

ÚTMUTATÓ

AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ A HULLADÉKÉGETŐK ENGEDÉLYEZTETÉSE SORÁN

Budapest
2008

Ez az Útmutató a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) megbízásából készült a hulladékégetők környezetvédelmi jellegű engedélyezési eljárásai során az elérhető legjobb technikák meghatározásához, 2007-2008-ban.

Az Útmutató elkészítését az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Egységes Környezethasználati Osztálya irányította és koordinálta.

Az Útmutató kidolgozásába bevonásra kerültek a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek (zöldhatóságok) is.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő partnerek:

dr. Hornyák Margit hulladékgazdálkodási szakértő, INNOVENG-Vértes Mérnökiroda Bt.

Bánhidya János főmérnök, Fővárosi Hulladékhasznosító Mű

dr. Kovács Endre levegőtisztaság-védelmi szakértő, KvVM Környezetfejlesztési Főosztály

dr. Kovács László ügyvezető, Környezettechnológia Kft.

dr. Varga Pál főosztályvezető, OKTVF, Nemzetközi Szakmai Ügyek Főosztálya

Babcsány Ildikó főosztályvezető-helyettes, témavezető

OKTVF, Nemzetközi Szakmai Ügyek Főosztálya, Egységes Környezethasználati Osztály

Az útmutató alapjául szolgáló „Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, August 2006” kijelölt fejezeteinek magyar nyelvű fordítását **Tréfas Hajnalka** szakfordító készítette.

A Környezethasználati Osztály információs központként működik a hatóságok, a cégek és a nyilvánosság számára az IPPC (egységes környezethasználati engedélyezési eljárás) és az elérhető legjobb technikák magyarországi bevezetése és alkalmazása kapcsán felmerülő kérdéseket illetően.

Az Egységes Környezethasználati Osztály telefonon az (1) 2249-140, 2249-167, 2249-168, faxon az (1) 2249-278 számon, e-mailen pedig az ippc@mail.kvvm.hu címen érhető el.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatóak a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján: www.ippc.hu is.

Az IPPC hatálya alá eső cégek számára javasolt, hogy az engedélykérelem elkészítésekor először a területileg illetékes zöldhatósággal vegyék fel a kapcsolatot.

TARTALOM

1.	ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK	5
1.1.	Bevezetés	5
1.2.	A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén	6
1.3.	Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők	7
1.4.	Az engedélykérelem	8
1.6	Az ágazat főbb környezeti hatásai	9
1.6.1	Technológiai kibocsátások levegőbe és vízbe	10
1.6.2.	Maradékanyagok keletkezése	11
1.6.3.	Technológiai zaj és rezgés	12
1.6.4.	Energia-termelés és -fogyasztás	13
1.6.5.	Nyersanyag és energia-fogyasztás a létesítményben	14
1.7.	Az ágazat bemutatása	14
1.7.1.	Hulladékégetés Európában — áttekintés	14
1.7.2.	Üzemi méretek	17
1.7.3.	A települési szilárd hulladékok égetésének és termikus hasznosításának magyarországi helyzete	18
1.7.4.	A nagyobb veszélyes hulladék égetők bemutatása	24
2.	A HULLADÉKÉGETÉS ÁGAZAT JELLEMZŐ TEVÉKENYSÉGEINEK ÁTTEKINTÉSE	38
2.1.	Áttekintés és bevezetés	38
2.2.	Előkezelés, tárolás, és anyagmozgatási technikák	39
2.2.1.	Települési szilárd hulladék (TSZH)	40
2.2.2.	Veszélyes hulladékok	42
2.2.3.	Szennyvíziszap	48
2.2.4.	Kórházi hulladékok	51
2.3.	A termikus kezelés fázisa	53
2.3.1.	Rostélytüzelés	55
2.3.2.	Forgódobos kemencék	64
2.3.3.	Fluidágyas kemencék	69
2.3.4.	Pirolízis és gázosítás	75
2.3.5.	Egyéb technikák	91
2.4.	Hőhasznosítási fázis	108
2.4.1.	Bevezetés és alapelvek	108
2.4.2.	Az energiahatékonyságot befolyásoló külső tényezők	109
2.4.3.	A hulladékégetők energiahatékonysága	114
2.4.4.	Az energiahasznosítás hatásfokának javítását szolgáló alkalmazott technikák	115
2.4.5.	Gőzgenerátorok és gyorsűtés (kvencs) veszélyes hulladékot égető üzemekben	127
2.4.6.	Példa az energiahasznosításra fluidágyas hulladékégetőkben	128
2.5.	Alkalmazott füstgázkezelési és ellenőrző rendszerek	129
2.5.1.	A füstgázkezelési technikák alkalmazásának összefoglalása	129
2.5.2.	A kombinált füstgáztisztítási lehetőségek általános áttekintése	131
2.5.3.	A porkibocsátás mérséklésének technikái	131
2.5.4.	Savas gáz-kibocsátások (pl. HCl, HF, SO _x) mérséklésének technikái	137
2.5.5.	Nitrogén-oxid kibocsátások mérséklésének technikái	141
2.5.6.	Higanykibocsátások mérséklésének technikái	147
2.5.7.	Technikák egyéb nehézfémek kibocsátásainak mérséklésére	149
2.5.8.	Technikák a szerves szénvegyületek kibocsátásainak mérséklésére	149

2.5.9. Üvegházhatású gázok kibocsátásainak mérséklése (CO ₂ , N ₂ O)	153
2.5.10. A veszélyes hulladék égetőkben használt füstgázkezelési eljárások áttekintése	154
2.5.11. Füstgázkezelés iszapot égető hulladékégetőkben	155
2.6. Szennyvízkezelési és szabályozási technikák	156
2.6.1. A szennyvíz lehetséges forrásai	156
2.6.2. A szennyvíz-ellenőrzés kialakításának alapelvei	157
2.6.3. A füstgázkezelési rendszerek hatása a szennyvízre	158
2.6.4. Nedves füstgázkezelési rendszerek szennyvizének feldolgozása	158
2.6.5. Szennyvízkezelés veszélyes hulladék-égetőkben	165
2.7. Szilárd maradékok kezelésének és ellenőrzésének technikái	167
2.7.1. Szilárd maradékok típusai	167
2.7.2. Szilárd maradékok kezelése és újrafelhasználása	169
2.7.3. Füstgázkezelési szilárd maradékok esetében alkalmazott kezelések	171
2.8. Monitoring és szabályozási technikák	174
2.8.1. Az égetés szabályozásának rendszerei	174
2.8.2. Kibocsátások monitoring lehetőségeinek áttekintése	175
2.8.3. Tapasztalatok a dioxin kibocsátások folyamatos megfigyelésével kapcsolatban	176
2.8.4. Tapasztalatok a higanykibocsátások folyamatos megfigyelésével kapcsolatban	176
2.5.8. Biztonsági berendezések és intézkedések áttekintése	177
3. ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK	179
3.1 Általános BAT minden hulladékégetőre	183
3.2. Specifikus BAT a települési hulladékok égetésére	345
3.3. Specifikus BAT előkezelt vagy válogatott települési hulladék égetésére	353
3.4. Specifikus BAT a veszélyes hulladékok égetésére	354
3.5. Specifikus BAT szennyvíziszapok égetésére	367
3.6. Specifikus BAT kórházi hulladékok égetésére	368
4. KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK	369
5. KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK	377
1. MELLÉKLET — Engedélykérelem tartalmi követelményei	379
2. MELLÉKLET — Rövidítések jegyzéke	386

1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1. BEVEZETÉS

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, 96/61/EK tanácsi irányelvet (IPPC¹ direktíva) 1999. október 30-ig kellett az Európai Unió tagállamainak nemzeti jogrendjükbe átültetniük. Az eredeti IPPC Irányelv hatályba lépése óta négy alkalommal módosult. Az első módosítás az Aarhusi Egyezménynek megfelelően megerősítette a nyilvánosság részvételét. A második tisztázta az IPPC Irányelv alapján kiadott engedélyekben foglalt előírások és az EU üvegházhatású gáz kereskedelmi rendszere kapcsolatát. Az utolsó két módosítás a komitológiai eljárásokra és az EPER-re vonatkozó változásokra vonatkozik.

2008. január 15-én megjelent az IPPC Irányelv újrakodifikált változata — az Európai Parlament és Tanács 2008/1/EK irányelve az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről. Az újrakodifikált jogszabály magában foglalja az Irányelv minden korábbi módosítását és néhány nyelvi módosítást (pl. a szövegben hivatkozott jogszabály-számok aktualizálása).

A magyarországi EU jogharmonizációnak és az EU követelményeknek megfelelően az IPPC Irányelv a környezetvédelem általános szabályairól szóló, 1995. évi LIII. törvény (Kvt.) módosítása és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályait lefektető 193/2001. (X. 19.) Korm. rendelet megalkotása révén épült be a magyar jogrendszerbe; majd 2006. január 1-től a környezeti hatásvizsgálati eljárásról szóló 20/2001. (II. 14.) és a 193/2001. (X. 19.) Korm. rendeleteket felváltotta a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról [a továbbiakban: 314/2005. Kr.]. 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kellett az egységes környezethasználati engedélyben előírtakat.

Az IPPC Irányelv kiemelkedő jelentőségű környezetvédelmi irányelv. Célja, a környezetre jelentős hatással bíró tevékenységek olyan egységes engedélyezési rendszerének megteremtése, melynek eredményeként a szennyezés megelőzhető, és amennyiben ez nem lehetséges, a lehető legkisebb mértékűre csökkenthető a környezet egészének védelme céljából.

Az IPPC új, alapvető követelménye az Elérhető Legjobb Technika (BAT: Best Available Techniques) bevezetése és alkalmazása. A BAT pontos meghatározása a Kvt. 4. §. 28. pontjában található.

A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikákat, beleértve a technológiát, a tervezést, karbantartást, üzemeltetést és felszámolást, amelyek elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazhatóak, és a leghatékonyabbak a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából.

Fontos megjegyezni, hogy egy adott létesítmény esetében a BAT nem szükségszerűen az alkalmazható legkorszerűbb, hanem gazdaságossági szempontból legesszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technikákat/technológiákat

¹ Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC: integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés

jelenti. A meghatározás figyelembe veszi, hogy a környezet védelme érdekében tett intézkedések költségei ne legyenek irreálisan magasak. Ennek megfelelően a BAT ugyanazon ágazat létesítményeire például javasolhat többféle technikát a szennyező-anyag kibocsátás mérséklésére, amely ugyanakkor az adott berendezés esetében az elérhető legjobb módszer. Amennyiben azonban a BAT alkalmazása nem elégséges a környezetvédelmi célállapot és a szennyezettségi határértékek betartásához, és emiatt a nemzeti vagy a nemzetközi környezetvédelmi előírások sérülnének, a BAT-nál szigorúbb intézkedések is megkövetelhetők.

A hatóság egy konkrét technológia alkalmazását nem írhatja elő, a környezethasználónak kell (az engedélykérelmi dokumentációban) bemutatnia és igazolnia, hogy az általa alkalmazott technika, technológia hogyan viszonyul a BAT követelményekhez.

A 314/2005. Kr. 9. melléklete tartalmazza azokat a feltételeket, melyek alapján az engedélyező hatóság és az engedélyes (a környezethasználó) egyaránt meg tudják határozni, hogy mi tekinthető BAT-nak.

Annak érdekében, hogy az engedélyt igénylők és az engedélyező hatóság számára a BAT meghatározását megkönnyítsék, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium iparági útmutatók kiadása mellett döntött.

Ezek az útmutatók a BAT meghatározásához adnak olyan információkat, melyek egyaránt segítséget nyújtanak az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásához, valamint az engedélyben meghatározott követelmények megfogalmazásához.

Az útmutató célja egyben az is, hogy szakmai segítséget nyújtson az engedélyt kérelmezők részére az engedélykérelmi dokumentáció összeállításában, valamint az engedélyező hatóság munkatársai részére az engedélykérelem elbírálásához.

Az útmutató adatokat közöl az adott ágazat jelentőségéről, jellemzőiről és (adott esetben) főbb gazdasági jelzőszámairól. Bemutatja a Magyarországon alkalmazott és az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban (BREF) közölt technológiákat és az ágazatban alkalmazott folyamatokat jellemző, főbb szennyező forrásokat és szennyező komponenseket. A BAT színvonal eléréséhez szükséges követelményeket fogalmaz meg a technológia egyes szakaszaira, és javaslatokat tesz az előírásoknak való megfelelés érdekében szükséges intézkedésekre. Az útmutató információt nyújt a környezetvédelmi vezetési rendszerekkel kapcsolatban és egyes szakterületi jogszabályi előírásokról is, melyek meghatározzák a (betartandó) kibocsátási határértékeket, amelyek egyben az egységes környezethasználati engedély megszerzéséhez elengedhetetlen minimum környezetvédelmi követelmények.

1.2. A BAT ALKALMAZÁSA ÚJ ÉS MEGLÉVŐ ÜZEMEK ESETÉN

Új üzemek esetén, a BAT meghatározásakor, az ebben az útmutatóban ismertetett technológiák/technikák figyelembe vételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll. A korszerű technológiákkal/technikákkal kapcsolatban további információk kaphatók az Európai IPPC Irodától, (<http://eippcb.jrc.es>) valamint a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján (<http://www.ippc.hu>).

Meglévő létesítmények esetén, a BAT meghatározásakor, nagy számú tényezőt kell figyelembe venni annak eldöntéséhez, hogy melyik az a leghatékonyabb technika, amelyik a környezet védelme szempontjából a legmegfelelőbb. A cél olyan engedélyezési feltételek meghatározása, melyek a lehető legjobban megközelítik egy új üzem létesítésekor alkalmazott előírásokat, figyelembe véve ugyanakkor a költséghatékonyságot és a megvalósíthatóságot is.

Amikor a BAT előírások alkalmazhatósága új vagy meglévő létesítmény esetében meghatározásra kerül, indokolt esetben lehetőség van az ettől való eltérésre. (Megj.: A jogszabályokban rögzített kibocsátási határértékeknél kevésbé szigorúbbakat a hatóság nem állapíthat meg.) A legalkalmasabb technológia/technika függ a helyi sajátosságoktól, ezért a lehetséges műszaki megoldások költség-haszon viszonyainak elemzése lehet szükséges a legjobb megoldás kiválasztásához.

A BAT-tól való eltérést indokolhatják a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzői, földrajzi elhelyezkedése vagy a helyi környezeti feltételek, de nem indokolhatja a vállalati jövedelmezőség.

A költségek csak a következő esetekben vehetők helyi szinten számításba:

- egy fejlesztés BAT költség/haszon egyensúlya csak akkor válik pozitívvá, ha az üzem érintett része megérett az átépítésre/rekonstrukcióra. Ezek azok az esetek, amikor az adott szektorban a BAT-ot a helyi beruházási ciklussal összhangban lehet meghatározni;
- abban az esetben, ha számos költségigényes fejlesztésre van szükség, egy fázisokra osztott program/fejlesztési terv is elfogadható, mindaddig, amíg végrehajtása nem igényel olyan hosszú időt, ami egy alacsony színvonalú, korszerűtlenné váló technológia támogatásának tűnhet.

Az előírásokat új és meglévő üzemekre egyaránt alkalmazni kell. Az új üzemeknek már a működés megkezdése előtt, teljesen meg kell felelniük a BAT követelményeknek. Meglévő létesítmények esetén az üzemmenet felülvizsgálata alapján meghatározhatók a szükséges fejlesztések. Ilyen körülmények között a korszerűsítés időtávja is, mint engedélyezési feltétel, meghatározásra kerül.

Meglévő létesítmények esetén, melyek a BAT vagy a hatályos kibocsátási határértékek követelményeihez igen közeli feltételek mellett működnek, a kevésbé szigorú feltételek is elfogadhatók. Ilyenkor aránytalanul magas költséget jelentene a régi technológia újra cserélése, a szennyezőanyag kibocsátás kismértékű csökkenése mellett. Ekkor az engedélykérőnek kell olyan javaslatot tennie a fejlesztések ütemezésére, mellyel a létesítmény a lehető legközelebb kerül a BAT előírásaihoz, és ami az engedélyező hatóság által is elfogadható.

1.3. AZ ENGEDÉLY MEGSZERZÉSÉRE VONATKOZÓ HATÁRIDŐK

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás engedélyező hatósága a területileg illetékes Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség.

A 314/2005. Kr.-nek megfelelően a határidők és előírások, melyeket az egységes környezethasználati (IPPC) engedély megszerzésére kötelezett vállalatoknak be kell tartaniuk, a következők:

1.) A Kormányrendelet hatályba lépésétől új beruházás nem létesíthető egységes környezethasználati engedély nélkül. Amennyiben az adott tevékenységre környezetvédelmi hatástanulmány is készítendő, az engedélyező hatóság az előzetes vizsgálati szakaszban dönt arról, hogy az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás összevonható vagy összekapcsolható-e a környezeti hatásvizsgálati eljárással.

2.) Már meglévő létesítmények esetén az egységes környezethasználati engedély csak a Kormányrendelet 19. paragrafusában meghatározott környezetvédelmi felülvizsgálat után adható ki.

Az 1999. október 30-a előtt megkezdett tevékenységeknek legkésőbb —amennyiben egyéb jogszabály korábbi határidőt nem állapít meg— 2007. október 31-ig kellett megfelelniük az egységes környezethasználati engedély követelményeinek.

A 314/2005. Kr. bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben rögzített feltételeket legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint akkor is, ha:

- a kibocsátások mennyiségi vagy minőségi változása miatt új kibocsátási határértékek megállapítása szükséges, vagy az egységes környezethasználati engedélyhez képest jelentős változás történt, vagy a környezethasználó —tevékenységében— jelentős változtatást kíván végrehajtani;
- az elérhető legjobb technikában bekövetkezett jelentős változás következtében új kibocsátási határértékek, követelmények előírása szükséges;
- a működtetés biztonsága új technika alkalmazását igényli;
- ha a létesítmény olyan jelentős környezetterhelést okoz, hogy az a korábbi engedélyben rögzített határértékek felülvizsgálatát indokolja.

1.4. AZ ENGEDÉLYKÉRELEM

Az egységes környezethasználati engedély iránti kérelem tartalmi követelményeit a 314/2005. Kr. 8. melléklete tartalmazza. A kérelmezőnek adatokat kell adnia a telephelyéről, valamint a tevékenységről, a javasolt fejlesztésekről, az ott folyó tevékenység irányításának és ellenőrzésének módszeréről, valamint a környezetre gyakorolt hatásokról.

A felsorolt adatok, valamint a környezeti hatások modellezése (kivéve, ha ez már a hatástanulmányban megfelelően bemutatásra került) és a BAT-nak való megfelelés bemutatása, illetve a BAT követelményeitől való eltérés indoklása az engedélykérelem technikai részének alapját képezik.

1.5. AZ EGYSÉGES KÖRNYEZETHASZNÁLATI ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS HATÁLYA ALÁ TARTOZÓ TEVÉKENYSÉGEK

A 314/2005. Kr. definiálja a létesítmény fogalmát, az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek listáját pedig a 2. sz. melléklet tartalmazza.

Az egyes tevékenységekhez megadott (termelési) küszöbértékek általában a termelési vagy a kibocsátási kapacitásokra vonatkoznak. Amennyiben egy üzemeltető több, azonos jellegű tevékenységet végez azonos létesítményben vagy azonos telephelyen, akkor ezen

tevékenységek kapacitásának összegét kell figyelembe venni a küszöbértékkel történő összehasonlításnál.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező hulladékégetés tevékenységet a 314/2005. Kr. 2. sz. mellékletének 5. pont 1-2. bekezdése tartalmazza:

„5. Hulladékkezelés (radioaktív hulladékok és települési folyékony hulladékok szennyvíztisztítási eljárással történő kezelése kivételével)

5.1. Veszélyes hulladékok ártalmatlanítását (beleértve az égetést) végző telephelyek 10 tonna/nap kapacitáson felül.

5.2. Kommunális hulladékégető berendezések 3 tonna/óra kapacitáson felül.”

Az IPPC engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmény funkciói magukban foglalják a fentiekben meghatározott fő tevékenységeket, valamint az ezekhez kapcsolódó egyéb tevékenységeket is. Ez utóbbiak műszaki szempontból kapcsolódnak a fő tevékenységekhez és hatással lehetnek a létesítmény szennyezőanyag kibocsátására.

Mindazonáltal a környezetre kifejtett hatások széleskörűbbek lehetnek, mint az adott telephelyen folytatott tevékenység hatásai. Az Útmutató és a 314/2005. Kr. egyaránt feladatokat fogalmaznak meg a létesítményen kívüli tevékenységekre is, mint pl. a hulladékok kezelésére, szennyvízkezelésre.

1.6 A TERMIKUS HULLADÉKKEZELÉS FŐBB KÖRNYEZETI HATÁSAI

A hulladék és a kezelése önmagában is jelentős környezetvédelmi kérdés. A hulladék termikus kezelése így a rosszul vagy sehogyan sem kezelt hulladékok révén a környezetre leselkedő veszélyre adott válaszként is tekinthető.

A termikus hulladékkezelés célja a hulladékból egyébként eredő valamennyi környezeti hatás csökkentése. Mindazonáltal, az égetők üzemelése során kibocsátások keletkeznek, anyag- és energiafelhasználás történik, amelyek meglétét és kiterjedését a létesítmény kialakítása és üzemeltetése befolyásolja. Emiatt ez a fejezet röviden összefoglalja azokat a főbb környezeti hatásokat, amelyek közvetlenül az égető létesítményekből származnak (vagyis az égetés tágabban értelmezett hatásainak vagy előnyeinek taglalása nélkül). Alapvetően ezek a *közvetlen* hatások a következő főbb kategóriák szerint csoportosíthatók:

- összes technológiai kibocsátás levegőbe és vízbe (beleértve a bűzt is)
- a technológiában keletkező összes maradékanyag
- a folyamatból eredő zaj és rezgés
- nyersanyag (reagens) felhasználás
- fugitív kibocsátások — főként a hulladék tárolásából²
- a veszélyes hulladékok tárolása/előkezelése/termikus kezelése kockázatainak csökkentése

Egyéb, jelen BREF hatáskörén kívül eső (de a teljes folyamatból származó valamennyi környezeti *elemre* jelentős hatással bíró) hatások származhatnak a következő műveletekből:

- a beérkező hulladék és a telephelyet elhagyó maradékanyag szállítása

² Az útmutatóban előforduló kifejezések nem minden esetben vannak összhangban a hazai jogszabályok által használt fogalmakkal.

- kiterjedt hulladék előkezelés (pl. hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagok előállítása és az ezzel járó hulladékkezelés).

1.6.1 Technológiai kibocsátások levegőbe és vízbe

A hulladékégetőművek esetében a levegőbe történő kibocsátások régóta a figyelem középpontjában állnak. A füstgáztisztítási technológiák jelentős fejlődése ezen kibocsátások nagymértékű csökkenéséhez vezetett.

Ennek ellenére a levegőbe történő kibocsátások csökkentése az ágazat számára még mindig fontos kérdés. Mivel a teljes égetési folyamat enyhén negatív nyomáson zajlik (mert egy kényszerhuzamú elszívó ventilátor rendszerint része a folyamatnak), a rutinszerű kibocsátások általában kizárólag a kéményből történnek.

A kéményből eredő légszennyező kibocsátások:

por	por – különböző szemcsenagyság
savas gázok	többek között HCl, HF, HBr, HI, SO ₂ , NO _x
nehézfémek	többek között Hg, Cd, Tl, As, Ni, Pb
szén-tartalmú (nem üvegházhatású) vegyületek	többek között CO, szénhidrogének (VOC-ok), PCDD/F, PCB

Amennyiben nem intézkednek a csökkentésükről, az alábbiak is megjelenhetnek a levegőbe történő kibocsátásokban:

bűz	a kezeletlen hulladék tárolásából és kezeléséből
üvegházhatású gázok	a tárolt hulladék bomlásából pl. metán, CO ₂
porok	a száraz reagensekkel végzett műveletekből és a hulladék tároló területekről.

A vízbe történő kibocsátások és azok alapvető potenciális forrásai (a technológiától függően) a következők:

a légszennyező kibocsátásokat csökkentő berendezésekből származó folyadékok	pl. sók, nehézfémek
a szennyvíztisztítóba kibocsátott tisztított szennyvíz	pl. sók, nehézfémek
víz a kazánból	pl. sók
hűtővíz	pl. sók, biocidok
az utakról és egyéb felületekről elvezetett víz	pl. felhígult csurgalékok
a beérkező hulladékot tároló, kezelő és továbbító területek	pl. kimosódás a beérkező hulladékból
nyersanyag-tároló területek	pl. kezelő vegyszerek
maradékanyag-tároló, kezelő és továbbító területek	pl. sók, nehézfémek, szerves anyagok

A létesítményben keletkező szennyvíz, a keletkezés konkrét forrásától függően a potenciálisan szennyező anyagok széles körét tartalmazhatja. A tényleges kibocsátás az alkalmazott kezelő- és szennyezés-csökkentő rendszerektől függ.

1.6.2. Maradékanyagok keletkezése

A keletkező maradékanyagok jellemzői és mennyisége kulcsfontosságú tényező az ágazat számára. Ez amiatt van, mert a maradékanyagok (1) megmutatják, mennyire teljesen zajlott le az égetési folyamat, és (2) általánosságban a létesítményben legnagyobb mennyiségben keletkező potenciális hulladékot jelentik.

Bár a keletkező maradékanyagok típusai és mennyiségei a létesítmény kialakításától, üzemelésétől és a bemenő hulladéktól függően nagymértékben változnak, a következő fő hulladékáramok rendszerint keletkeznek az égetési folyamat során:

- hamu és/vagy salak
- kazánhamu
- a porszűrőkben leválasztott szilárd anyag
- egyéb maradékanyagok a füstgáztisztításból (pl. kalcium- vagy nátrium-klorid)
- szennyvíziszap.

Néhány esetben a fenti hulladékáramok elkülönítetten jelentkeznek; más esetekben a folyamaton belül vagy azt követően összekeverednek.

Némelyik termikus maradékanyagot (leggyakrabban az igen magas hőmérsékletű folyamatokban keletkező üvegesített salakot) közvetlenül, kezelés nélkül lehet felhasználni.

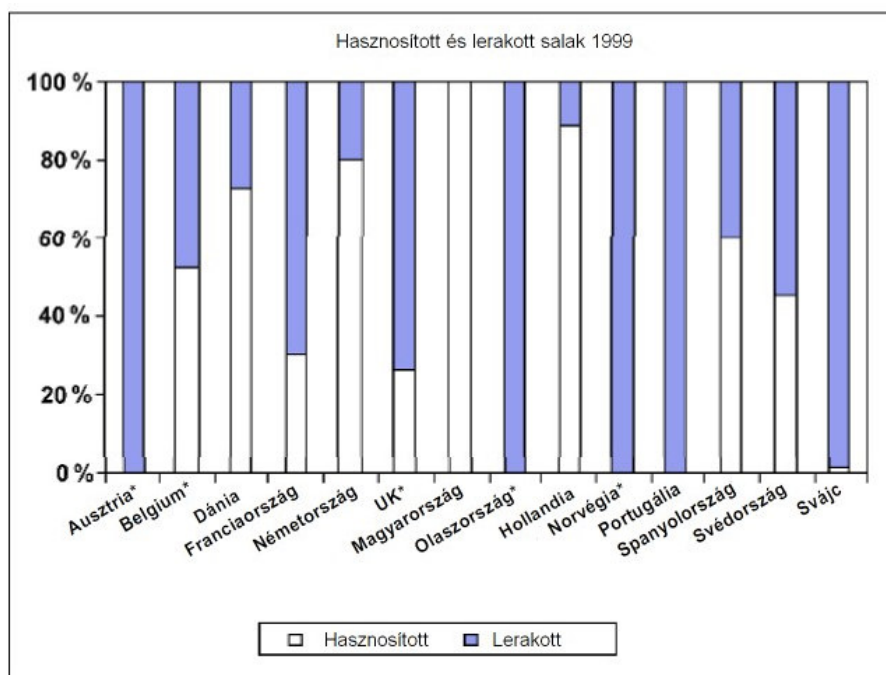
A salak kezelése során kinyerhető anyagok:

- építőanyagok
- vasfémek
- nemvas-fémek (pl. színesfémek).

Ezen túlmenően, néhány, további speciális berendezéssel ellátott nedves füstgáztisztító berendezést használó létesítmény a következő anyagokat is képes visszanyerni:

- kalcium-szulfát (gipsz)
- sósav
- nátrium-karbonát
- nátrium-klorid.

A legnagyobb mennyiségben a salak keletkezik, bár mennyisége nagyban függ a kezelt hulladék típusától. Sok helyen, a helyi jogszabályi környezettől és gyakorlattól függően, a salakot töltőanyag-helyettesítőként történő újrafelhasználás céljából kezelik.



1.6.1 ábra TSZH-ből keletkező, újrafelhasznált és lerakott salak 1999-ben

A füstgáztisztításból keletkező maradékanyagok képezik az égetésből származó hulladék jelentős részét. Mennyiségük és jellemzőik főként az égetett hulladék típusától és az alkalmazott technológiától függően változnak.

1.6.3. Technológiai zaj és rezgés

A hulladékégetés zaj és rezgés szempontjából az egyéb nehézipari üzemekkel és erőművekkel vethető össze. Új települési szilárd hulladék égetőknél bevett gyakorlat, hogy amennyire csak lehetséges, teljesen zárt épületben építik meg. Ebben rendszerint benne foglaltatik a hulladék ürítése, a mechanikus előkezelés, a füstgáztisztítás és a maradékanyagok kezelése is. Általában csak a füstgáztisztító rendszer egy része (csővezetékek, SCR, hőcserélők stb.), a hűtőberendezések találhatók és a salak hosszú idejű tárolása zajlik a szabad ég alatt.

A legfontosabb külső zajforrások a következők:

- a hulladék, a vegyianyagok és a maradékanyagok szállítását végző járművek
- a hulladék mechanikai előkezelése, pl. shredderezés, bálázás stb.
- elszívóventilátorok, amelyek a füstgázokat szívják el az égetési folyamatból, a kémény kivezetésénél zajt okozva
- a hűtőrendszer zaja (az elpárologtatásos hűtésből, különösen a léghűtésből)
- turbina generátor zaj (igen hangos, így rendszerint egy különálló zajszigetelt épületben helyezik el)
- kazán gőz biztonsági szelep lefúvatása (a kazán biztonsága érdekében szükséges a közvetlen kibocsátás a légkörbe, szükség esetén zajtompítóval kell ellátni)
- sűrített levegő kompresszorok
- a salak szállításához és kezeléséhez kapcsolódó zaj (ha ugyanazon a telephelyen történik).

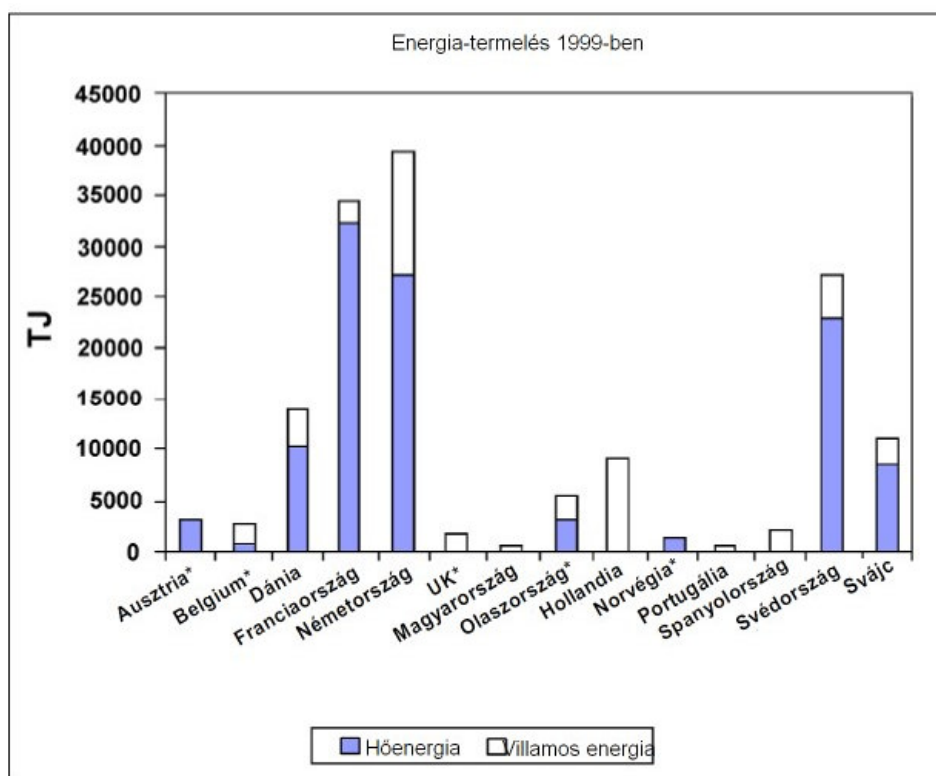
Az SCR-ből és a füstgáz-csővezetésekből kevés zaj származik és gyakran az épületen kívül helyezkednek el. A létesítmény más részei önmagukban rendszerint nem jelentős külső zajforrások, de a hozzájárulhatnak a létesítmény általános zajkibocsátáshoz.

1.6.4. Energia-termelés és -fogyasztás

A hulladékégetők egyaránt termelnek és fogyasztanak energiát. A esetek nagy többségében a bevitt hulladék energiatartalma meghaladja a folyamat igényét. Ennek eredményeként nettó energia-export állhat elő. Különösen települési szilárd hulladék égetők esetében fordul elő ez a helyzet.

A keletkező hulladék teljes mennyiségét és az évek során a mennyiség növekedését tekintve a hulladék nagy potenciális energiaforrásnak tekinthető. Néhány tagország már jól ki is aknázza ezt az energiaforrást. Különösen ez a helyzet ott, ahol kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést alkalmaznak. Az energiával kapcsolatos kérdéseket a dokumentum további részeiben részletesen is tárgyaljuk.

Az 1.6.2 ábra a különböző országokban a települési szilárd hulladék égetőkben termelt hő és energia mennyiségét mutatja 1999-ben.



1.6.2 ábra Települési szilárd hulladék égetők energiatermelése Európában (1999)

* nem teljes adat

A legtöbb hulladék (eltérő mértékben) tartalmaz biomasszát. Ezekben az esetekben a biomassza-frakcióból származó energia a fosszilis tüzelőanyag helyettesítőjének tekinthető, és emiatt az ebből a frakcióból kinyert energia hozzájárul az energia-termelés összes széndioxid-kibocsátásának csökkentéséhez. Néhány országban ez pénzügyi támogatásokkal és adókedvezményekkel támogatott.

Az égetési folyamat **energia-bemenetei** a következőkből állnak:

- hulladék
- kiegészítő tüzelőanyag (pl. fűtőolaj, földgáz stb.):
 - beindításhoz és leállításkor

- alacsonyabb fűtőértékű hulladékok égetésénél a megkívánt hőmérséklet fenntartásához
- a füstgáz kezelés vagy kibocsátás előtti újrahevítésére
- import elektromos áram
 - beindításkor és leállításkor, az égető nagykarbantartásakor, amikor minden technológiai vonal áll, és az elektromos áramot nem termelő üzemekben

(Megjegyzés: a fenti energia-bemenetek némelyike a gőz/hőtermelést szolgálja, ahol kazánokat használnak, és így az energia a folyamat során részben visszanyerhető).

Az energia-termelés, saját fogyasztás és energia-export állhat:

- elektromos áramból
- hőből (gőz vagy forró víz formájában)
- szintézisgázból (pirolízis és gázosító üzemekben, amelyek nem égetik el helyben a szintézisgázt).

A hulladék energia-tartalmának hatékony kinyerése általánosságban kulcsfontosságú kérdés az ágazat számára.

1.6.5. Nyersanyag és energia-fogyasztás a létesítményben

A hulladékégetők (a technológiától függően) a következőket használhatják fel:

- elektromos áram, a technológia üzemeltetéséhez
- hő, egyes speciális technológiai igényekhez
- üzemanyagok, kiegészítő tüzelőanyagok (pl. gáz, könnyűolajok, szén)
- víz, a füstgáztisztításhoz, hűtéshez és a kazánok üzemeltetéséhez
- füstgáztisztítási reagensek, pl. nátrium-hidroxid, mész, nátrium-hidrogén-karbonát, nátrium-szulfát, hidrogén-peroxid, aktív szén, ammónia és karbamid
- vízkezelési vegyszerek, pl. savak, lúgok, trimerkapto-triazin, nátrium-szulfid stb.
- sűrített levegő, a kompresszorokhoz.

1.7. AZ ÁGAZAT BEMUTATÁSA

1.7.1. Hulladékégetés Európában — áttekintés

A hulladékégetés mint hulladékkezelési technika alkalmazásának mértéke változó. Az EU tagállamokban például a TSZH kezelésében az égetés aránya 0-62% között változik. Az EU-15 tagállamokban mintegy évi 200 millió tonna hulladék tekinthető termikus kezelésre alkalmasnak. Mindazonáltal a termikus hulladékkezelő üzemek kiépített kapacitása csak az 50 millió tonnás nagyságrendben van.

Az 1.7.1 táblázat az egyes tagállamokban keletkező települési hulladék, veszélyes hulladék és szennyvíziszap kezelésére tartalmaz becslést. Az adatok a lerakott hulladékot is tartalmazzák, mert azon hulladékok számottevő része kerülhet a jövőben kezelésre más eljárásokkal, így égetéssel is.

Megjegyzés: minthogy a definíciók és a hulladék-kategóriák országról-országra változnak, az értékek csak fenntartással hasonlíthatók össze.

Ország	Települési szilárd hulladék (TSZH)				Veszélyes hulladék (VH)				Szennyvíziszap (SZI)	
	Becsült összes keletkezett TSZH (10 ⁶ t)	Év	Lerakott % (vagy mennyiség 10 ⁶ t)	Elégetett % (vagy mennyiség 10 ⁶ t)	Becsült összes keletkezett VH (10 ⁶ t)	Év	Lerakott % (vagy mennyiség 10 ⁶ t)	Elégetett % (vagy mennyiség 10 ⁶ t)	Becsült összes keletkezett SZI (10 ⁶ t szárazanyag)	Év
Ausztria	1,32	1999	51	35	0,97	1999	nincs adat	0,11	0,39	1999
Belgium	4,85	1997	42	35	2,03	1997	0,79	0,14	0,85	1997
Dánia	2,77	1996	15	56	0,27	1996	0,09	0,1	0,15	1997
Finnország	0,98	1997	77	2	0,57	1997	0,28	0,1	0,14	1997
Franciaország	48,5	2000	55	26	nincs adat	1997 2001	nincs adat	0,77 (5. megjegyzés)	0,82	1997
Németország	45	2000	30	29	9,17	2000	2,7	0,85	2,48	1998
Görögország	3,20	1993	93	0	nincs adat	1993	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat
Írország	1,80	1998	100	0	0,23	1995	0,03	0,03	0,39	1997
Olaszország	25,40	1995	85	8	nincs adat	1995	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat
Luxemburg	0,30	1995	24	48	0,14	1995	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat
Portugália	4,6	2002	71	20	0,25	2001	nincs adat	nincs adat	0,24	2000
Spanyolország	17	1997	85	10	2	1997	nincs adat	0,03	nincs adat	nincs adat
Svédország	3,80	1999 (1. megjegyzés)	24 (0,92)	38 (1,44)	0,27	1999	nincs adat	0,1		1997
Hollandia	10,2	2002	11	76	2,7	2002	0,6	0,28	0,69	1999
Egyesült Királyság	27,2	1999	85	6	2,37	1996	0,86	0,24	1,2	1999 (3. megjegyzés)
EU-15 összes (6. megjegyzés)	196,92				21,92		5,35	2,72	7,58	

Megjegyzések
1 Svéd Hulladékgazdálkodás 2000 (RVF)
2
3 ENDS Jelentés 312 2001. január (a számadatok az együjtégetést is tartalmazzák (50%/50%))
4 A kezelési módszerek 100%-os egyensúlya pl. a hasznosításnak és visszanyerésnek köszönhető.
5 Külön erre a célra létesített egységekben elégetett veszélyes hulladék
6 Az összesített adatok egyszerűen a megadott értékek összegei, így különböző évekből származnak. A lerakott %-ok nincsenek átlagolva, mert a vonatkozó tömegadatok nélkül a számok önmagukban kevés jelentéssel bírnak.

1.7.1 táblázat A települési szilárd hulladék (TSZH), a veszélyes hulladék (VH) és a szennyvíziszap (SZI) mennyisége és kezelése az EU-15 tagországokban

Az 1.7.2 táblázat az Európai Unióhoz a 2000-es években csatlakozott országokban keletkező hulladékok mennyiségét és a hulladékégető berendezések számát mutatja:

Ország	Év	Települési hulladék 106 t	TSZH égetők száma	TSZH égetők (>3 t/ó)	Veszélyes hulladék 106 t	Veszélyes hulladék égetők száma	Veszélyes hulladék égetők (>10 t/n)
Bulgária	1998	3,199	0	0	0,548	0	0
Csehország	1999	4,199	3	3	3,011	72	14
Észtország	1999	0,569	0	0	0,06	1	0
Magyarország	1998	5	1	1	3,915	7	Nem szolgáltatott információt
Lettország	1998	0,597	0	0	0,0411	0	0
Litvánia	1999	1,211	0	0	0,2449	0	0
Lengyelország	1999	12,317	4	1	1,34	13	4
Románia	1999	7,631	0	0	2,323	3	3
Szlovákia	1999	3,721	2	2	1,7376	Nem szolgáltatott információt	1
Szlovénia	1995	1,024	0	0	0,025	0	0
Összesen		39,468	10	7	13,2456	96	22

Megjegyzés: Az összesített adatok egyszerűen a megadott értékek összegei, így különböző évekből származó adatokat is tartalmaznak.

1.7.2 táblázat Évente keletkező települési és veszélyes hulladék mennyisége és a hulladékégető berendezések száma néhány csatlakozó országban

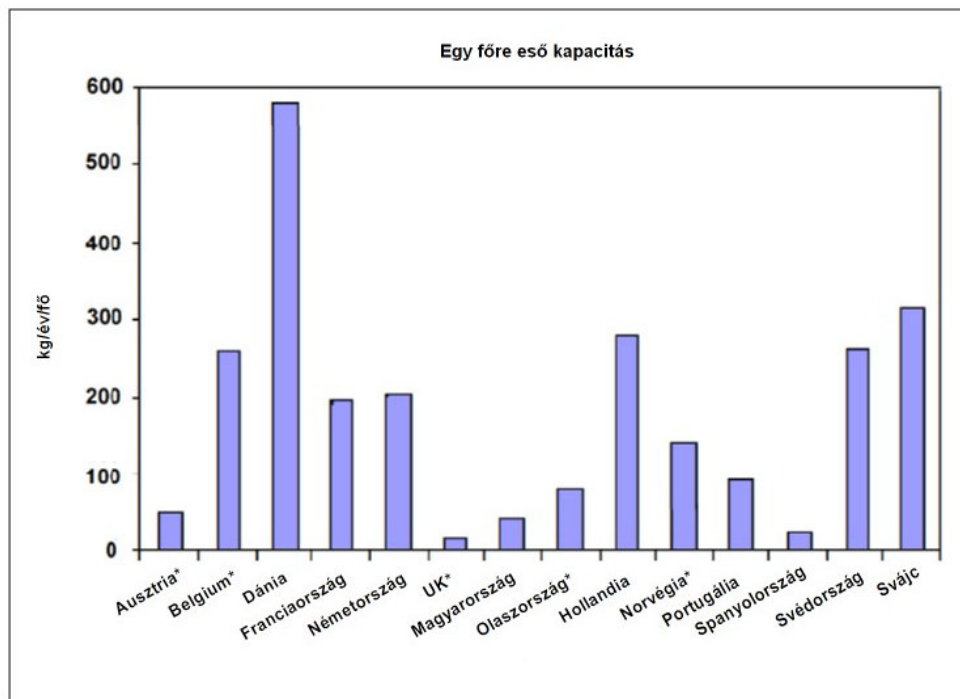
Az 1.7.3 táblázat különböző hulladéktípusokra a meglévő égetők számát és kapacitását mutatja (2000. évi állapot):

Ország	TSZH égetők száma	Kapacitás Mt/év	Veszélyes hulladék égetők száma	Kapacitás Mt/év	Szennyvíziszap égetők száma	Kapacitás Mt/év (szárazanyag)
Ausztria	5	0,5	2	0,1	1	
Belgium	17	2,4	3	0,3	1	0,02
Dánia	32	2,7	2	0,1	5	0,3
Finnország	1	0,07	1	0,1		
Franciaország	210 ¹	11,748	20 ³	1,0		
Németország	59	13,4	31 ²	1,23	23	0,63
Görögország	0		0			
Írország	0		11			
Olaszország	32	1,71	6	0,1		
Luxemburg	1	0,15	0			
Portugália	3	1,2	0			
Spanyolország	9	1,13	1	0,03		
Svédország	30	2,5	1	0,1		
Hollandia	11	5,3	1	0,1	2	0,19
Egyesült Királyság	17	2,97	3	0,12	11	0,42
Norvégia	11	0,65				
Svájc	26	3,29	11	2	14	0,1
Összesen	467	49,7	93	5,28	57	1,66

1 2003. január 6-án 123 TSZH égető üzemelt 2 000 t/ó összes kapacitással
2 Az adatok a vegyiparban használt égetőberendezéseket is tartalmazzák
3 Csak külön erre a célra használt kereskedelmi égetők (ú.m. az üzemben belüli berendezések kivételével)

1.7.3 táblázat A települési hulladék, veszélyes hulladék és szennyvíziszap égetők földrajzi megoszlása

Az 1.7.1 ábra a települési hulladék égetés egy főre eső beépített teljesítményét mutatja az európai országokban:



1.7.1 ábra Települési hulladék égetés egy főre eső kapacitása

* nem teljes adat

1.7.2. Üzemi méretek

Az európai üzemek mérete igen változatos. Az üzemek mérete technológiánként és hulladéktípusonként eltérő. Európa legnagyobb TSZH égetőműve több mint 1 millió tonna hulladék/év kapacitással rendelkezik. Az 1.7.4 táblázat mutatja be az átlagos TSZH égető-kapacitások országokénti alakulását.

Ország	Átlagos TSZH égető-kapacitás (kilotonna/év)
Ausztria	178
Belgium	141
Dánia	114
Franciaország	132
Németország	257
Olaszország	91
Hollandia	488
Portugália	390
Spanyolország	166
Svédország	136
Egyesült Királyság	246
Norvégia	60
Svájc	110
ÁTLAG	193

1.7.4 táblázat: Átlagos TSZH égető-kapacitások országoként

Az 1.7.5 táblázat a különböző fő égetési technológiák jellemző alkalmazási tartományát mutatja.

Technológia	Jellemző alkalmazási tartomány egy berendezés egysége (tonna/nap)
Mozgó rostély (nagy tömegű égetés)	120-720
Fluidágy	36-200
Forgókemence	10-350
Moduláris (levegőszegény)	1-75
Pirolízis	10-100
Gázosítás	250-500
Megjegyzés: az értékek a tipikus alkalmazási tartományokra vonatkoznak — mindegyiknél előfordul a tartományon kívül eső alkalmazási méret is.	

1.7.5 táblázat: A termikus kezelési technológiák tipikus átmenő teljesítmény tartományai

1.7.3. A települési szilárd hulladékok égetésének és termikus hasznosításának magyarországi helyzete

Európában 2007-ben 422 hulladékégető mű több mint 50 millió tonna kommunális és hasonló jellegű hulladékot tüzelt el energiatermelés mellett.

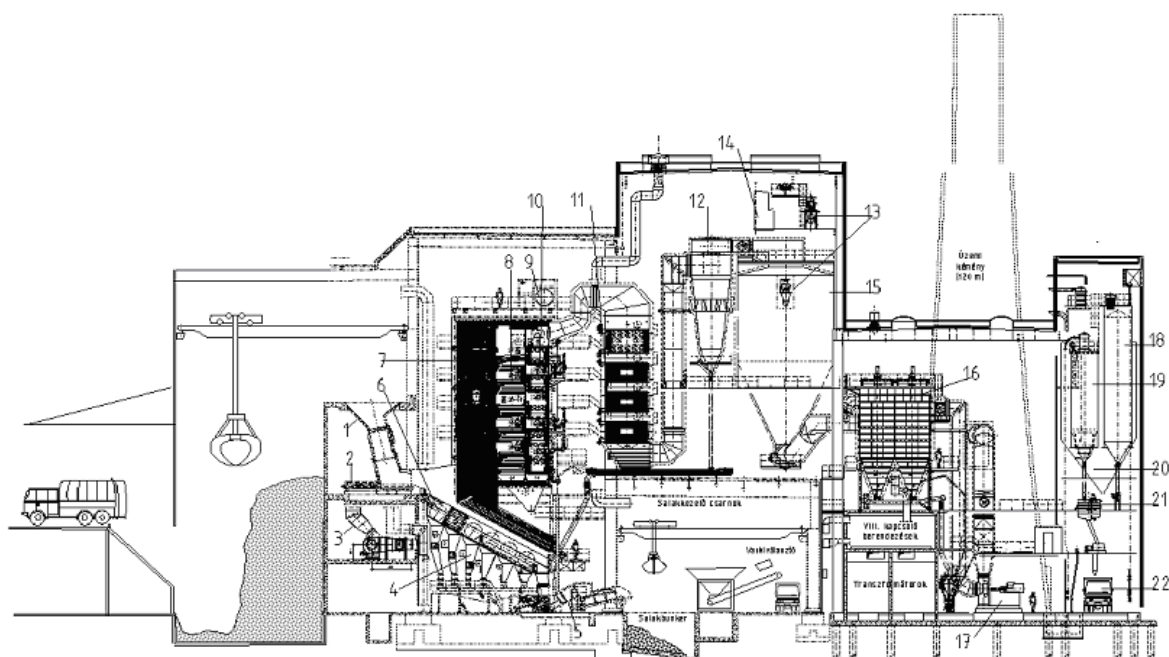
Magyarországon mindezidáig egyetlen települési szilárd hulladékégető mű működik éspedig Budapesten a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű.

A Fővárosi Hulladékhasznosító Mű 1981. december végén került üzembe helyezésre és megfelelt az akkori környezetvédelmi és egyéb hatósági előírásoknak. Az elmúlt több mint két évtized során jelentősen szigorodtak az Európai Unióban és Magyarországon is a környezetvédelmi előírások, ezért 2002 és 2005 között átfogó korszerűsítésre került sor a Hulladékhasznosító Műben. Ennek keretében megvalósult a kazánok teljes rekonstrukciója és új, korszerű füstgáztisztító rendszer került kiépítésre.

A korszerűsített Hulladékhasznosító Mű főbb műszaki jellemzői a következők:

Engedélyezett égetési teljesítmény	420 000 t/év
Kazánok száma	4 db
Égetési teljesítmény kazánonként	15 t/h
Gőzteljesítmény kazánonként	40 t/h
Tüzelőberendezés	hengerrostély
Gőzparaméterek	40 bar, 400°C
Kazánkonstrukció	egydobos, természetes cirkulációjú, membránfalas, négyhuzamú
Kazán hatásfok	83 %
Füstgáztisztítás	SNCR de-NO _x és félszáraz eljárás (ciklonos pernye előleválasztás, abszorberben savas gázok mésztejes közömbösítése, aktív koks beadagolás, zsákos szűrő)
Salakkezelés módja	hulladék vas leválasztása elektromágnessel
Hőhasznosítás	villamos energia-termelés és távhőszolgáltatás
Turbina-generátor teljesítmény	24 MW
Füstgázhőmérséklet kémény előtt	140°C
Kéménymagasság	120 m

A Mű vázlatos keresztmetszetét az 1.7.2 ábra mutatja.



1.7.2 ábra A Fővárosi Hulladékhasznosító Mű vázlatos keresztmetszete

A Hulladékhasznosító Mű 2007. évi üzemeltetésének fajlagos jellemzői a következők:

Az eltüzelt hulladékok átlagos fűtőértéke: 8 500 kJ/kg

Az égetésnél és füstgáztisztításnál keletkező szilárd maradékanyagok mennyiségi aránya az eltüzelt hulladéktömeghez képest:

salak	230 kg/t
pernye és egyéb füstgáztisztítási maradékanyag	45 kg/t

A füstgáztisztításnál felhasznált anyagok 1 tonna eltüzelt hulladékra vetített fajlagos értékei:

égetett mész	9,79 kg/t
karbamid	1,73 kg/t
lignit koks	0,17 kg/t

A Hulladékhasznosító Mű fajlagos energiatermelési, -értékesítési és -felhasználási mutatói:

Villamos energia termelés	431 kWh/t hulladék
Villamos energia értékesítés	353 kWh/t hulladék
Villamos energia önfogyasztás	78 kWh/t hulladék
Villamos energia önfogyasztás/termelés	18,1 %
Távhő értékesítés	279 kWh/t hulladék
Villamos- és távhő energia értékesítés összesen	632 kWh/t hulladék
Hulladékkal bevitt hőmennyiség aránya az összes input hőmennyiséghez képest	99,1 %
Támasztó földgáztüzeléssel bevitt hőmennyiség aránya az összes input hőmennyiséghez képest	0,9 %

A Hulladékhasznosító Mű emissziós értékeinek összehasonlítását a 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet határértékeivel az 1.7.6 táblázat tartalmazza.

Adatok: mg/Nm³

Szennyezőanyag	Mért napi átlagok	Határértékek
por	< 1	10
HCl	2-8	10
SO ₂	10-25	50
NO _x (NO ₂ -ben)	100-160	200
CO	10-30	50
C _x H _y	< 1	10

Szennyezőanyag	Mintavétel alapján mért értékek	Határértékek
Hg	0,001-0,005	0,05
Cd, Tl	< 0,005	0,05
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	< 0,05	0,5
Dioxinok, furánok 2,3,7,8-TCDD TE egyenértékben	< 0,01 x 10 ⁻⁶	0,1 x 10 ⁻⁶

1.7.6 táblázat A Hulladékhasznosító Mű emissziós értékeinek összehasonlítását a 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet határértékeivel

A Hulladékhasznosító Mű technológiai rendszerének leírása

1. Hulladék fogadás és tárolás

A hulladékszállító járműveket a teherportán mérlegelik és regisztrálják a beszállított hulladék mennyiségét. A hiteles mérlegrendszer korszerű, elektronikus adatfeldolgozással rendelkezik. A beszállított hulladék mennyiségének megállapítását követően a célgépek felhajtanak a rámpára és onnan a hulladékot a zárt 10 000 m³-es szemétbunker-térbe ürítik, ahol a 2 db, egyenként 10 tonnás polipmarkolós híddaru egyrészt homogenizálja, másrészt adagolja a hulladékokat a kazánok garatjába. A garatokban kialakított izotópos szintjelzés alapján a hulladékok egyenletes adagolása biztosított. A híddaruk is mérleggel felszereltek, így folyamatosan mérésre és regisztrálásra kerül az egyes kazánokba adagolt hulladék mennyisége.

A kazánok primer égéslevegőjét a bunkertérből szívják el. Az így keletkezett „vákuum” következtében az ürítéskor keletkező por, valamint a bűzös bomlási gázok nem kerülnek ki a szabadba. A garatban a hulladék gravitációsan csúszik le az adagoló asztalra, ahonnan egy hidraulikus működtetésű adagoló dugattyú nyomja be a tüztérbe.

2. Hulladéktüzelés és gőztermelés

A hulladék elégetése egy speciális, 30°-os lejtésű, hat hengerből álló rostélyrendszeren történik (a rostélyhengerek átmérője 1,5 m, szélessége 3,5 m). Az egyes rostélyhengerek fordulatszáma külön-külön fokozatmentesen, frekvenciaváltós motorral szabályozható. A bunkertérből elszívott és gőzkaloriferen kb. 140°C-ra előmelegített primerlevegőt külön ventilátor nyomja át a rostélyhengereken keresztül a tüztérbe. Az egyes rostélyhengerekhez a

tüzeléstechnikailag szükséges levegő mennyiséget külön-külön csappantyúkkal lehet szabályozni.

A tüztér felső részében kialakított „szűkületben” történik két oldalról a szekunder levegő befúvása. A nagysebességű szekunderlevegő sugarak erőteljes turbulenciát hoznak létre a füstgázban, mellyel biztosítható az éghető gázok (elsősorban szén-monoxid) tökéletes eléégése. A tüztérben a rostélyon a hulladékok 1 000-1 100°C hőmérsékleten tökéletesen kiégnek és az eredeti tömeg kb. 23%-át kitevő mennyiségű salak az utolsó hengerrostélyról vízfürdőbe hullik, ahol lehűl és granulálódik. A vízfürdőből a salakot egy hidraulikus, dugattyús rendszerű kitoló berendezés egy rövid szállítószalag közbeiktatásával a salakbunkerbe juttatja. A salakeltávolító berendezés zárt, elpárologtató rendszerű vízhűtéssel rendelkezik, így a szennyvíz nem jut ki a berendezésből. A salakbunker-térben kialakított salakkezelő rendszer és elektromágnesek segítségével a salakból a hulladék vas leválasztásra és újrakohósítás céljából értékesítésre kerül. A vasmentesített salak kommunális hulladéklerakón takaróanyagként kerül hasznosításra.

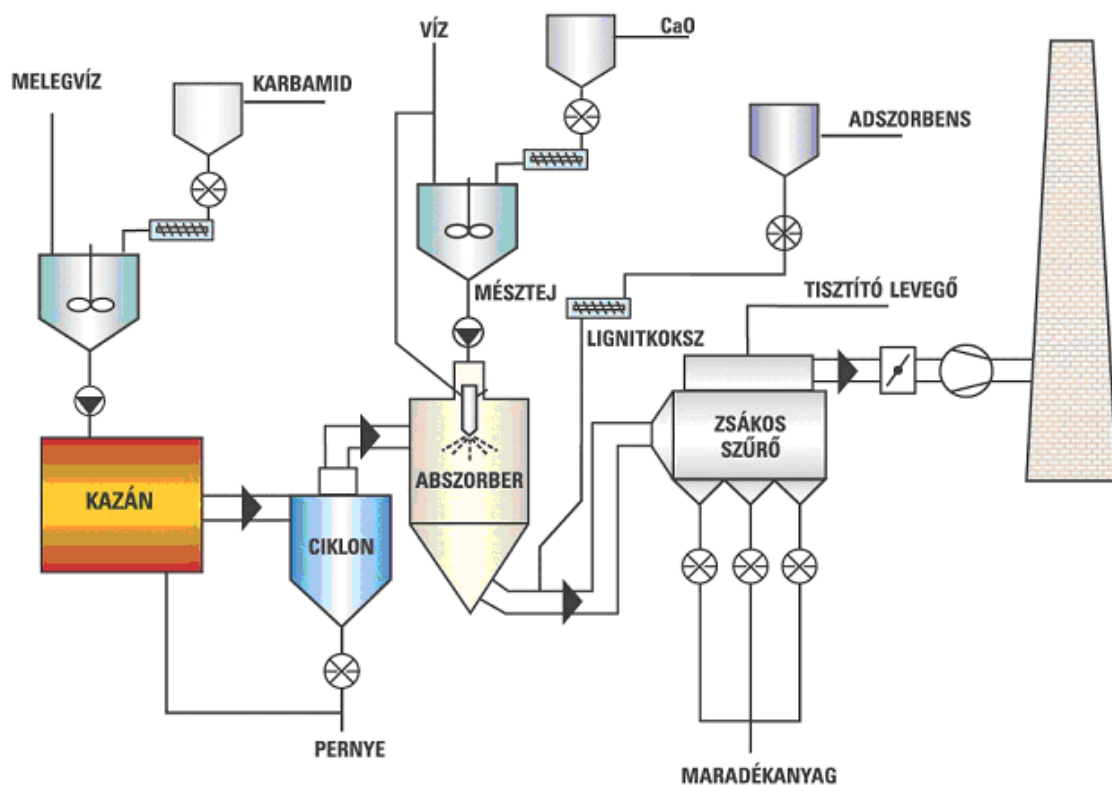
Alacsonyabb fűtőértékű hulladék esetében a tüztérben 2 db, egyenként 260 m³/h teljesítményű stabilizáló földgázégő és az első huzamban 2 db, egyenként 1 600 m³/h teljesítményű földgázégő szükség szerinti működtetésével biztosítható az előírt minimális füstgáz-hőmérséklet. A tüzelés szabályozása teljesen automatizáltan, számítógépes folyamatirányítással történik. A szemét-beadagolás működtetésénél reteszfeltételként szerepel a 850°C betartása. Ha a füstgáz-hőmérséklet a megadott érték alá csökken, az említett gázégők automatikusan bekapcsolnak.

Az első huzam felső részén kialakított fúvókákon keresztül karbamid vizes oldatát fecskendezik be a tüztérbe a nitrogén-oxidoknak redukció útján történő csökkentése érdekében. Ez a megoldás az általánosan elterjedt ún. SNCR de-NO_x eljárás. A karbamid vizes oldatának mennyiségét a tisztított füstgázban mért NO_x-koncentráció értékéről szabályozzák. A karbamidot por formában szállítják a Hulladékhasznosító Műbe, ahol vízzel elegyítve, külön tartályban állítják be a szükséges kb. 40% koncentrációjú oldatot.

A kazán fűtőfelületein áthaladva és lehűlve a füstgázok a kazánból 200-220°C hőmérsékleten áramlanak át a füstgáztisztító rendszerbe.

3. Füstgáztisztítás és emisszió mérő monitoring rendszer

A félszáraz, szennyvízmentes füstgáztisztító rendszer működési vázlatát az 1.7.3 ábra mutatja.



1.7.3 ábra. A félszáraz füstgáztisztító rendszer működési vázlata

A rendszer a füstgáz útját követve az alábbi főbb részekből áll:

- kettős ciklon a pernye előleválasztására (hatásfok kb. 90%)
- mésztej befecskendezésű abszorber a savas gázok közömbösítésére
- aktív lignit koks adagoló rendszer a dioxinok, furánok és gőzfázisú higany adszorpciós megkötésére,
- zsákos szűrő a maradék pernye, reakció sók, többlet adszorbens és adszorbens leválasztására
- füstgázventilátor a füstgázok kéménybe történő továbbítására és egyben a tűztér-huzat biztosítására

Az abszorberben befecskendezésre kerülő mésztej mennyiségét a tisztított füstgázban mért sósav és kéndioxid koncentráció értékéről szabályozzák. A mésztejet por formában beszállított égetett mész oltásával állítják elő. Az abszorberben a mésztej mellett még külön vizet is fecskendeznek be a hőmérséklet szabályozására. Az adszorpció számára az optimális hőmérséklet tartomány 140°C körül van, ezért a szabályzó kör a befecskendezésre kerülő víz mennyiségének szabályozásával ezt az értéket igyekszik tartani.

A zsákos szűrőkben a zsákok külső felületén kialakuló porréteget szabályozható időütemezésű sűrített levegő befúvási impulzusokkal távolítják el.

Minden egyes kazán teljes körű emisszió mérő monitoring rendszerrel rendelkezik. A 3/2002. KöM rendeletben előírt valamennyi szennyező komponenst folyamatosan mérik és regisztrálják, az adatokat számítógéppel dolgozzák fel.

4. Füstgáztisztítási maradékanyagok kezelése

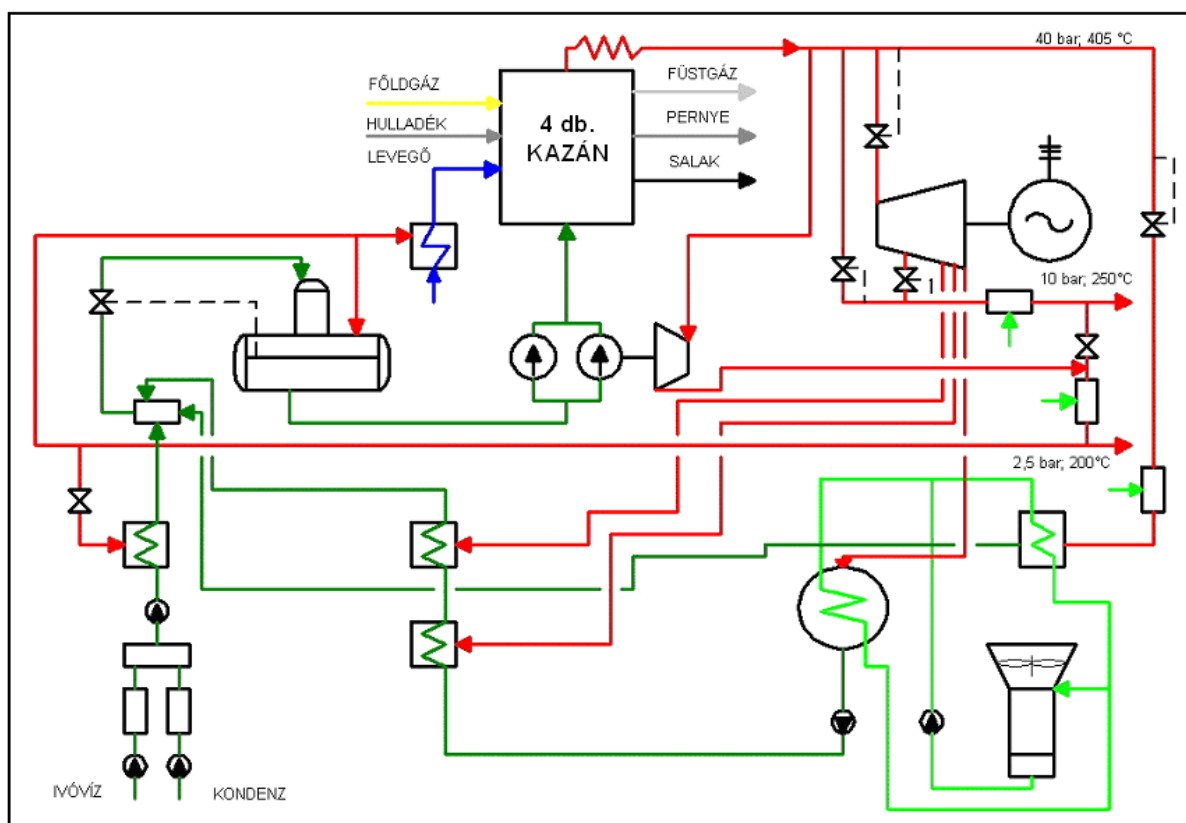
A kazánok huzamai alatti tölcésekben összegyűlő kazánpernyét és a ciklonokban leválasztott pernyét közösen mechanikus, majd pneumatikus úton szállítják a pernyesilóba. A zsákos

szűrő tölcseireiben összegyűlő szilárd maradékanyagot a pernyéhez hasonló módon szállítják egy külön maradékanyag silóba.

A 2-2 db pernye- és maradékanyag siló egyenként 290 m³ tárolási térfogatú. A maradékanyag kezelő rendszer lehetővé teszi a silókból a pernye és a zsákos szűrő maradékanyag szárazon és külön-külön, illetve keverten történő töltését megfelelő konténerekbe, illetve tartályos gépjárművekbe. A száraz kitároláson túlmenően lehetőség van víz és cement hozzáadásával betonszerű, szilárduló maradékanyag előállítására is. A maradékanyag kitárolás és a kezelés módja az elhelyezési lehetőség függvényében kerül meghatározásra. Jelenleg a füstgáztisztítási maradékanyagokat zárt konténerekben, száraz por formában szállítják el veszélyes hulladék lerakón történő ártalmatlanítás céljából.

5. Hőhasznosítás, vízelőkészítő- és villamos energia ellátó rendszer

A kazánokban termelt gőzt egy elvételes-kondenzációs turbinában expandáltatva villamos energia termelésre, illetve távhőszolgáltatásra hasznosítják. A turbina-generátor egység névleges teljesítménye 24 MW. A termelt villamos energia mennyiségből az önfogyasztáson túli hányadot 10 kV feszültségszinten az országos hálózatba táplálják. A turbina elvételből származó gőz hőtartalmát gőz/forróvíz hőcserélő közbeiktatásával a káposztásmegyeri lakótelep fűtésére hasznosítják az Újpesti Hőerőművel történő kooperációban. A turbinából távozó gőzt vákuum alatt csöves kondenzátorban csapattják le, és a hűtővizet 4 blokkból álló nedves hűtőtoronyban hűtik vissza. A Hulladékhasznosító Mű egyszerűsített hősémáját az 1.7.4 ábra mutatja.



1.7.4 ábra A Hulladékhasznosító Mű egyszerűsített hősémája

A vízelőkészítés hagyományos, teljes sótalanítási rendszerű, mely anion- és kationcserélő blokkokból, valamint un. kevertágyas blokkokból áll. Hűtővízként karbonát-mentesített vizet használnak. A hálózati ivóvíz rendszerből vételezik a pótvizet. A vízelőkészítő rendszerből

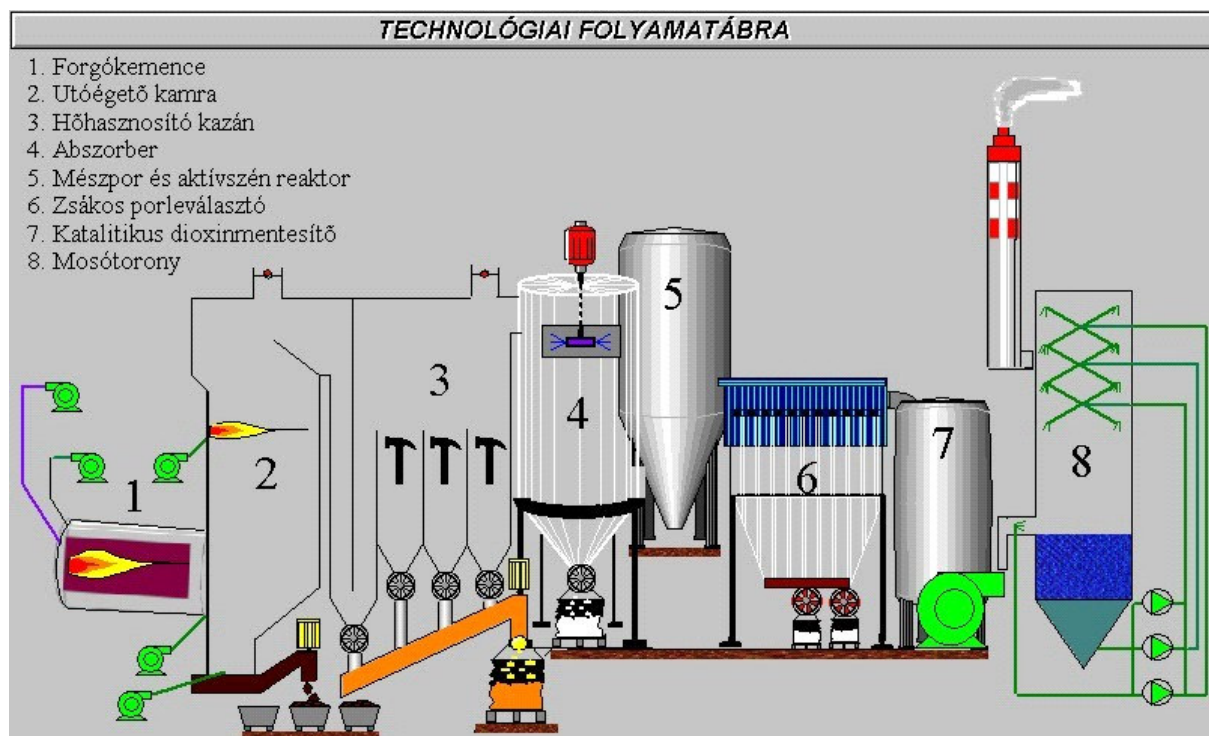
külön semlegesítő medencén keresztül, megfelelő pH beállítást követően távozik a szennyvíz a városi csatornahálózatba.

A Hulladékhasznosító Mű villamos energia ellátási, illetve szolgáltatási kapcsolatát az országos hálózattal két külső kooperációs betáplálás biztosítja. Az energiaforgalmazás elsődlegesen a Káposztásmegyer 120/10 kV-os alállomás és a Hulladékhasznosító Mű között kiépített 10 kV-os, 1 500 A-es kábeleken keresztül történik. A műszaki paramétereket tekintve egyenrangú tartalék összeköttetést biztosít az Újpest 120/10 kV-os alállomás és a Hulladékhasznosító Mű közötti kábel. Mindkét kooperációs összeköttetés, továbbá a 25 MW-os generátor a Hulladékhasznosító Mű 10 kV-os gyűjtősinére csatlakozik. A teljes technológiai rendszer villamos energia ellátása ezen gyűjtősinre csatlakozó 2 db 10/6 kV-os transzformátoron keresztül történik.

1.7.4. A nagyobb veszélyes hulladék égetők bemutatása

A SARPI Dorog Kft. technológiájának ismertetése

A hulladékégető művet szilárd, folyékony, dermedő és nem dermedő paszta, szennyvíziszap, biogáz, ipari és gyógyszergyári hulladékok elégetésére építették. A beérkező anyagok és okmányainak ellenőrzését az üzem laboratóriumában végzik. A mennyiségi átvétel hídmérleggel történik. A hulladékok halmazállapot és kémiai tulajdonság szerint csoportosítva kerülnek tárolásra.



1.7.5 ábra. A SARPI Dorog kft. veszélyes hulladék égetőművének technológiája

A beadagolt hulladék elégetése egy forgó csőkemencében, valamint a hozzá csatlakozó utóégető kamrában történik.

A szilárd hulladék előhomogenizálása tároló bunkerban történik. A szilárd hulladékok és a hordós hulladékok zömét egy speciálisan kialakított aprító berendezésen vezetik át. A szilárd

hulladékot darálás után egy automatikus adagoló berendezés segítségével juttatják az égető berendezésbe.

A nem aprítható szilárd hulladékot tartalmazó hordók kettős zsilipen keresztül jutnak be a forgókemencébe.

A folyékony hulladékot nyomásporlasztásos égőkhöz szivattyúzzák és tulajdonságaiktól függően levegővel vagy gőzzel porlasztják a forgókemencébe.

A forgó csőkemence homlokfalán kombinált 8 MW-os TÜKI égő került elhelyezésre, amely alkalmas gáz vagy olaj, valamint magas és alacsony fűtőértékű hulladék elégetésére (a kombinált égők lándzsái külön-külön oxigén táplálással rendelkeznek). Az égők helyes működtetése fontos szerepet játszik a kemence hőmérséklet-szabályozásában, valamint az utóégető hőfokszabályozó körében. A főégő tölti be az indítóégő funkcióját is. Ez az égő speciális kialakítása folytán csökkenti az NO_x gázok keletkezését is. A primer levegő a kemence homlokfalán, míg a szekunder levegő az utóégető égőfejen keresztül kerül beadagolásra. Amennyiben a forgó csőkemence hőmérséklete 900°C alá csökken, a hulladékadagolás automatikusan megszűnik.

Az utóégető kamra a nehezebben lebomló anyagok termikus ártalmatlanítására szolgál. Az elégetlen gázok azon folyamatokból származnak, melyek számára a forgó csőkemencében a tartózkodási idő nem elegendő a tökéletes égéshez. Az utóégetőbe 2 db 3MW teljesítményű TÜKI gázégő lett beépítve, aminek eredményeképp az utóégető teljes hosszában fenntartható a jogszabályban előírt, min. $1\ 100^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet. A füstgáz tartózkodási ideje az előírt hőmérsékleten —az utóégető kamra átépítése következtében— minimum 3 sec. Mindezek következtében nagyon jó hatásfokkal valósul meg az elégetlen komponensek tökéletes kiégése.

Az utóégetőből a füstgázok a hőhasznosító kazánba kerülnek, amely két vertikálisan sugárzó és egy horizontális konvekciós huzamból áll. A gőz termelésére szolgáló tápvizet a konvekciós huzamban hőcserélővel előmelegítik, majd a túlhevítőben történik a gőz termelése. Az előállított gőzzel egy turbina-generátor egységet (850 kW) hajtanak meg, amivel elektromos áramot termelnek. A termelt villamos energia az üzem villamos energia fogyasztásának nagy részét fedezi. Az optimális működés érdekében 2 db légkondenzátor került telepítésre, amelyek a turbinából kilépő gőzt kondenzálják.

A füstgáztisztító rendszer első lépcsője az abszorber, amelybe összességében 10-15 %-os mésztejet porlasztanak a füstgáz savas komponenseinek megkötésére. A kémiai reakcióból keletkező só oldat a füstgáz hőtartalmának hatására szárazra párlódik és a keletkező poranyag az abszorber alján BIG-BAG zsákokban kerül eltávolításra.

Az abszorber és a zsákos porleválasztó közötti szakaszon egy pneumatikus adagoló berendezés került beépítésre, mellyel az aktív szén és porrá oltott mészhidrát beadagolása történik a füstgázáramba. Ezen adalékanyagok a dioxinok és a toxikus fémek megkötését teszik lehetővé.

A zsákos porleválasztó előtt került elhelyezésre a reaktor, amely az áramló füstgáz számára tulajdonképpen egy puffer tér (kb. $200\ \text{m}^3$) ahol a füstgáz sebessége lelassul, ezáltal megnövekszik a tartózkodási idő, illetve a reagensekkel az érintkezési idő, ez elősegíti a semlegesítés kémiai reakcióit.

Az előtisztított füstgáz ezután a zsákos porleválasztóban elveszti a szilárdanyag (por) tartalmát. A zsákos porleválasztóban összegyűlt por a porsilóba kerül gyűjtésre, ahonnan a filter por ürítése big-bag zsákokba, vagy tartályautóba történhet. A zsákos porleválasztóból igen alacsony porkoncentrációval jut a füstgáz a tisztító következő lépcsőjébe, a katalizátoros dioxin-mentesítőbe.

A katalizátoros dioxin-mentesítőben lebontásra kerül a füstgázban még fellelhető maradék dioxin, illetve furán származék. Az alkalmazott katalizátor szivacsos szerkezetű titán oxidból és az erre aktív réteggként felhordott vanádium-pentoxidból áll. Aktív felülete 19 000 m². A katalizátor és a füstgázmosó között helyezkedik el a füstgázelszívó ventilátor, amely az égetőtérben és a füstgáztisztító berendezésekben állandó depressziót, illetve a füstgázmosóban a megfelelő nyomást biztosít.

A füstgáztisztító rendszer negyedik fokozata az ellenáramú, két permetezőfúvóka-síkkal ellátott füstgázmosó. A mosótoronyban a mosófolyadék (mésztej) hatására a füstgáz a vízgőz telítési hőmérsékletére hűl és egyben megkötődik a sósav, hidrogén-fluorid, kén-dioxid és a maradék por tartalma.

A mésztejes füstgázmosóból a megtisztított füstgáz a 70 m magas kéményen át a külső légterbe jut. A kémény vízszintes szakaszán OPSIS rendszerű berendezéssel folyamatosan mérik és regisztrálják a kibocsátott füstgázban jelenlévő és a jogszabályban előírt komponensek koncentrációit.

A Győri Hulladékégető technológiájának ismertetése

A hulladékégető engedélyezett kapacitása alapján 8 000 t/év.

A hulladék átvétele a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló 98/2001. (VI. 15.) Korm. rendeletben előírtak alapján történik. A beérkező anyagok és okmányainak ellenőrzése után a mennyiségi átvétel a hídmérlegen történik. Az anyagok minőségi ellenőrzését a telep laboratóriumában végzik el. A beérkező hulladékok égetési paramétereinek ismeretében állítják elő a napi égetési menüket.

A szilárd hulladékok konténerben, hordóban, zsákokban, vagy speciális edényzetben (egészségügyi hulladékok műanyag badellában, vegyszerek dobozban stb.) a folyékony hulladékok hordókban ballonokban vagy tartályautókban érkeznek a telepre. A hulladékokat az átvétel után tulajdonságaiktól, minőségüktől függően a telep különböző gyűjtőhelyeire helyezik el.

A folyékony halmazállapotú hulladékokat kármentővel ellátott tárolótartályokba fejtik be, ahonnan zárt csővezetéken keresztül szivattyúk nyomják a tüztér különböző pontjaira. A folyadékok beporlasztása a hőmérséklettől függően automatikusan történik.

A hulladékok égetés előtti gyűjtése-tárolása fedett hordókban, konténerekben fedett, szigetelt, dréncsővezetett gyűjtőhelyen, vagy tartályokban, illetve a fedett betonbunker előtároló medencéjében történik. A Győri Hulladékégető Kft. partnereivel olyan szerződések megkötésére törekszik, melyek lehetővé teszik az ütemezett beszállításokat.

Az égető főbb technológiai berendezései a következők:

bunker, forgókemence, utóégető kamra, hőhasznosító kazánok-turbinával, füstgáztisztító berendezés, dioxin adszorberrel.

A hulladéktároló bunker szilárd és pasztaszerű hulladékok tárolására szolgál, 500 m³ befogadóképessége van. A bunker négy részből áll, az első rész az ún. előválogató medence, ide helyezik be a beérkezett hulladékokat ömlesztett, vagy hordós formában. Az előtároló medencéből válogatás serleges markoló segítségével kerül a hulladék az előtároló bunkerbe, ahonnan folyamatosan egy őrlőberendezésbe adagolják a szilárd hulladékot, amelyből a bunker belső kazettájába hullik. Az őrlés célja a méretcsökkentés és a hulladék homogenizálása.

Az így homogenizált hulladékot markolóval egy adagolóberendezés felhordójába helyezik mely számítógép által vezérelten egyenletesen juttatja azt a kétzilipes adagológarat tölcserébe. Az adagolótölcseréből az alsó zsilip alatti adagolóvályúba hullik a hulladék, ahonnan hidraulikus működtetésű betolódugattyú nyomja a kemence első szakaszába.

A különlegesen kezelendő, nem aprítható hulladékokat, tipikusan az egészségügyi hulladékokat laboratóriumi vegyszermaradékokat csomagoló edényzetükkel együtt az aprítót és a felhordót kihagyva közvetlenül a zsilipes adagolóba adagolják.

A forgókemence 2 008 mm átmérőjű, 9 000 mm hosszúságú, tűzálló béléssel ellátott acélcső. A dob alsó vége az utóégető kamrába nyúlik be. A dobvég hűtését ventilátor által befűvott levegő biztosítja.

A forgódob homlokfalán a támasztótüzelést biztosító földgázégő és egy folyadékégő van elhelyezve. A forgódobba beadagolt szilárd hulladék a tüztér hőmérsékletének illetve az égő lángjának hatására gyullad meg. A dob forgása és lejtése következtében a hulladék a dobban fokozatosan halad lefelé. A dob közepén a hulladék szervesanyag-tartalma kiég és az izzó salak a dob végén, hullik ki, majd vízűtés után kaparóláncos salakkihordó útján gyűjtőkonténerbe kerül.

A szilárd anyagok égetéséhez szükséges légfelesleg biztosítására 6 000 Nm³/h teljesítményű, aláfűvő ventilátor üzemel. A füstgázok a forgódob végén az ún. utóégető kamrába jutnak, mely 70 m³ térfogatú tűzálló falazattal ellátott kéthuzamú kamra. Az utóégető kamrában egy földgázégő és egy oldószerégő segítségével a füstgázokból kiégetik a még éghető szennyeződések. Az oldószerégőn keresztül különböző hulladékdózsok, egyéb folyadékok elégetése lehetséges a hulladék égéshőjétől függően változó mennyiségben. Az utóégető kamrában 1150-1 300°C körüli hőmérsékleten a füstgázok tartózkodási ideje 2 sec-nál hosszabb.

Az utóégető kamrából távozó füstgázokat fekvő füstcsöves hőhasznosító kazánba vezetik be. A folyamatos üzemmenet biztosítására három hőhasznosító van beépítve, melyek felváltva üzemelnek. A kazán által termelt gőzt (2-3,5 t/h 6-8 bar nyomású) részben az égetőmű és a szomszédos folyékony ártalmatlanító épületeinek és egyéb kiszolgáló-létesítmények fűtésére használják, részben a turbinára vezetik, amely a telep energiaellátásához 100-120 kWh villamos árammal segít rá. A turbináról távozó gőzt kondenzáltatás után visszavezetik a kazántápvízhez, így csökken a lágyítandó víz mennyisége.

A kazánból a füstgázok 250-300°C hőmérsékleten távoznak és a füstgáztisztító rendszerbe kerülnek. A füstgáztisztító berendezés a svéd ABB-Fläkt cég által szállított száraz adszorpciós elven működő 3 részből álló egység. Első része az ún. kondicionáló torony. A toronyba bevezetett füstgázt egy porlasztófűvőkán keresztül beporlasztott vízzel 150°C-ra hűtik le. A füstgázzal bejutó durvább pernye és hamuszemcsék a gázáramból kiülednek a torony aljára, ahol egy hamukihordó működtethető ennek eltávolítására. A kondicionáló toronyba a hűtővízzel együtt lúgadagoló szivattyú segítségével folyékony NaOH is adagolható a füstgáz sósav, illetve kén-dioxid tartalmától függően. A lúgadagoló szivattyúját a sósavmérő és a kén-dioxidmérő által mért jellel vezérlik.

A megfelelő hőmérsékletre beállított füstgázt egy csőreaktorban finom eloszlású mészhidráttal és aktív koksszal keverik össze. A füstgáz savas komponensei (HCl, SO₂, HF) kémiai reakcióba lépnek a mészhidráttal, CaCl₂·xH₂O és CaSO₄ keletkezik, míg az aktív szén megköti a szerves vegyületeket (dioxinokat, furánokat, elégetlen szénhidrogéneket, illetve a gőzalakú higanyt). Ezután a füstgázt a zsákos porleválasztó egységbe vezetik. A szűrőt úgy méretezték, hogy az adszorbensként viselkedő porkeverék a zsákos szűrőn maradjon és a gáz tartózkodási ideje a szövetre rakódott porrétegben maximális, legyen. Így az adszorpciós

folyamatok tovább folytatódnak a szűrő felületén. A por letapadásának megakadályozására a szűrőkamra palástját villannyal fűtik. A zsákra tapadt, kimerült szűrőréteget pneumatikus lökéssel rázzák le a kamra aljára, ahonnan egy folyamatosan működő kihordócsiga távolítja el. A kihordott filterport big-bag zsákokban gyűjtik és konténerben veszélyes hulladék lerakóra szállítják.

A zsákos porszűrőt követően a füstgázban maradó kis koncentrációjú szennyezések további csökkentésére egy mozgó ágyas, ellenáramú dioxin adszorber került beépítésre. Az ellenáramú üzemeltetés során az adszorbens kis sebességgel felülről lefelé mozog, a füstgáz pedig alulról fölfelé áramlik, ezzel nagy hatékonyságú füstgáztisztítás érhető el. A füstgáz tartózkodási ideje az adszorbens rétegben mintegy 6 másodperc. Az adszorbens töltet a Sorbalit nevezetű 10% aktív kokszt és 90% mészhidrátot tartalmazó granulátum. A tisztítandó füstgáz az adszorbens alsó részén lép be egy speciális elosztó rendszeren keresztül, mely biztosítja a füstgáz optimális eloszlását a 32 m²-es keresztmetszetű adszorber teljes keresztmetszetén. A füstgázok belépését követő zónában kötődik meg a por és adszorbeálódnak a dioxinok/furánok és a nehézfémek. A következő zónában kötődik meg a kén-dioxid, majd ezt követően a sósav és a halogének. Az adszorber tetején egy elosztó rendszeren lép be a friss adszorbens és ez a zóna pufferként szolgál az esetleges koncentrációcsúcsok esetén. Az adszorbens az alsó elvétel hatására nagyon lassan, felülről lefelé halad, mozgásának sebessége 20 mm/hét.

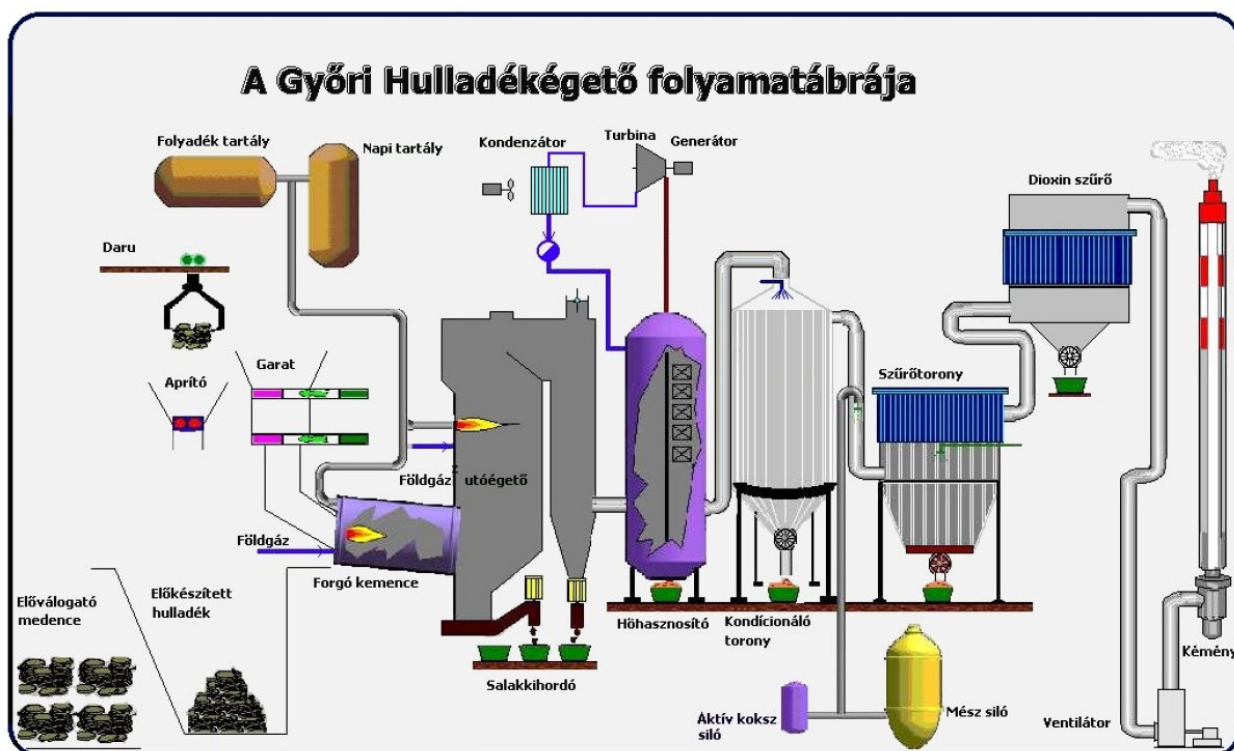
Az adszorber tetején egy daru segítségével végzik a Sorbalit granulátummal történő feltöltést, big-bag zsákokból. Az adszorber alján lévő használt adszorber tárolóból szakaszosan 1-2 havonta történik az elhasznált töltet elvétele, melyet az elégetendő szilárd hulladékhhoz kevernek és elégetnek.

A mészhidrát tárolására 30 m³-es mészsiló szolgál, melyet pneumatikus úton töltenek fel tartálykocsiból. A meszet a sósav- illetve SO₂-tartalomtól függő mennyiségben csigaadagolók vezetik a füstgázba. Az aktív kokszt big-bag-ben tárolják.

A távozó füstgázok szennyezőanyag tartalmát —a kéménybe beépített szondákkal vett mintákból— korszerű emisszió-mérő műszerek mérik folyamatosan. A mért komponensek: szilárd por, szén-monoxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, elégetlen szénhidrogének, sósav, valamint az oxigéntartalom. Az emissziós értékeken kívül az égetési folyamat valamennyi lépése műszerekkel ellenőrzött és automatikusan szabályozott. A technológia legfontosabb paraméterei az emissziós értékekkel együtt számítógépes rögzítésre kerülnek. Ennek köszönhetően az egész technológia szigorúan kontrollált és szabályozott.

A technológiából szennyvízként a vízlágyító oszlopok regenerálásakor keletkező vizek távoznak, melyeket dolomittal töltött medencében semlegesítenek. A telepre hullott csapadékvizeket, udvartakarításból származó szennyvizeket egy 40 m³-es illetve egy 80 m³-es záportárolóba gyűjtik össze, melyből egy Autotreat 2 típusú szennyvíztisztítón és egy szelektív ioncserélőn történő kezelés után visszavezetik a kondicionáló toronyba hűtővízként. Csak a technológiába fel nem használt szennyvizet nyomják a csatornahálózatba.

A hulladékégető 1998 óta rendelkezik ISO 9001 minőségügyi és ISO 14001 környezetvédelmi minősítéssel. 2004 januárja óta integrált minőségügyi és környezetvédelmi irányítási rendszert működtet. A korszerű technológia és a szigorú szabványrendszerek biztosítják, hogy az ártalmatlanítás nagy biztonsággal és a lehető legkisebb környezetterheléssel történik.



1.7.6 ábra A Győri Hulladékégető technológiai folyamatábrája

A tiszaujvárosi hulladékégető technológiájának ismertetése

Forgókemencében történik a beadásra előkészített hulladékok pirolízise $T=950^{\circ}\text{C}$ -os oxigénszegény környezetben. A pirolízishez szükséges hő bevitele egy kombinált égőn folyékony hulladék, vagy földgáz égetésével van biztosítva. A hulladékok pirolízise alatt a forgókemencéből a füstgázáram a salakozó kamrába jut.

A forgókemencéből távozó salak a salakozó kamrába hullik. Ott a salak száraz állapotban levegő hozzáadásával izzítva éri el a kívánt maradék éghetőanyag tartalmat. Innen egy kitoló kos juttatja a hulladékot a nedves salakkihordóba. A salakkihordóból kikapart salakból a mágnesezhető fémhulladékok egy mágneses szeparátorral vannak kiválasztva további hasznosításra.

A salakozó kamrát követően a füstgáz keverőkamrába lép, ahol megtörténik a tökéletes égéshez szükséges szekunderlevegő hozzáadása. A keverő kamrából a füstgáz az utóégető kamrába jut. Az utóégető kamra hőmérséklete 1150°C , a szükséges tartózkodási idő biztosításával itt történik a füstgáz kiégése.

Az elégett füstgázok az utóégető kamrából a hőhasznosító-gőzkazán radiációs részébe kerülnek, majd innen a konvekciós zónán keresztül a tápvíz előmelegítőn és a túlhevítőn haladnak át. A hőhasznosító egység 16 bar 250°C túlhevített gőzt állít elő, melyet a TVK Nyrt. használ fel.

A hőhasznosítóból a nyers tisztítatlan füstgázok $\sim 280-300^{\circ}\text{C}$ -on lépnek be a kondicionáló toronyba. Itt a füstgázt bepermetezett nátrium-hidroxid oldat hűti 160°C -ra és megkezdődik a savas komponensek semlegesítése.

A kondicionáló toronyból kilépő füstgázba por alakban kalcium-hidroxid és aktív szén adagolása történik. Ezt követően jut a füstgáz a reaktorba. Itt a savas komponensek semlegesítése tovább folytatódik, a nehézfémek, dioxinok; furánok, semlegesítése megkezdődik.

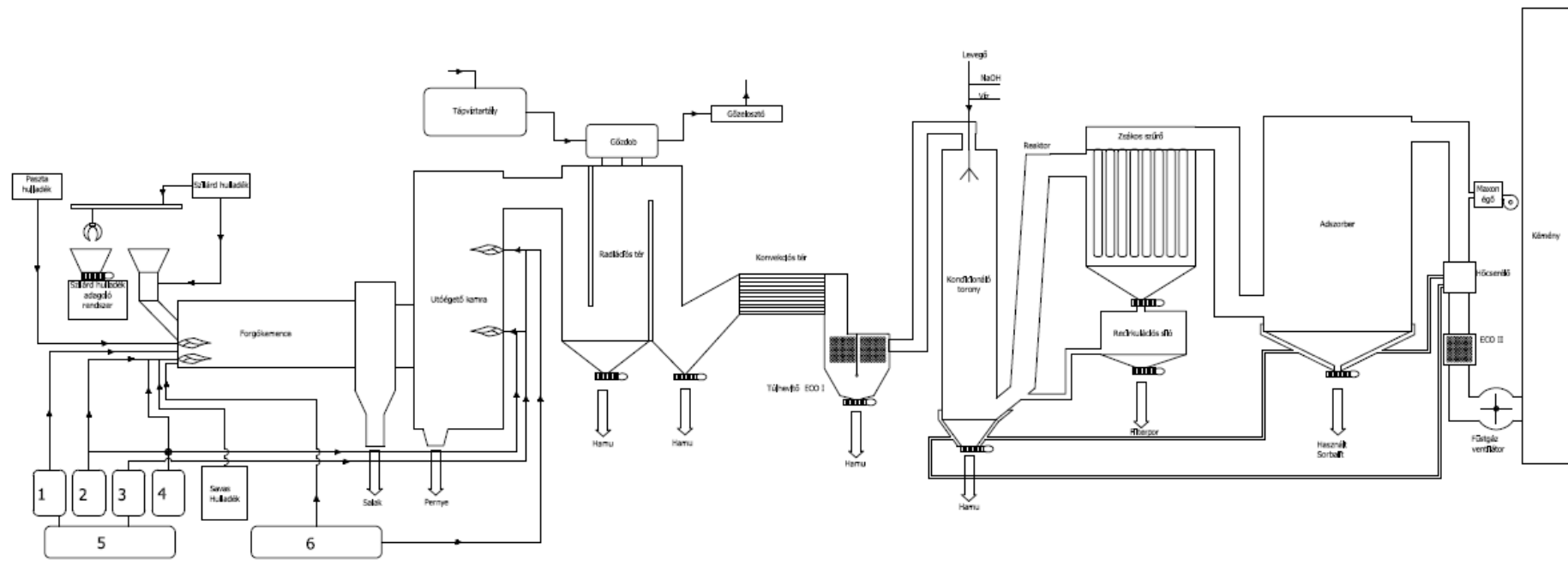
A reaktort követően a füstgáz a zsákos porszűrőbe érkezik, amelynek szűrőfelületére a már korábban beadott kalcium-hidroxid és aktív szénpor van felhordva. Ezen a szűrőrétegen áramolva a füstgáz további reakciókon megy keresztül. A zsákos szűrőn történik a füstgáz lebegőanyag-tartalmának (por) leválasztása.

Ezután a füstgáz, további tisztításon megy át egy nyugvótöltetes adszorber egységben. Itt szorbalit töltet található, amely 35 % aktív szén és 65 % mészhidrát keverékéből áll (Ø 5-10 mm gömb alakú granulátum formában). Ez a még megmaradt savas komponenseket és dioxinokat, furánokat, valamint nehézfémeket köti meg, így biztosítva a jogszabályban előírt kimeneti paraméterek betartását.

Az adszorberből távozó ~140°C-os füstgáz ismét felmelegítődik ~200°C-ra, majd egy újabb tápvíz előmelegítőn halad át. Végül a füstgáz a rendszer elszívását biztosító ventilátoron keresztül kerül a kéménybe. A kéményben történik a folyamatos emisszió mérés, melynek adatai archiválásra kerülnek. A kilépő füstgáz 160°C-on távozik az égetőből.

Környezetvédelmi fejlesztések:

- Salak kiégető kamra kialakítása,
- Mágneses fémkiválasztó létesítése,
- Kazán konvekciós rész duplikálása,
- Kondicionáló torony építése,
- Aktív szénpor adagolórendszer kiépítése,
- Adszorber torony építése,
- Folyamatos emisszió-mérő műszer beépítése.



1.7.7 ábra A tiszaujvárosi hulladékégető technológiai vázlata

A tiszavasvári hulladékégető technológiájának ismertetése

Az RKWI típusú kompakt égető folyékony éghető oldószer hulladékok, szilárd ipari hulladékok, valamint oldószeres szennyvizek égetéses ártalmatlanítását végzi földgázüzemű támasztóégek működtetése mellett.

A folyékony hulladékok konténertartályokban, hordókban, szippantó gépkocsikban vagy tartálykocsikban érkeznek a tartályparkba. A fogadást követő tárolás-, keverés-előkészítés után, napi tartályokból szűrőkkel felszerelt recirkulációs csőrendszeren keresztül kerülnek az égetőmű kombinált égőjéhez, beadagoló lándzsáihoz.

A forgókemence homlokfalán található földgáz és oldószerkeverék alternatív, vagy együttes (vegyes) eltüzelésére alkalmas primer égőfej. A kombinált égőházban gyújtóégő, gázégő és hulladéklándzsa található, míg a nem éghető folyadék beadására a homlokfalon külön elhelyezett porlasztó lándzsa szolgál.

A homlokfali tüzelőberendezés, indításakor automatikusan végzi a tüztér szellőztetését, a gyújtást, fogadja és végrehajtja a szabályozókörök rendelkező jeleit. A folyékony hulladékok másik része az utóégetőre felszerelt szekunder égőfejnél kerül beadagolásra.

A szilárd veszélyes hulladékok fémlemez egységkonténerekbe vannak előkészítve. Az így előkészített szilárd hulladékok darálás (amely egyben homogenizálás is) újra egységkonténerekbe kerülnek.

Égetéskor a kívánt fűtőértékre beállított hulladékkeverék mérlegelést követően az adagoló garatba kerül. Az adagoló berendezést pneumatikus henger kocsizza az égetőkemencéhez úgy, hogy szabályozható fordulattal üzemelő adagoló csiga eleje benyúlik a forgódobba.

A beadagolt hulladék, tüzelőanyag, oldószeres szennyvíz (anyalúg) egy részének égése, pirolízise, a hőálló falazattal ellátott, szabályozható fordulatú, fekvőhengeres enyhe depresszió alatt lévő tüztérű forgókemencében történik. A kívánt ártalmatlanítási hőmérséklet és az égéslevegő-szükséglet, a beadott anyagok tömegének és fűtőértékének a függvényében automatikusan vezérelhető.

A kiégett salakot a forgódob vége alatt keresztirányban elhelyezett nedves-vízzáras szállítószalag hordja ki, míg a füstgázok az utóégetőben haladnak tovább. A primer égetőtérből távozó füstgázok és a szekunder módon beporlasztott folyékony anyagok, az utóégetőben égnak ki. A forró füstgázok ezután, a sugárzó és konvekciós hőátadó részből álló termoolaj kazánban, gőztermelés közben hasznosulva, 280°C alá hűlnek.

Ezt követően a füstgáz a porlasztva-száritó reaktorba kerül, ahol bepermetezett nátronlúgos vizes oldat mossa át, és 200°C kilépő hőmérsékletre hűl. Az innen távozó égéstermék Sorbalit-adagolás után a szilárdanyag leválasztóba, majd mozgótöltetes-lebegőgolyós cseppleválasztóval ellátott lúgos - nedves mosótoronyba jut. A zsákos porszűrő után telepített centrifugál ventilátor feladata a forgókemencétől a szűrőig a vákuum biztosítása, ill. a kéményen át a tisztított füstgázok környezetbe továbbítása.

Jogszabályi előírásnak megfelelően a polipropilén kéménybe van beépítve a folyamatos emisszió-mérést végző műszer. Az általa mért értékek a vezénylő teremben elhelyezett számítógépen követhetők figyelemmel és kerülnek regisztrálásra.

Az ipari veszélyes hulladék-ártalmatlanító teljesen automatizált, számítógép vezérlésű a vezénylő teremből a kezelők felügyelik. Az égés főbb műveleteit, a rendellenességeket,

beavatkozásokat, időrendi sorrendben automatikusan, az irányítópult számítógépes adattárolója eseménynapló formájában rögzíti.

Utóbbi fontosabb környezetvédelmi fejlesztések:

Beépítésre került a kéménybe a folyamatos emisszió-mérő műszer.

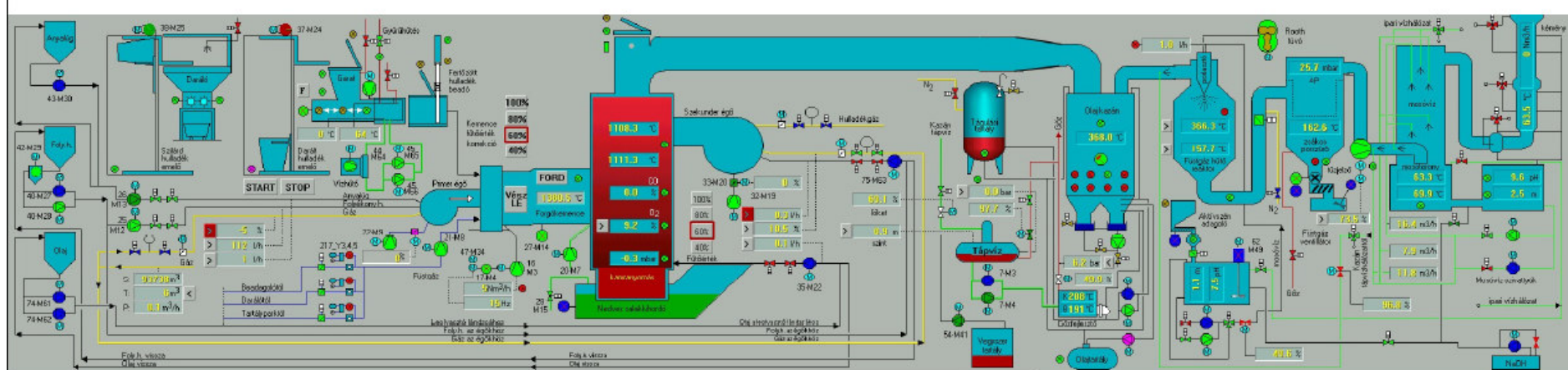
Sorbalit adagolásához csigás beadagoló rendszert telepítettek (dioxinok, nehézfémek megkötése)

A salakkihordót és kazánvízzárát zárt rendszerűvé tették (szennyezett víz kibocsátás megszüntetése)

Kazánvízzár átalakítás

A salakkihordó eredetileg folyamatosan fel volt töltve ipari vízzel. A salakkihordóban túlfolyó vezette el a csatornába a túltöltődésből eredő fölös vizet. A kazán alatti vízzár töltése szintén ipari vízről történt. A szintjét egy szintkapcsolóval működtetett mágnes-szelep szabályozta. A kazán alatti vízzárban képződött zagyot egy zagyszivattyú folyamatosan cirkuláltatta, illetve meghatározott időnként átnyomta a salakkihordóba.

Az átalakítás során beépítésre került egy szintkapcsoló a salakkihordóba is. Ez a szintkapcsoló egy mágnes-szelepet működtet, amely az ipari vízről történő töltést szabályozza. Az átalakítások következtében jelentősen csökkent a vízfelhasználás, friss ipari vizet csak a veszteségek pótlására kell használni (párolgás, salakkal távozó víz).



1.7.8 ábra A tiszavasvári hulladékégető technológiai vázlata

ÉMK Kft Hulladékégető technológiájának ismertetése

Az ÉMK Kft hulladék forgókemencés hulladék égetője 2007. február hónapban került beüzemelésre. A hulladékégető a terepviszonyok megfelelő kihasználásával került tervezésre és megépítésre.

A beérkező hulladékokat ellenőrzést és mérlegelést követően aprítják. Az aprítás nélküli hulladékot a szállítóeszköztől a kétrekeszes hulladéktároló első 432 m³ teljes térfogatú rekeszébe billentik a betároló ajtón keresztül. A hulladék terítését, a daráló és az égetőkamra etetését hulladéktároló híddarujával polipos emelő segítségével végzik. Az aprított hulladék a tároló második rekeszébe kerül surrantón keresztül. Az aprított hulladék keverését és terítését is a híddarúval a polipos markolóval végzik. A kétrekeszes hulladéktároló második rekeszének a forgódobos kemencéhez közelebb eső része egyben az előkészített hulladék napi tárolója.

A hulladék beadagolása a forgódobos kemencébe a híddarun mozgó polipos markolóval, a napi hulladéktárolóból történik, kettős zárást biztosító hulladékadagolón garaton át. Az aprított és égetésre előkészített hulladék a fogadó garatból hidraulikus betoló szerkezet segítségével jut a forgódobos kemence tűzterébe.

Lehetőség van konténer segítségével történő adagolásra a nem aprítható kórházi hulladékok elégetésére. Ezt a hulladékot a rendszeresített 660 literes konténer feladásával és billentéssel történő ürítésével lehet beadni, a kettős zárású garatba. A konténer emelését és billentését hidraulikus emelőszerkezet végzi. Az emelő és billentő szerkezet működése automatikus, de csak kézzel indítható a helyszínről.

Lehetőség van még pasztaszerű hulladékok beadagolására is egy külön kiépített adagoló rendszeren keresztül.

A hulladéktároló egyik végén az irányító helyiség kapott helyet a darukezelői hellyel, míg a másik végén a forgódobos hulladékégető kamra homloklapja, ahol az égetésre szánt hulladék beadagolása történik. A darukezelői helyről ablakon keresztül a daru teljes manipulációs területe jól látható.

A hidraulikus működtetésű betoló szerkezettel elégetésre beadott hulladék a forgódobos égető kamra homloklapján át kerül az égéstérbe. A hulladékadagolásnak egyenletesnek kell lennie a hirtelen gyulladás elkerülése érdekében. A hulladék adagolása a folyamatirányító berendezés irányítása alapján automatikusan történik.

A forgódobos hulladékégető kemence homloklapján támasztó égők helyezkednek el, melyek tüzelőanyaga gáz és folyékony hulladék. Ezeknek az égőknek a segítségével lehet begyújtani és felfűteni a forgódobos kemencét, illetve abban az esetben működnek, ha a hulladék által termelt hőmennyiség nem tudja biztosítani a tökéletes égéshez szükséges hőmérsékletet.

A forgódobos kemencében a hulladék tartózkodási ideje a dob dőlésszögének és fordulatszámának függvénye. A tartózkodási idő a forgódob dőlésszögének és a dob fordulatszámának állításával történik. A dob fordulatszámának állíthatóságát a forgódob frekvenciaváltós hajtása biztosítja. A dob dőlésszöge mechanikusan állítható egy állítóművel, meghatározott szögértékek között. Ezekkel az állítási lehetőségekkel a hulladék tartózkodási ideje a forgódobos égető kamrában széles határok között változtatható, így biztosított a hulladék megfelelő kiégése a kamrából történő kilépésig.

A forgódobból kihulló salak arra a célra rendszeresített 4 m³-es konténerbe hullik. A szállító és tároló konténerbe folyamatosan vízbepermetézéssel hűtik és nedvesítik a salakot, a

kiporzás elkerülése érdekében. A füstgáz ventilátor a kamrákban keletkező füstgázt a falazott utóégető kamrába szívja. Az utóégető kamrába két folyékony hulladékot égető égő biztosítja az előírt hőmérsékletet. Az utóégető kamrára automatikus földgáz égő is fel van szerelve, indításhoz és arra az esetre, ha a folyékony tüzelőanyag nem tudná biztosítani a szükséges utóégető hőmérsékletet. Ha az utóégető hőmérséklete eléri az előírt legalacsonyabb hőmérsékletet, akkor a földgázégő automatikusan begyújt és megakadályozza az utóégető hőmérsékletének további csökkenését.

Az égető kamrák jellemzőit a folyamatirányító számítógép folyamatosan regisztrálja a rendszer többi adataival együtt.

Az utóégetőből távozó füstgáz a hőhasznosító gőzkazánon és az utána kapcsolt kazán pótvíz előmelegítőn halad keresztül. A kazánok 12 bar nyomású telített gőzt termelnek. A kazánban termelt gőz távvezetéken keresztül kerül a felhasználási helyre, ezzel gyakorlatilag a hulladék hő hasznosítás teljes egészében megoldott.

A kazán füstcsomkján keresztül távozó 250°C hőmérsékletű füst a pótvíz előmelegítő hőcserélőn keresztül haladva 170 C hőmérsékletre hűl. A hőcserélő hűtőközege a gáztalanító táptartályból a szivattyúzott 105°C hőmérsékletű kazán tápvíz.

A lehűtött füstáramba mészpórt és aktív szenet adagolnak. A mészpórt adagolást követően a füstgáz a zsákos porszűrőn, kőszénkoks és aktív szén töltetű szűrőtornyon és a füstelszívó ventilátoron keresztül jut a füstgázrendszer túlnyomás alatti oldalára, ahol füstgázmosón halad keresztül. A kőszénkoks és aktív szén töltetű szűrőtorny gyakorlatilag kizárja a dioxin határértéket meghaladó kibocsátását.

A füstgáztisztítás nedves fokozata befecskendezéses hűtővel kezdődik, ahol megtörténik a füst jelentős lehűtése olyan mértékben, hogy az ne veszélyeztesse a füstgázmosó műanyag (polipropilén) szerkezeti anyagát. A savas és lúgos mosót aerosol-, és vízleválasztó követi. A füstgáztisztító rendszer száraz és nedves fokozatain megtisztított füstgáz a kéményen keresztül távozik a szabadba.

A mosótornyokban cirkuláló mosóvíz egy része elvezetésre kerül a mosóvíz megfelelő mértékű tisztántartása érdekében. Az elvezetett szennyvíz a rendszer ülepítő tartályába kerül, ahol adalék anyagok segítségével ülepítik olyan mértékben, hogy a 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet 5. számú mellékletében meghatározott határértékeket a szennyező anyagok koncentrációja ne lépje túl.

A füstgáztisztítás egyes szakaszaiban a következő szennyezőanyag-mentesítés történik:

- utóégető: dioxinok, furánok termikus bontása,
- zsákos porszűrő: porszűrés, sósav és kénsav részleges eltávolítása,
- savas mosó: sósav részleges-, a nehézfémek teljes határérték alá csökkentése,
- lúgos mosó: kén-dioxid, sósav és nitrogénoxidok határérték alá csökkentése,
- aerosol leválasztó: aerosolok kiszűrése.

A tervezett füstgáztisztító rendszerrel a 3/2002. (II. 22.) KöM rendeletben előírt füstgázjellemzők a rendszer kezelési és karbantartási utasításában előírt feltételek és tevékenységek betartásával és elvégzésével biztonsággal tarthatók. A füstgáz szennyezőanyag koncentrációinak rendelet által előírt folyamatos mérése a kéményen kialakított mérőhelyről, regisztráló műszerekkel, a rendeletben meghatározott komponensekre történik.

A hulladékégetésből keletkező tisztított füstgáz hőmérséklete 30-50°C a füstgázmosó után. A füstgáz elvezetése idomacélból készült tartószerkezetbe fogott műanyag kéményen keresztül történik. A kémény átmérője 1 200 mm, magassága 24 méter. A kéményen alakítottuk ki a folyamatos füstgáz elemzés mintavételi helyét. Az időszakos ellenőrző mérésekhez a kémény

tartószerkezetéhez illeszkedő pódium került kialakításra a szabványos mérőhely megfelelő megközelítése érdekében. A távozó füstgáz mennyiségének folyamatos mérésére és regisztrálására mennyiségmérőt kerül beépítésre a kéménybe.

Összefoglaló műszaki adatok

Névleges napi teljesítmény	24 000 kg/nap
Névleges teljesítmény	1 000 kg/h szilárd hulladék
Névleges folyékony tüzelőanyag fogyasztás	300 kg/h
Szilárd hulladék fűtőértéke	12, 2 MJ/kg
Forgódob névleges hőteljesítménye	3,2 MW
Utóégető hőteljesítménye	2,55 MW
Hővesztesség	0,66 MW
Éves üzemidő	8 000 h/év
Tervezett üzemszünet	760 h/év
Éves teljesítmény	8 000 t/év szilárd, 2 400 t/év folyékony
Kazán névleges hőteljesítménye	4,4 MW
Névleges gőzteljesítmény	7,0 t/h
Folyékony tüzelőanyag fűtőértéke	30,6 MJ/kg
Névleges füstgázáram	11 000 Nm ³ /h
Legnagyobb füstgázáram a kéménynél	12 560 Nm ³ /h
Forgódob belső átmérő	2 200 mm
Forgódob hossza	11 000 mm
Forgódob lejtése max.	5 %
Utóégető hasznos térfogata	80 m ³
Legrövidebb füst tartózkodási idő utóégetőben	5 sec
Hulladék aprító teljesítménye	2 000 kg/h
Csúcs villamos teljesítmény igény	400 kW
Átlagos villamos teljesítmény igény	300 kW

2. A HULLADÉKÉGETÉS ÁGAZAT JELLEMZŐ TEVÉKENYSÉGEINEK ÁTTEKINTÉSE

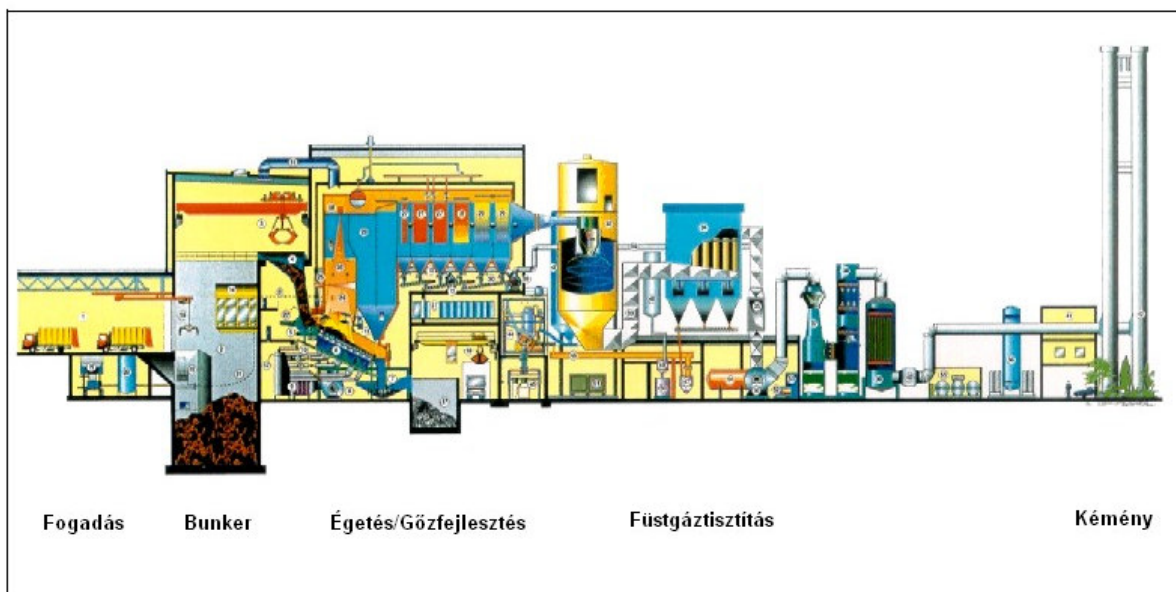
2.1. ÁTTEKINTÉS ÉS BEVEZETÉS

A hulladékégető művek alapvető lineáris felépítése a következő műveleteket foglalhatja magában (az egyes lépéseket jelen fejezet későbbi részeiben tárgyaljuk részletesen)

- beérkező hulladék átvétele
- hulladék és nyersanyagok tárolása
- hulladék előkezelése (amennyiben szükséges, a létesítményen belül illetve kívül)
- égetésre történő beadagolás
- hulladék hőkezelése (égetés)
- energia kinyerése (pl. hőhasznosító kazán/hőcserélő) és átalakítása
- füstgáztisztítás
- füstgáztisztítás után visszamaradó anyagok kezelése (füstgáz kezelése után)
- füstgáz kibocsátás
- kibocsátás monitoring és ellenőrzés
- szennyvíz ellenőrzése és kezelése (pl. a létesítmény csatornahálózatából, füstgáztisztításból, tárolásból származó szennyvizek)
- égetésből származó salak menedzsmentje és kezelése
- szilárd égési maradékok kibocsátása/ártalmatlanítása

Az fentiekben felsorolt összes lépést általánosságban az adott létesítményben kezelt hulladék típusának (típusainak) megfelelően alakítják ki.

A létesítmények többsége napi 24 órában üzemel, az év szinte összes napján. Az ellenőrzési rendszerek és karbantartási programok fontos szerepet játszanak a folyamatos üzemképesség biztosításában.



2.1.1 ábra: Példa egy TSZH hulladékégető felépítésére

A fenti példában (2.1.1 ábra) a beérkező hulladék tárolásának és kezelésének lépései az ábra bal oldali részében láthatóak, az égetési szakasz előtt. A füstgáz tisztításra szolgáló rendszer az ábrán „füstgáztisztítás” megnevezés alatt szerepel, a kemencétől és a kazántól jobbra. A bemutatott példában az üzem nedves füstgáztisztító rendszert alkalmaz, amely számos működési egységet foglal magában. Egyéb, modern létesítményekben a füstgáztisztító rendszer kevesebb működési egységből áll.

Bár a gyakorlatban messze a leggyakrabban az égetést alkalmazzák, jelen BREF összesen három jelentősebb termikus hulladékkezelési módszert fed le:

pirolízis - szerves anyagok hőbontása oxigénmentes környezetben
 elgázosítás - részleges oxidáció
 égetés - tökéletes oxidáció mellett végbemenő égés

A felsorolt termikus hulladékkezelési módszerekre jellemző reakciók körülményei különbözőek, de nagyjából a következők szerint kategorizálhatók:

	Pirolízis	Gázosítás	Égetés
Reakció hőmérséklet (°C)	250-700	500-1 600	800-1 450
Nyomás (bar)	1	1-45	1
Égéslevegő	Inert/nitrogén	Gázosító közeg O ₂ , H ₂ O	Levegő
Sztöchiometrikus arány	0	<1	>1
A termikus kezelés termékei			
Gáz halmazállapotú	H ₂ , CO, szénhidrogének, H ₂ O, N ₂	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Szilárd halmazállapotú	Hamu, koks	Salak, hamu	Hamu, salak
Folyékony halmazállapotú	Pirolízis olaj és víz		

2.1.1 táblázat: Pirolízis, gázosítás és égetés tipikus reakciókörülményei és termékei

A pirolízist illetve gázosítást folytató üzemek alapvető felépítése hasonló az égetőművekéhez, de részleteiben jelentősen különbözik. A legfontosabb különbségek a következők:

- előkezelés: alaposabb előkezelés válhat szükségessé, a beadagolandó hulladék szűkebb tartományának létrehozásához. A pirolízisre alkalmatlan hulladék mozgatásához/kezeléséhez/tárolásához további berendezésekre lehet szükség.
- beadagolás: a levegő kizárása tömítéssel kiemelt figyelmet igényel
- reaktor: az égetést helyettesíti (illetve kiegészítheti)
- keletkezett termékek kezelése: a gáz halmazállapotú termékek és szilárd maradékok anyagmozgatást, tárolást és lehetséges, hogy további kezelést igényelnek
- termékek égetése: külön lépésben történhet, és magában foglalhatja a termékek égetése során felszabaduló energia hasznosítását illetve a keletkezett gáz/víz/szilárd anyagok kezelését és menedzselését.

2.2. ÁTVÉTELI, ELŐKEZELÉSI, TÁROLÁSI ÉS ANYAGMOZGATÁSI TECHNIKÁK

Az égetésre szánt különböző hulladéktípusok eltérő előkezelést, tárolást és anyagmozgatást igényelhetnek. Jelen fejezet időrendben mutatja be a legfontosabb műveleteket, a következőkben felsorolt, legfontosabb hulladéktípusokra:

- települési szilárd hulladék
- veszélyes hulladék
- szennyvíziszap
- kórházi hulladék

2.2.1. Települési szilárd hulladék (TSZH)

2.2.1.1. TSZH gyűjtése és előkezelése a TSZH hulladékégetőn kívül

Bár az itt tárgyalt téma a BREF közvetlen alkalmazási körén kívül esik, fontos annak felismerése, hogy a TSZH helyi gyűjtése és az alkalmazott előkezelés befolyásolhatja a hulladékégető üzembe érkező anyag jellegét. Ebből következik, hogy az előkezelésre és egyéb műveletekre vonatkozó követelményeknek illeszkedniük kell a helyi hulladékgyűjtési rendszerbe.

A hasznosítási célú szelektív gyűjtés és előkezelés eredményeként a hulladékból egyes frakciók hiányozhatnak. Ez az alábbi következményekkel járhat:

Hiányzó frakció	A visszamaradó hulladéokra gyakorolt legfontosabb hatás
Üveg és fémek	- fűtőérték növekedése - salakból visszanyerhető fémek mennyiségének csökkenése
Papír, karton és műanyag	- fűtőérték csökkenése - klórtartalom csökkenése, amennyiben a PVC-t széles körben kinyerik hasznosítási célból
Szerves hulladék, pl. élelmiszer és kerti hulladék	- a magas nedvességtartalom csökkenése (főleg a kiugróan magas nedvességtartalomé) - fűtőérték növekedése
Nagydarabos hulladék	- kevesebb esetben szükséges az ilyen jellegű hulladékok eltávolítása/aprítása
Veszélyes hulladékok	- veszélyes fémtartalom csökkenése - egyéb veszélyes anyagok (pl. klór, bróm) mennyiségének csökkenése

2.2.1 táblázat: Szelektív hulladékgyűjtés és előkezelés főbb hatásai a visszamaradó hulladéokra

Egy, a szelektív hulladékgyűjtés után visszamaradó háztartási hulladékra (ún. „grey waste”, „maradék hulladék”) gyakorolt hatásairól készített tanulmány a következő eredményekkel zárult:

- az üveg szelektív gyűjtése a „maradék hulladék” beérkező térfogatát 13 %-kal csökkentette, fűtőértékét pedig 15%-kal növelte
- a papír és a csomagolóanyagok szelektív gyűjtése a „maradék hulladék” beérkező térfogatát 21 %-kal, fűtőértékét pedig 16%-kal csökkentette
- általánosságban megállapítható volt, hogy a szelektív gyűjtés hatékonyságának növekedésével a „maradék hulladék” beérkező térfogata és fűtőértéke csökkent. A szelektív gyűjtés okozta legnagyobb térfogatcsökkenés 42%-os volt, míg a fűtőértékre gyakorolt legnagyobb hatást -3%-ban lehetett megállapítani
- a szelektív gyűjtés a maradék hulladék minőségére is hatást gyakorolt – szignifikánsan növelte a nehézfémekben különösen gazdag finomszemcsés frakció arányát (16%-ról 33%-ra)
- a szelektív gyűjtés 3%-kal csökkentette a salak mennyiségét.

A szelektív gyűjtésnek és az egyéb, hasonló módszereknek a hulladékégetőbe végül beérkező hulladékokra gyakorolt mérhető hatása a szelektív gyűjtés és az alkalmazott előkezelés hatékonyságától függ, ami jelentős eltéréseket mutathat. Bizonyos frakciók az esetek többségében nagy valószínűséggel visszamaradnak a beérkező hulladékokban.

A beérkező hulladék ezenkívül tartalmazhat a hasznosító üzemekben fel nem használható anyagokat, egyenmű hulladékfrakciókat, kereskedelmi és ipari hulladékokat és bizonyos mennyiségű veszélyes hulladékot is.

2.2.1.2. Települési szilárd hulladék előkezelése a hulladékégetőben

Általában szükség van a nagydarabos hulladék előkezelésére (azaz aprítására), ha annak mérete meghaladja a beadagoló berendezés méretét. Az előkezelés másik célja lehet a hulladék homogenizálása. Az egyenletes égési tulajdonságok biztosítása érdekében (pl. egyes magas nettó fűtőértékű hulladékok esetében) a hulladék homogenizálását keveréssel vagy aprítással biztosíthatjuk.

A fentiekén kívül további előkezelést a rostélytüzelésű égetőművekben általában nem végeznek, de más kemencetípusok egyéb előkezelési műveleteket is szükségessé tehetnek.

A TSZH keverésére általánosan alkalmazott eljárás a bunkerben belüli keverés. Erre a célra általában ugyanazt a hulladék markolót használják, mint amellyel a hulladékot a garatba adagolják. A TSZH előkezelése az esetek túlnyomó részében a bálák, a nagydarabos hulladék stb. aprítására korlátozódik, bár esetenként erőteljesebb aprítást is alkalmazhatnak. Az alábbi eszközök használata jellemző:

- alligátorolló
- shredder típusú hulladékaprító
- hulladékörklő malom
- forgóképes hulladékaprító

Tűzvédelmi okokból a következő intézkedésekre lehet szükség:

- az ürítés és a tárolás helyszíneinek elkülönítése a bunkerben belül
- a hidraulikus berendezések (olajvezetékek, szivattyúk és ellátó berendezések) elkülönítése a vágószerszámoktól
- a szivárgó olaj összegyűjtése
- nyomáscsökkentő szelep a burkolaton a robbanási károk mérséklésére

2.2.1.3. Hulladék átvétele és tárolása

2.2.1.3.1. A hulladék ellenőrzése

A hulladékot szállító teherautók, vagonok vagy konténerek a hulladék fogadására szolgáló területre érkeznek be, ahol a hulladékot —általában vizuális ellenőrzés és mérés után— a bunkerbe ürítik. Az ürítés a bunkert és a fogadó területet összekötő nyílásokon keresztül történik. A hulladék bunkerba juttatását hulladékcsúszdák segíthetik. Megoldható a nyílások zárása is (pl. kapukkal), így biztosítva a tömítést és szagmentességet, illetve a tűz és zuhanás

elleni védelmet. A fogadóterület körülfalazása hatékony módszer lehet a hulladékkal kapcsolatos szag-, zaj- és kibocsátási problémák elkerülésére.

2.2.1.3.2. Bunker

A bunker általában egy vízhatlan betonmedence. A hulladékot a bunkerben polipmarkolós híddaruval halmozzák fel, illetve keverik. A hulladék keverése biztosíthatja a tüztér garatjába adagolandó anyag egyenletes fűtőértékét, méretét, szerkezetét, összetételét stb.

A bunker és a beadagoló berendezések tűzvédelmét például az alábbi eszközök/intézkedések biztosíthatják:

- daruk funkció-megtartó kábelezése
- darufülkék biztonságos kialakítása
- tűzérzékelők
- automatikus vízágyúk, habbal vagy hab nélkül

A daruk fülkéit úgy alakítják ki, hogy a kezelő kellően beláthassa az egész bunkert. A fülke saját, a bunkerétől független szellőző rendszerrel rendelkezik.

A túlzott porképződés és a fermentációs gázok (pl. metán) felszabadulásának megakadályozására, illetve a szag- és porkibocsátások felhalmozódásának megelőzése érdekében a tüztérbe a primer égéslevegőt gyakran a bunkerből vezetik be. A legkedveltebb megoldás, a hulladék fűtőértékétől, illetve az üzem kialakításától és céljától függően, a bunker levegő primer vagy szekunder égéslevegőként való felhasználása.

A bunker általában a hulladékégető működési teljesítményéhez képest többnapos (többnyire 3-5 napos) tárolási kapacitással rendelkezik. Ez természetesen nagyban függ a helyi viszonyoktól és a hulladék jellemző tulajdonságaitól.

A bunkerhez tartozó kiegészítő biztonsági berendezések lehetnek: száraz tűzivízvezeték az adagoló garat szintjén, habbevezető csonk a garat felett, tűzérzékelő a hidraulikus berendezésekhez, tűzálló falazat a bunker és a kemencecsarnok közt, tűzálló falazat a kemencecsarnok és az irányítóterem közt, vízfüggöny az irányítóterem és a kemencecsarnok közti ablakokon, füst- és tűzelszívás (a tető felszínének 5-10%-án) stb.

2.2.2. Veszélyes hulladékok

2.2.2.1. Az ágazat rövid bemutatása

A veszélyes hulladék-égetés ágazat két fő alágazatból áll:

- kereskedelmi hulladékégetők
- célzott hulladékégetők

A két típus közti különbségeket az alábbi táblázat foglalja össze:

Szempont	Kereskedelmi hulladékégetők	Specializált hulladékégetők
Tulajdonos	Magáncégek, önkormányzatok vagy társaságok	Általában magáncégek (saját hulladék égetése)
Kezelt hulladék jellemzői	- hulladékok nagyon széles tartománya - előfordul, hogy csak korlátozott információ áll rendelkezésre a hulladék pontos összetételéről	- hulladékok széles tartománya - gyakran csak egy cég, sőt egyetlen eljárás hulladéka - általában részletesebb információk a hulladék összetételéről
Alkalmazott égetési technológia	- többnyire forgódobos kemencék - néhány, bizonyos hulladékokra specializált vagy azokra korlátozott technológia	- forgódobos kemence és - bizonyos hulladékokra specializált vagy azokra korlátozott speciális technológiák széles választéka
Működési és tervezési szempontok	A megfelelő folyamatirányításhoz követelmény a rugalmasság és a sokoldalúság	Egyes esetekben a folyamatok megtervezése szorosabban alkalmazkodik a hulladékok egy szűkebb tartományához
Füstgázkezelés	- a rugalmasság biztosítása érdekében gyakran alkalmazzák a füstgázmosást és - több füstgázkezelési technológia kombinációit	- a rugalmasság biztosítása érdekében gyakran alkalmazzák a füstgázmosást és - több füstgázkezelési technológia kombinációit
Költség-/piaci megfontolások	- Az üzemeltetők általában nyitott (globális) piaci verseny szereplői - egyes üzemeknek előnye származhat az adott országban/régióban keletkező hulladék elhelyezésére vonatkozó országos/regionális intézkedésekből - a veszélyes hulladék EU-n belüli szállítását a veszélyes hulladékok országhatárokon át történő szállításáról szóló rendeletek szabályozzák, melyek korlátozzák a nyitott, globális piaci versenyt.	- korlátozott verseny, illetve egyes esetekben nincs versenyhelyzet - a felhasználók esetenként magasabb ártalmatlanítási költségeket is hajlandóak megfizetni, az üzemeken belüli ártalmatlanításra vonatkozó hulladéktermelői politika miatt

2.2.2 táblázat: Összefoglalás a veszélyes hulladék-égetési piac szereplői közötti különbségekről

A kereskedelmi szektorban alkalmazott forgódobos kemencék egyedi éves égetési kapacitása 30 000 és 100 000 tonna közt mozog. Az egyes kialakítások tömeg kapacitása jelentősen változhat a hulladék átlagos fűtőértékének függvényében, mert alapvetően a hőkapacitás a meghatározó tényező.

A következő szakaszok legnagyobbbrészt a veszélyes hulladékok kereskedelmi hulladékégetőkben történő átvételét, tárolását és előkezelését mutatják be.

2.2.2.2. Hulladék átvétele

Mivel a beérkező hulladék igen széles tartományt képvisel, magas potenciális kockázatot jelent és a pontos összetételére vonatkozó információk bizonytalanok, az egész folyamat során nagy erőfeszítéseket igényel a beérkező hulladék felmérése, jellemzőinek megállapítása és a teljes folyamaton át történő nyomonkövetése. Az alkalmazott rendszereknek biztosítaniuk kell a világos nyomonkövethetőséget (eseménynaplót), melynek segítségével bármilyen

incidens oka visszamenőlegesen megállapítható. Így olyan eljárások vezethetők be, melyek segítségével az incidensek megakadályozhatók.

A hulladék fogadásának és tárolásának előírt részletes eljárásai a hulladék kémiai és fizikai tulajdonságaitól függenek.

A hulladékok azonosítása és elemzése:

A hulladék termelője a veszélyes hulladékok összes típusa esetében nyilatkozatot ad ki a hulladék természetére vonatkozóan, melynek alapján a hulladék kezelője képes eldönteni, hogy a hulladék minden egyes meghatározott típusa kezelhető-e. A nyilatkozat magában foglalhatja:

- a hulladék termelőjére és a felelősökre vonatkozó adatokat
- hulladék kódjára és egyéb megjelöléseire vonatkozó adatokat
- hulladék eredetére vonatkozó adatokat
- bizonyos toxikus anyagok elemzésére vonatkozó adatokat
- a hulladék általános jellemzőit, ideértve az égetési mutatókat is, pl.: klór, kén, fűtőérték, víztartalom stb.
- egyéb biztonsági/környezetvédelmi információk
- cégszerű aláírás
- a fogadó üzem kérésére további adatok

Egyes hulladéktípusok kiegészítő intézkedéseket tehetnek indokoltá. A homogén, adott termelési folyamat tipikus hulladékának tekinthető hulladék gyakran általános jellemzőkkel is megfelelően leírható. Kiegészítő intézkedésekre általában akkor van szükség, ha a hulladék összetétele kevésbé ismert (pl. lerakókból származó hulladék vagy veszélyes háztartási hulladék gyűjtéséből származó tétel), ilyen kiegészítő intézkedés lehet például a hulladék-konténerek egyenkénti vizsgálata.

Ha a hulladék összetételét nem lehet részletesen megadni (pl. növényvédőszer vagy laboratóriumi vegyszerek kis mennyiségei), a hulladékkezeléssel foglalkozó cég a hulladék termelőjével megállapodást köthet a hulladék csomagolására vonatkozó speciális követelményekről, így biztosítva, hogy a hulladék ne léphessen reakcióba szállítás vagy a hulladék égetőműben történő átvétele során, illetve a konténerekben. Kockázatot jelenthetnek például az alábbiak:

- foszfid tartalmú hulladékok
- izocianát tartalmú hulladékok
- alkálifém tartalmú hulladékok (illetve egyéb reaktív fémeket tartalmazó hulladékok)
- cianidot és savakat tartalmazó hulladékok
- az égetés során savas kémhatású gázokat képző hulladékok
- higanytartalmú hulladékok

A beérkező hulladék rendszerint speciális ellenőrzésen megy keresztül az átvétel során, melynek alapjául a hulladék termelője által előzőleg benyújtott nyilatkozat szolgál. Miután elvégezték a nyilatkozat adatainak összevetését a hulladék vizuális és laboratóriumi vizsgálatának eredményeivel, a hulladékot vagy átvesszik, és a megfelelő tároló területre irányítják, vagy, jelentős eltérések esetén, a hulladék átvételét megtagadják.

2.2.2.3. Tárolás

A tárolás általános alapelveit A tárolásból származó kibocsátások BREF tartalmazza. Jelen fejezet ugyanakkor bemutat néhány olyan vonatkozást, amely tipikusan a veszélyes hulladék-kezelő iparhoz kapcsolódik.

A hulladékok tárolása általában az egyéb tárolási szempontok mellett a hulladékok ismeretlen összetételének és jellemzőinek figyelembe vételét is megköveteli, mivel ezek járulékos kockázat és bizonytalanságok forrásai lehetnek. Sok esetben ez a bizonytalanság azzal jár, hogy a hulladékokhoz a jól jellemezhető nyersanyagok esetében használatosaknál speciálisabb tárolási rendszereket alkalmaznak.

Bevett gyakorlat annak biztosítása, hogy a veszélyes hulladékokat, amennyire lehetséges, ugyanazokban a konténerekben (hordókban) tárolják, mint amelyeket a szállítás során használtak, ezáltal csökkentve a járulékos kezelési és áthelyezési igényt. A hulladék termelője és a hulladék kezelője közti jó kapcsolat révén biztosítható, hogy a hulladékokat úgy tárolják, szállítsák stb. hogy a folyamatláncban fellépő kockázatok megfelelően kezelhetőek legyenek. Fontos szempont, hogy csak jól jellemezhető és kompatibilis hulladékok tárolhatók tartályokban vagy bunkerekben.

A veszélyes hulladék égetésénél bizonyos anyagok esetében a tárolás körülményeinek meg kell felelniük a COMAH/(Seveso II) követelményeinek, illetve A tárolásból származó kibocsátások BREF-ben leírt BAT-nak. Bizonyos körülmények indokolhatják a MAH (major accident and hazard – súlyos baleset és kockázat) megelőző/helyreállító intézkedések elsőbbségét.

A hulladék megfelelő értékelése a tárolási és rakodási módszerek megválasztásának kulcsfontosságú eleme. Ennek során figyelembe kell venni a következőket:

- a legtöbb veszélyes hulladékégető rendelkezik bunkerrel (500-2 000 m³) a **szilárd veszélyes hulladék** tárolásához, a bunkerből a hulladékot darukkal vagy adagoló garaton keresztül juttatják be a létesítménybe
- a **folyékony veszélyes hulladékot és az iszapokat** általában tartályparkokban tárolják. Egyes tartályokban a tárolás inert gáz (pl. N₂) alatt zajlik. A folyékony hulladékot csővezetéken át szivattyúzzák az égetőműbe, ezen belül pedig a forgódobos kemencébe és/vagy az utóégető kamrába. Az iszapok speciális iszapszivattyúval juttathatók a forgódobos kemencébe.
- egyes hulladékégetőkben lehetséges bizonyos anyagok, például toxikus, bűzös, reaktív és korrozív folyadékok égető térbe adagolása **közvetlen befecskendezéssel**, ahol a folyékony hulladék a szállító konténerből egyenesen a kemencébe vagy az utóégető kamrába kerül.
- az Európában üzemelő kereskedelmi hulladékégetőknek csaknem 50%-a rendelkezik szállítószalagokkal és liftekkel, amelyek segítségével a **hordók** és/vagy kisebb csomagok (pl. laboratóriumi csomagok) közvetlenül a forgódobos kemencébe juttathatók. A beadagolás ezekben az esetekben légszilipeken keresztül vagy inert gáz felhasználása mellett zajlik.

2.2.2.3.1. Szilárd veszélyes hulladék tárolása

A szilárd és a nem szivattyúzható, pasztás veszélyes hulladék, melyet nem gáztalanítottak és nem bocsát ki szagokat, ideiglenesen bunkerekben tárolható. A bunkerben belül a tárolás és a

keverés helyszínei elválaszthatók egymástól, ezt több szelvény kialakításával lehet elérni. A daruk mind a szilárd, mind a pasztás hulladék beadagolását elvégzik. A bunker tervezése során figyelmet kell fordítani a talajba történő kibocsátások megelőzésére.

Amennyiben egészségügyi és biztonsági tényezők ezt másképp nem indokolják (pl. tűz- és robbanásveszély), a bunkernek és a konténer tárolónak zártnak kell lennie. A bunker levegőjét rendszerint elszívják és égéslevegőként hasznosítják. Tűzvédelmi okokból a monitorok, pl. hőérzékelő kamerák használata is elterjedt, a személyzet (irányítóterem, darukezelők) által biztosított állandó megfigyelés mellett.

2.2.2.3.2. Szivattyúzható veszélyes hulladékok tárolása

Nagyobb mennyiségű folyékony, illetve szivattyúzható pasztás veszélyes hulladék tárolását tartályokban oldják meg, melyeknek megfelelő számban és méretben kell rendelkezésre állniuk, hogy a reaktív folyadékok elkülönített tárolását biztosítani lehessen (robbanásveszély, polimerizációs veszély).

A tartályok, csővezetékek, szelepek és tömítések kialakítása során a tervezést, anyagválasztást és kivitelezést a tárolni kívánt hulladék jellemzőinek megfelelően kell elvégezni, ezenkívül biztosítani kell a felsorolt berendezések hatékony korrózióvédelmét, illetve a tisztítás és mintavétel lehetőségét. Lapos fenekű tárolómedencéket általában csak nagyobb tételek esetében alkalmaznak.

Esetenként szükségessé válhat a tartály tartalmának mechanikus vagy hidraulikus keverőkkel végzett homogenizálása. A hulladék jellemzőitől függően a tartályok csak közvetett úton melegíthetők, és szigetelésüket biztosítani kell. A tartályokat olyan kármentőben kell elhelyezni, melyeket a tárolt anyagnak megfelelően terveztek, és amely szivárgás esetén a folyékony hulladék teljes mennyiségét képes befogadni.

2.2.2.3. Konténerek és folyadékszállító tartályok tárolása

Biztonsági okokból a veszélyes hulladékokat leggyakrabban speciális konténerekben gyűjtik, melyeket a hulladék begyűjtése után a hulladékégetőbe szállítanak. Az ömlesztett folyadékokat is így szállítják.

A beszállított konténereket ezek után vagy tárolják, vagy tartalmukat más tároló egységbe ürítik. Egyes esetekben, a kockázatértékelés eredményeinek megfelelően, a hulladékot egy külön csővezetéken keresztül közvetlenül a tüztérbe fecskendezhetik. Csak magasabb hőmérsékleteken folyékony halmazállapotú hulladékok esetében fűthető csővezetékek alkalmazhatók a hulladék továbbítására.

A konténereket és tartályokat magában foglaló tárolási terület általában az épületeken kívül helyezkedik el, fedett vagy fedetlen területen. A tárolási területekről elszívargó vizet a szennyezés kockázata miatt rendszeresen ellenőrzik.

2.2.2.4. Beadagolás és előkezelés

Egyes veszélyes hulladékok inhomogén kémiai és fizikai tulajdonságai miatt az égetési folyamat során nehézségek jelentkezhetnek. Emiatt gyakori a hulladék bizonyos mértékű keverése vagy a speciális előkezelések alkalmazása a homogénebb tételek biztosítása érdekében.

Minden létesítménynek ki kell dolgoznia a hulladék átvételének feltételrendszerét. Ebben meghatározzák a hulladék legfontosabb kémiai tulajdonságaira és égetési paramétereire vonatkozó megengedhető koncentráció-tartományokat, a folyamatok előre jelezhető működtetésének biztosítása, illetve a működési kapacitás túllépésének elkerülése érdekében, ezáltal biztosítva a működési és környezetvédelmi (pl. engedélyezési) feltételeknek való megfelelést.

A koncentráció-tartományok kidolgozása során az alábbi tényezők figyelembe vétele szükséges:

- az egyes szennyező anyagokra vonatkozó füstgáz-tisztítási technológiai kapacitás (pl. füstgázmosó térfogatárama stb.)
- egy meghatározott füstgáztisztítási technika megléte vagy hiánya
- megkövetelt kibocsátási határértékek
- kemence hőteljesítmény értéke
- a hulladékadagoló rendszer kialakítása és a beérkezett hulladék fizikai alkalmassága az adagolásra

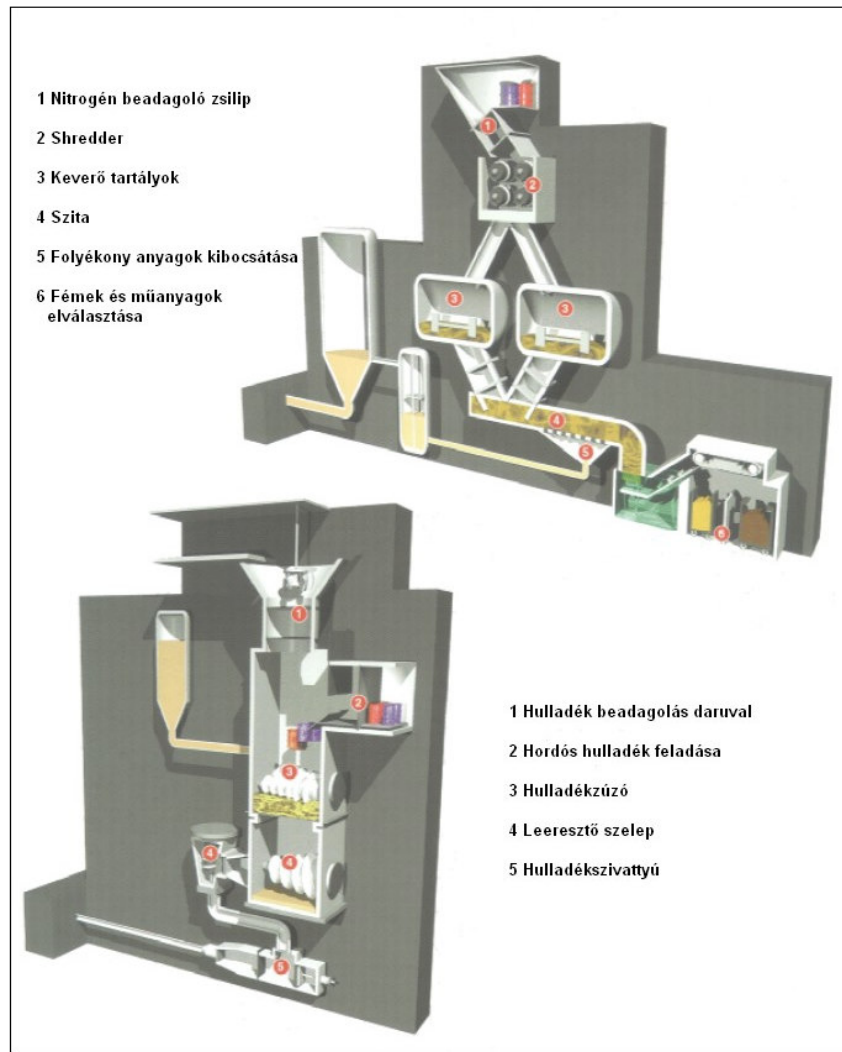
Egyes égetőművek a hulladék előkezelésére speciálisan erre a célra kialakított és integrált előkezelő berendezésekkel rendelkeznek. Ezek közé tartoznak:

- hulladékaprító nagydarabos hulladék (pl. szennyezett csomagolóanyagok) aprítására
- kizárólag hordók aprítására kijelölt hulladékaprítók. (A berendezéstől függően szilárd és/vagy folyékony hulladékot tartalmazó hordók aprítására alkalmasak. A felaprított anyag a bunkerbe és/vagy tartályokba kerül, és onnan adagolják be a kemencébe.)
- mechanikus keverő eszközzel kombinált hulladékaprító. (Alkalmazása során homogenizált frakció jön létre, mely iszapszivattyúval közvetlenül a kemencébe szivattyúzható. Egyes hulladékaprítók hordók aprítására éppúgy alkalmasak, mint a szilárd hulladék csomagolt egységeinek darabolására, egy tonnás méretig.)

A hulladék összetételétől és a hulladékégető egyedi jellemzőitől függően, valamint a bármilyen termelt hulladék esetében használatos egyéb kezelési módszerek elérhetőségének függvényében más előkezelések is elvégezhetők, például:

- neutralizálás (hulladék fogadásánál a pH 4 és 12 közé eső értékei normálisnak számítanak)
- iszapsűrítés
- iszapszilárdítás kötőanyagokkal

Az alábbi ábra néhány veszélyes hulladék előkezelési rendszert mutat be, melyeket a veszélyes hulladék kereskedelmi hulladékégetőkben történő égetése során alkalmaznak:



2.2.1 ábra: Példa a veszélyes hulladék kereskedelmi hulladékégetőkben történő égetése során alkalmazott előkezelési rendszerekre

2.2.3. Szennyvíziszap

2.2.3.1. A szennyvíziszap összetétele

A szennyvíziszap összetétele számos tényező függvénye, például

- rendszerkapcsolatok, pl. a szennyvíziszapba kerülő ipari hulladék megnövelheti a nehézfém-tartalmat
- az szennyvízkezelés során elvégzett műveletek, pl. csak mechanikai szűrés, anaerob iszaprothasztás, aerob iszaprothasztás, vegyianyagok hozzáadása
- időjárás/évszak, pl. az esővíz felhígíthatja a szennyvíziszapot

A szennyvíziszapok égetése során különösen fontos az alábbi tényezők figyelembe vétele: szárazanyag-tartalom (jellemzően 10% és 45% közt mozog, és jelentős kihatása van az égetési folyamatra)

- történt-e rothasztás
- mész, mészkő és egyéb kondicionáló anyagok jelenléte a szennyvíziszapban

- az iszap összetétele aszerint, hogy primer iszapról, szekunder iszapról vagy bioiszapról van szó
- bűzproblémák, különösen a tárolóba történő ürítés során

2.2.3.2. A szennyvíziszap előkezelése

2.2.3.2.1. Mechanikus víztelenítés

Az égetés előtt elvégzett mechanikai víztelenítés a víztartalom csökkentésén keresztül csökkenti az iszapkeverék mennyiségét. A folyamat eredményeként az iszap fűtőértéke megnő, mely önálló és gazdaságos égetést tesz lehetővé. A mechanikai víztelenítés sikere a szárító berendezés megválasztásán, a kondicionáláson és a szennyvíziszap típusán és összetételén múlik.

A dekanterben, centrifugában, szalagszűrőprésben vagy kamrás szűrőprésben elvégzett mechanikai víztelenítés során a szennyvíziszap szárazanyag-tartalma 10-45% értékre növelhető.

A szennyvíziszapot a mechanikai víztelenítés előtt a víztelenítés hatásfokának növelése érdekében gyakran kondicionálják. Ezt flokkulálószerrel hozzáadásával végzik, melyek koagulánsokat tartalmaznak. Fontos különbséget tenni a szerves koagulánsok (vas és alumínium sók, mész, szén stb.) és a szerves koagulánsok (szerves polimerek) között. A szerves anyagok nemcsak koagulánsként működnek, hanem jelentősen fokozzák a szerves anyag tartalmát is, ezáltal növelve a víztelenített iszap égetés után visszamaradó frakcióját (hamu). Emiatt leggyakrabban szerves flokkulálószereket alkalmaznak a szennyvíziszapok kezelése során.

2.2.3.2.2. Szárítás

A mechanikai víztelenítés után a szennyvíziszapot víztartalma gyakran még mindig alkalmatlanná teszi az autotermikus égetésre. Ebben az esetben az égetőkemencébe adagolás előtt az iszapot a további víztelenítés érdekében az erre a célra szolgáló berendezésben termikus szárításnak lehet alávetni. A termikus szárítás során a szennyvíziszap térfogata tovább csökken, fűtőértéke pedig tovább nő.

A szennyvíziszap szárítása/víztelenítése különálló vagy kapcsolódó szárító berendezésekben történhet. Szárításra alkalmazható berendezések:

- tárcsás szárítók
- dobszáritók
- fluidágyas szárítók
- szalagprésses szárítók
- vékonyréteges szárítók/tárcsás szárítók
- centrifugák
- szolár szárítók
- az egyes típusok kombinációja

A szárítási folyamatok alapvetően két csoportba sorolhatóak:

- részleges szárítás, körülbelül 60-80% szárazanyag tartalomig

- teljes szárítás, körülbelül 80-90% szárazanyag tartalomig

Az erre a célra kialakított szárító berendezésben végzett szárítás alternatívája lehet a szennyvíziszap in-situ, azaz helyben történő szárítása, amikor az iszapot magas fűtőértékű hulladékkal együtt égetik. Ebben az esetben a víztelenített iszap nedvességtartalma segíthet annak megakadályozásában, hogy a magas fűtőértékű hulladék önmagában való égetésekor tapasztalható kiugró hőmérsékleti értékek megjelenjenek.

A kizárólag szennyvíziszapot égető autotermikus hulladékégetőkben a nyers iszap 35% szárazanyagtartalomig végzett víztelenítése általában elegendő. Ez mechanikus víztelenítéssel is elérhető, termikus szárításra nincs mindig szükség.

Hogy milyen értéket tekintünk a szennyvíziszap autotermikus égetéshez megfelelő szárazanyag tartalmának adott égetőműben, az az iszap összetételétől függ (szárazanyag energiataralma, amely nagyrészt a szerves anyag tartalom függvénye). Ezt befolyásolják az iszap tulajdonságai is, de az elvégzett előkezeléstől is függ (pl. iszaprohasztás illetve szerves vagy szervesetlen iszap-kondicionálószer használata).

Amennyiben a szennyvíziszapot a kommunális hulladékégetőben egyéb hulladékaromokkal kívánják együttégetni (ahol a keverés után a szárított —vagyis 20-30% szárazanyag-tartalmú— szennyvíziszap tömegének a kommunális hulladék jellemzően legfeljebb 10%-át teszi ki) az iszap további szárítása válhat szükségessé.

A szárításhoz szükséges hő rendszerint a hulladékégetésből nyerik. Egyes szárítási eljárásokban a szárítandó szennyvíziszap közvetlen kapcsolatba kerül a hőközlő felülettel, pl. a *konvekciós vagy direkt szárítás* során (pl. szalagszáritó, emeletes szárító, fluidágyas szárító). A szárítási folyamat során pára keletkezik, amely gőzt, levegőt és az iszaptól felszabaduló gázok keveréke. A direkt szárítás során forró gázok szabadulnak fel. A pára és a gáz keverékét tisztítani kell. A szárítás során keletkező gázt általában a kemencébe juttatják. A direkt szárítókat indirekt rendszerekben felhasználhatják, a keletkező pára recirkulációjával. A rendszer előnyei nyilvánvalóak, ezért gyakran alkalmazzák (de szennyvíziszap égetéssel kombinálva csak ritkán vagy egyáltalán nem).

Az indirekt szárítási rendszerekben (pl. csigás, tárcsás és vékonyréteges szárító) a hő gőzgenerátor vagy termo-olaj berendezés révén közlik és a fűtőközeg nem kerül közvetlen kapcsolatba az iszappal. A hőcsere a fal és az iszap között történik.

A direkt szárítóban az iszapot általában 35-40% szárazanyag tartalom eléréséig lehet szárítani. A szárítás során elpárolgó víz csak a szivárgó levegővel és kis mennyiségű illékony gázzal szennyezett. A párából a gőz kondenzálással szinte teljes mennyisége kinyerhető, a megmaradó inert gázok szagtalanítását pedig a kazánban végzik. A kondenzátum kezelése a benne lévő NH_4OH , TOC stb. miatt nehézségeket okozhat.

2.2.3.2.3. Iszaprohasztás

Az iszaprohasztás csökkenti a szennyvíziszap szerves anyag tartalmát és biogázt termel (legalábbis anaerob rohasztás esetében). A rohasztott iszap víztelenítése általában könnyebb, mint a kezeletlen iszapé, így a mechanikus víztelenítés során valamivel nagyobb szárazanyag tartalom elérését teszi lehetővé.

2.2.4. Kórházi hulladékok

2.2.4.1. A kórházi hulladékok jellemzői és összetétele

A kórházi hulladékokkal való munka a speciális kockázatok menedzselése (pl. fertőző szennyeződések, tűk stb.), az esztétikai normák (pl. műtéti hulladék stb.) és az égetési viselkedés (igen változatos fűtőérték és nedvességtartalom) miatt kiemelt figyelmet követel.

A jellegzetes kórházi hulladék gyakran tartalmaz nagyon magas nettó fűtőértékű hulladékokat (műanyagok stb.), de nagy víztartalmú maradványokat is (pl. vér stb.). Emiatt a kórházi hulladék a teljes kiégetéshez rendszerint hosszú égetési időt igényel, az égési maradékok pedig jó minőségűek.

A veszélyes hulladékokhoz hasonlóan a kórházi hulladék összetétele is nagyon változatos lehet. A kórházi hulladék (változó arányokban) tartalmazhat:

- fertőző anyagokat
- szennyezett ruhákat/törlőkendőket és tamponokat
- gyógyszerhulladékokat
- éles/hegyes tárgyakat, pl. injekciós tűk
- állatorvosi hulladékokat
- testrészeket
- használt orvosi felszerelést
- csomagolóanyagokat
- laboratóriumi hulladékokat
- radioaktívan szennyezett anyagokat

Egyes esetekben különbséget tesznek a patológiai (potenciálisan fertőző) és a nem patológiai hulladék égetési útja közt. A patológiai hulladékok kezelése helyenként az erre kijelölt hulladékégetőkre korlátozódik, míg a nem patológiai hulladékokat bizonyos esetekben egyéb hulladékokkal együtt nem speciális égetőművekben, pl. TSZH égetőkben is elégethetik.

2.2.4.2. Kórházi hulladékok mozgatása, előkezelése és tárolása

A kórházi hulladékok kezelésével kapcsolatos kockázatok a hulladékkal való kapcsolatba kerülés korlátozásával és a megfelelő tárolás biztosításával általában mérsékelhetőek. A megfelelő tárolás például az alábbi módokon biztosítható:

- erre a célra kijelölt konténerek és mosási/fertőtlenítési lehetőségek biztosításával
- nagyméretű, zárt, éghető konténerek használatával sérüléseket okozó és biológiai kockázatot képviselő anyagok esetében
- automata beadagoló rendszerek használatával, pl. erre a célra kijelölt liftek a tartályok emeléséhez
- tároló és rakodó területek elválasztásával (főleg azokon a helyeken, ahol a kórházi hulladékot egyéb hulladékokkal égetik együtt)
- hűtve vagy fagyasztva tárolásával, amennyiben szükséges

Az előkezelés módszerei:

- gőzös fertőtlenítés, pl. autoklávozás magas hőmérsékleti és nyomásviszonyok közt
- forralás

A kórházi hulladék az összes felsorolt eljárással megfelelően fertőtleníthető ahhoz, hogy a továbbiakban a kommunális hulladékhoz hasonlóan lehessen kezelni. A tárolási- és munkaterületeket rendszerint úgy alakítják ki, hogy megfeleljenek a fertőtlenítés céljainak.

A visszatérő konténerek tisztítására általában a célnak megfelelő tisztító és fertőtlenítő berendezéseket állítanak be. A fertőtlenítésből származó szilárd hulladékokat ártalmatlanításra összegyűjtik. A fertőtlenítés során keletkező szennyvizet összegyűjtik, és visszaforgatják a hulladékégetési folyamatba (pl. füstgáztisztítóban vagy a beadagolt hulladékban) vagy kezelés után kiengedik.

Előkezelést a hulladék homogenitásának javítása céljából is végezhetnek, pl. aprítást vagy macerációt, bár a biztonsági vonatkozások egyes kórházi hulladékok esetében gondos körültekintést követelnek meg.

A kórházi hulladék veszélyes hulladék-égetőkben és egyéb égetőművekben, más hulladékokkal együtt is égethető. Amennyiben az égetést nem azonnal végzik el, a hulladék átmeneti tárolást igényel. Egyes esetekben, amikor a kórházi hulladékot 48 órán túl kell tárolni, a hulladékot hűtött tárolókban tárolják, korlátozott maximális hőmérsékleti értékek mellett (pl. +10°C).

2.3. A TERMIKUS KEZELÉS FÁZISA

A különféle hulladéktípusok esetében különféle égetési eljárások alkalmazhatóak, de nem minden égetési eljárás alkalmas minden hulladéktípus termikus kezelésére. Jelen fejezet, illetve a 2.3.1 táblázat áttekintést ad a leggyakrabban alkalmazott technológiák fogalmáról és alkalmazásairól, különös tekintettel a következőkre:

- rostélytüzelésű hulladékégetők
- forgódobos kemencék
- fluidágyas kemencék
- pirolízis és gázosító rendszerek

A táblázat és a fejezet bizonyos speciálisabb technológiákat is érint.

A **települési szilárd hulladék** számos tüzelési rendszerben égethető, pl. különböző mozgó rostélyszerkezeten, forgódobban és fluidágyban. A fluidágyas technológia a kommunális hulladék égetésére csak bizonyos mérettartományon belül alkalmazható, ezért ebben az esetben bizonyos mértékű előkezelés, és/vagy a hulladék szelektív gyűjtése válhat szükségessé.

A **szennyvíziszap** égethető forgódobos kemencékben, többtüzterű kemencékben vagy fluidágyas égetőben. Rostélytüzelésű kemencében, szénttüzelésű erőművekben és ipari folyamatokban az együttégetést is alkalmazzák. A szennyvíziszap gyakran tartalmaz nagyobb mennyiségű vizet, ezért a stabil és hatékony égetéshez általában szárítást, vagy kiegészítő tüzelőanyagok hozzáadását igényli.

A **veszélyes és kórházi hulladék** égetéséhez leggyakrabban forgódobos kemencét alkalmaznak, de szilárd hulladékoknál rostélytüzelésű megoldásokra (ideértve az egyéb hulladékokkal történő együttégetést) is van példa, az előkezelt anyagok pedig fluidágyas kemencékben is elégethetők. A vegyi üzemek saját, helyben üzemelő hulladékégetőiben széles körben használatosak a statikus kemencék is.

Más eljárásokat úgy fejlesztettek ki, hogy az égetőben zajló folyamatok lépéseit —szárítás, kigázosodás, pirolízis, karbonizáció (karbon égés) és oxidáció— elválasztották egymástól. A gázosítás gázosító anyagokat alkalmaz, ilyenek lehetnek például a gőz, a levegő, de szén-oxidokat és oxigént is használhatnak erre a célra. Az eljárás célja a füstgáz mennyiségének, illetve ehhez kapcsolódóan a füstgáztisztítás költségeinek csökkentése. Bizonyos fejlesztések kereskedelmi, ipari méretekben történő alkalmazása olyan jellegű technikai és gazdasági problémákat vetett fel, hogy alkalmazásukat abba kellett hagyni. Egyes gázosítási technológiákat kereskedelmi méretekben is használnak (pl. Japánban), másokat demonstrációs hulladékégetőkben tesztelnek Európa szerte, de a módszer az égetéshez viszonyítva egyelőre csak kis részét teszi ki a hulladékkezelés teljes kapacitásának.

Technika	Kezeletlen kommunális hulladék	Előkezelt TSZH és hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag	Veszélyes hulladék	Szennyvíziszap	Kórházi hulladék
Rostélytüzelésű – reciprokáló rostély	Széles körben alkalmazzák	Széles körben alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Rostélytüzelésű - vándorrostély	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Rostélytüzelésű - lengőrostély	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Rostélytüzelésű - hengerrostély	Alkalmazzák	széles körben alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Rostélytüzelésű – vízhűtésű rostély	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Rostélytüzelés forgódobos kemencével	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Forgódobos kemence	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák	Széles körben alkalmazzák	Alkalmazzák	Széles körben alkalmazzák
Forgódobos kemence – vízhűtéses	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Alkalmazzák
Statikus tüzelőágy	Általában nem alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Széles körben alkalmazzák
Statikus égetőkamra	Általában nem alkalmazzák		Széles körben alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák
Fluidágyas – buborékos fluidágy	Ritkán alkalmazzák	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák
Fluidágyas – cirkulációs fluidágy	Ritkán alkalmazzák	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Széles körben alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák
Fluidágyas – forgó fluidágy	Alkalmazzák	Alkalmazzák	Általában nem alkalmazzák	Alkalmazzák	Alkalmazzák
Pirolízis	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák
Gázosítás	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák	Ritkán alkalmazzák

Megjegyzés: A táblázat adatai a bemutatott technikákról az adott hulladéktípus kizárólagos égetésére kijelölt hulladékégetőkre vonatkoznak. Emiatt a táblázat nem tartalmaz adatokat olyan égetőművekre, ahol többféle hulladékot égetnek.

2.3.1 táblázat: A jelenleg sikerrel alkalmazott termikus kezelési technikák, a legfontosabb hulladéktípusok szerint, adott hulladéktípus kizárólagos égetésére kijelölt hulladékégetőkre vonatkoztatva

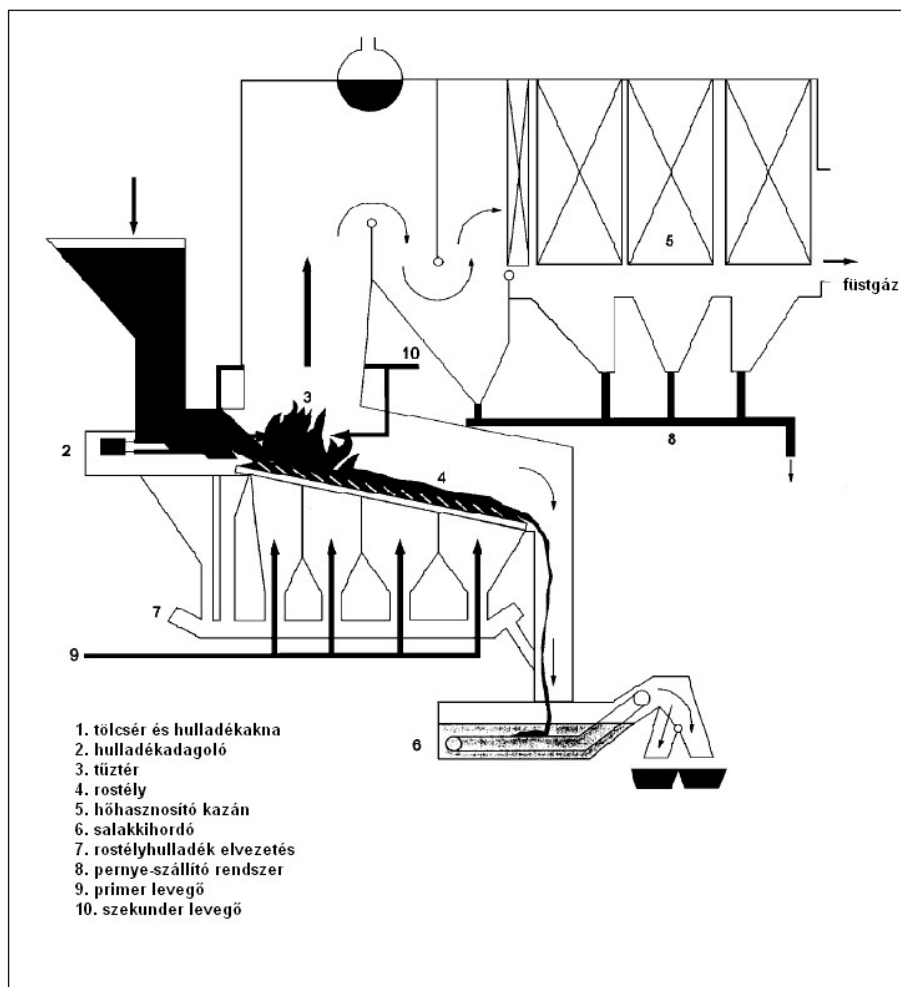
2.3.1. Rostélytüzelésű hulladékégetők

A rostélytüzelést széles körben alkalmazzák a kevert kommunális hulladék égetésére. Európában a TSZH-t kezelő hulladékégetők 90%-a rostélytüzelést alkalmaz. A rostélytüzelésű égetőművekben rendszeresen kezelt egyéb hulladékok (gyakran a TSZH-hoz adva) az alábbiak: kereskedelmi és ipari nem-veszélyes hulladékok, szennyvíziszapok és bizonyos kórházi hulladékok.

A rostélytüzelésű rendszerek alapvető részei:

- hulladékadagoló
- égetőrostély
- salakkihordó
- égéslevegő csatornarendszer
- tűztér
- támasztó égők

A 2.3.1 ábra hőhasznosító kazánnal kombinált rostélytüzelésű égetőberendezést mutat be.



2.3.1 ábra: Rostélytüzelés, kemencekialakítás és hőhasznosítás fázisai kommunális hulladékégető szerkezeti vázlatán keresztül bemutatva

2.3.1.1. A hulladék beadagolása

A hulladékot a tároló bunkerből híddaruval a tölcseren keresztül adagolják be a garatba, majd hidraulikus betoló szerkezettel vagy egyéb megoldás segítségével adagolják a rostélyra. A rostély a hulladékot állandó bolygatás mellett keresztülszállítja a tüztér különböző zónáin.

A híddaru a hulladékot különálló adagokban juttatja a garatba. Az adagoló garat folyamatosan adagolja a hulladékot. Mivel az adagoló garat felülete jelentős igénybevételnek van kitéve, magas kopásállóságú anyagokból készítik (pl. kazánlemez vagy kopásálló öntöttvas). A garat anyagának sértetlenül át kell vészelnie az esetenkénti tüzeket.

A hulladékadagoló garatba a hulladékot esetenként szállítószalag juttatja el. Ilyenkor a híddaru a hulladékot egy garatba továbbítja, amely közvetlenül a szállítószalagra üríti azt.

Ha a beérkező hulladék nem részesült előkezelésben, mind méretét, mind jellegét tekintve rendszerint igen heterogén. A hulladékadagoló garat méretét ennél fogva úgy határozzák meg, hogy a nagydarabos hulladék is áthulljon rajta, és megakadályozható legyen az egyes darabok fennakadása, vagy torlaszok kialakulása a garatban. A garat eltorlaszolódását meg kell akadályozni, mert akadályozott anyagáramlás esetén a hulladék egyenetlenül jut a kemencébe és a levegő bejutása szabályozhatatlanná válik.

A garat falainak a hővédelmét az alábbi megoldásokkal biztosíthatjuk:

- vízhűtésű duplafalú konstrukció
- membránfal
- vízhűtésű zárócsappantyúk
- tűzálló téglabélés

Ha a garat üres, zárócsappantyúk alkalmazhatók a visszaégés, illetve a levegő kemencébe való ellenőrizetlen beáramlásának megakadályozására. A kemence egyenletes működésének biztosítása érdekében a garatba ajánlatos egyenletes mennyiségekben bejuttatni a hulladékot.

Az adagoló garat alsó vége és a kemence találkozásánál adagoló mechanizmus található. Az adagoló mechanikusan vagy hidraulikusan működtethető, a beadagolt hulladék mennyisége pedig rendszerint szabályozható. A változatos kialakítású hulladékadagoló rendszerekhez különböző konstrukciós módszereket fejlesztettek ki, mint például:

- láncrostély/lemeztálcás adagoló
- adagolórostély
- változatos kialakítású lejtős surrantók
- dugattyús adagolóberendezés
- hidraulikus betolók
- csigás adagoló

2.3.1.2. A tüzelőrostély

A tüzelőrostély feladatai:

az elégetendő anyag keresztülszállítása a kemencén

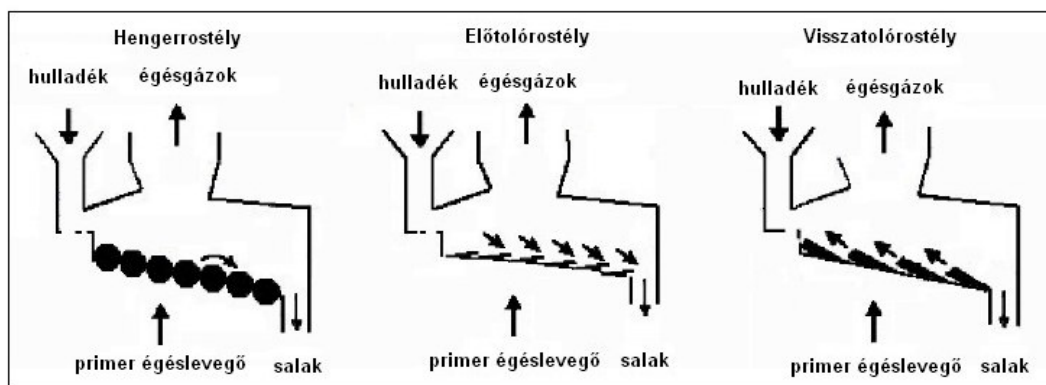
- az elégetendő anyag átforgatása és lazítása
- a fő égési zóna meghatározása a tüztérben, esetenként a kazánteljesítményt meghatározó tényezők szabályozásával együtt.

Az égetőrostély célja az égéslevegő égetési követelményeknek megfelelő, kedvező elosztása a kemencében. A primer levegő-ventilátor az égéslevegőt a rostélyon lévő kisméretű nyílásokon keresztül vezeti be a tüzelőanyagágyba (alsó szél). A teljes elégetéshez általában a tüzelőanyagágy felett is vezetnek be levegőt.

A finom szemcsés anyagok esetében gyakori, hogy ezek áthullanak a rostélyon (ez az ún. rostélyáthullás). Ez az anyag a salakkihordóban gyűlik össze. Egyes esetekben a rostélyáthullást külön gyűjtik, és újbóli égetésre visszatáplálják a kemencébe vagy ártalmatlanítás céljából eltávolítják. Mikor a rostélyáthullást visszaadagolják a garatba, figyelmet kell fordítani arra, hogy a garatban lévő hulladék ne foghasson tüzet.

A hulladék általában 60 percnél többet nem tölt el a rostélyon.

Általánosságban megkülönböztetjük a folyamatos (forgórostély és láncrostély) illetve nem folyamatos (tolórostély) hulladékadagoláson alapuló rendszereket. Néhány rostélytípust a 2.3.2 ábra mutat be:



2.3.2 ábra: Példák különböző rostélytípusokra

Az egyes rostélyrendszerek közt annak alapján tehetünk különbséget, hogy a hulladék hogyan halad át a tüztér különböző zónáin. Ugyanakkor minden rostélytípusnak meg kell felelnie a primer levegő bejuttatás, szállítási sebesség valamint a hulladék keverése által támasztott követelményeknek. A rostélyhoz ezenkívül tartozhatnak további szabályozási lehetőségek, illetve olyan, robusztusabb kialakításuk is lehetséges, amely jobban ellenáll a tüztérben uralkodó szélsőséges körülményeknek.

2.3.1.2.1. Lengőrostélyok

A rostélyelemek a kemence szélkében (a tüzelőanyag beadagolására merőlegesen) helyezkednek el. A váltakozó sorokat felfelé és előre irányuló mozgást létrehozva mechanikusan forgatják vagy rázzák, így biztosítva a hulladék előrejutását és keveredését.

2.3.1.2.2. Reciprokáló rostélyok

Több modern (települési hulladékokat kezelő) hulladékégető használ reciprokáló rostélyt. A kiégetés minősége ezekben a rendszerekben általában jó.

A reciprokáló rostély esetében a rostélypálcák szintén a kemence szélkében helyezkednek el, de egymás fölött. Egyes rostélypálcasorok előre-hátra mozognak, miközben az utánuk

következő sorok mozdulatlanok. A hulladék az álló pálcákról lehullik, a rostélyon való előrejutás pedig biztosítja a bolygatását és a lazítását. Ennek a rostélytípusnak számos változata ismert, egyesekben az álló és mozgó részek váltakozva helyezkednek el, másokban minden álló részhez több mozgó rész kombinációja tartozik. Az utóbbi esetben a mozgó rostélypálcák vagy egyszerre mozognak, vagy meghatározott cikluson belül mindegyik más időben.

A reciprokáló rostélyoknak alapvetően kétféle kialakítása létezik:

1. Visszatolórostély

A rostély pálcasorok a hulladék áramlási irányával ellentétesen oda-vissza mozognak. A rostély a beadagolás helyétől a salakkihordó felé lejt, és álló valamint mozgó sorokból áll.

2. Előtoló rostély

A rostély pálcasorai nagyszámú lépcsőt formálnak, melyek vízszintesen oda-vissza mozgást végeznek és a hulladékot a salakkihordó felé mozgatják.

2.3.1.2.3. Vándorrostélyok

A vándorrostély a kemence hosszában fut végig, lényegében egy végtelenített fémheveder, vagy egymáshoz lépcsősen kapcsolódó végtelenített hevederek sorozata. Modern hulladékégetőkben ritkán használatos megoldás, mivel a hulladék bolygatása a vándorrostélyon csak akkor biztosított, mikor egyik hevederről a másikra hullik.

2.3.1.2.4. Hengerrostélyok

A hengerrostély egy rostélypálcákból összeállított henger, amely keresztezi a rostélyzónát. A kemencében több ilyen hengert helyeznek el egymás után, a keverést az biztosítja, amikor a hulladék az egyes hengerekről lehullik.

2.3.1.2.5. Hűtött rostélyok

A legtöbb rostély hűtése biztosított, a hűtést rendszerint levegővel végzik. Egyes esetekben folyékony hűtőközeget is alkalmaznak (általában vizet) amelyet a rostély belsejében vezetnek át. A hűtőközeg a hűvösebb részekről az egyre forróbb részek felé áramlik, a hőleadás maximalizálása érdekében. A hűtőközeg által felvett hő felhasználható az égetési folyamatban, illetve energia biztosítására az üzemen kívüli felhasználók felé.

Vízhűtést leggyakrabban akkor alkalmaznak, mikor a hulladék fűtőértéke magas, a pl. >12-15 MJ/kg TSZH esetében. A vízhűtéses rendszerek kialakítása valamivel bonyolultabb, mint a léghűtéses rostélyoké.

A vízhűtés alkalmazása lehetővé teszi a rostély fém hőmérsékletének és a helyi égetési hőmérsékletnek a primer levegő ellátástól nagyobb mértékben függetlenített szabályozását (rendszerint a rostélypálcák közt). Ennek segítségével a hőmérséklet és a levegő- (oxigén) ellátás a rostélytüzelés specifikus követelményeinek megfelelően optimalizálható, lehetővé téve az égetési teljesítmény javítását. A rostély hőmérsékletének hatékonyabb szabályozhatósága révén a magasabb fűtőértékű hulladékok is elégethetők, az ilyen esetekben rendszeresen jelentkező működési és karbantartási problémák nélkül.

2.3.1.3. Salakkihordó

A salakkihordó szerepe a rostélyon felgyülemelő szilárd égetési maradékok eltávolítása, ezenkívül biztosítja a kemence légmentes zárását valamint lehűti és nedvesíti a salakot.

A salak eltávolításához általában vízzel töltött vályúban előre-hátra mozgó nagy nyomású hidraulikával működtetett dugattyúkat és kaparókat használnak. A salak eltávolításának gyakran használt egyéb eszközei például a szállítóhevederek, melyek elszállítják a rostélyhamut és a nagyobb méretű maradékokat.

A hűtővíz egy része távozik a salakkal, más része a ferde kitoló csúszdán visszacsurog a salakkitolóba. A salakkihordóban a megfelelő vízszint biztosításához rendszerint vízszinttartó vízbevezetést alkalmaznak. A felülről bevezetett víz pótolja a salakkal eltávolított vízből eredő, illetve a párolgás során keletkező veszteségeket. Ezenkívül szükségessé válhat valamilyen vízelvezető megoldás kialakítása is, a sóbetömnnyedés megakadályozására. A vízelvezető rendszerek segítségével csökkenthető az égetési maradék sótartalma, amennyiben az áramlási értékeket ennek megfelelően állítják be. A salakkihordó akna rendszerint tűzálló kivitelben készül, és úgy alakítják ki, hogy a salak ne tapadhaszon össze.



2.3.3 ábra: Példa a rostélytüzelésű hulladékégetőben használt salakkihordókra

2.3.1.4. Tűztér és hőhasznosító kazán

Az égetés a tűztérben található rostély felett zajlik (ld. 2.3.4 ábra). A tűztérben rendszerint megtalálható a rostély (a tűztér alján), a kemence hűtött és nem hűtött falazata és felül a kemence mennyezete vagy a kazánfelület fűtőrésze. Mivel a kommunális hulladék illékony anyag tartalma rendszerint magas, az illékony gázok gyorsan távoznak, és a voltaképpeni égésnek csak egy kis hányada zajlik a rostélyon vagy annak közelében.

A tűztér kialakítását az alábbi követelmények szabják meg:

- az égetőrostély alakja és mérete – a rostély mérete meghatározza a tűztér keresztmetszetét

Az egyirányú megoldások előnye, hogy ezek biztosítják a füstgáz számára a leghosszabb tartózkodási időt a tűztérben, illetve itt a füstgázoknak a tűztér legforróbb részén kell áthaladniuk. A begyulladás elősegítéséhez nagyon alacsony fűtőértékű hulladék esetében előmelegített primer levegőt kell a tűztérbe vezetni.

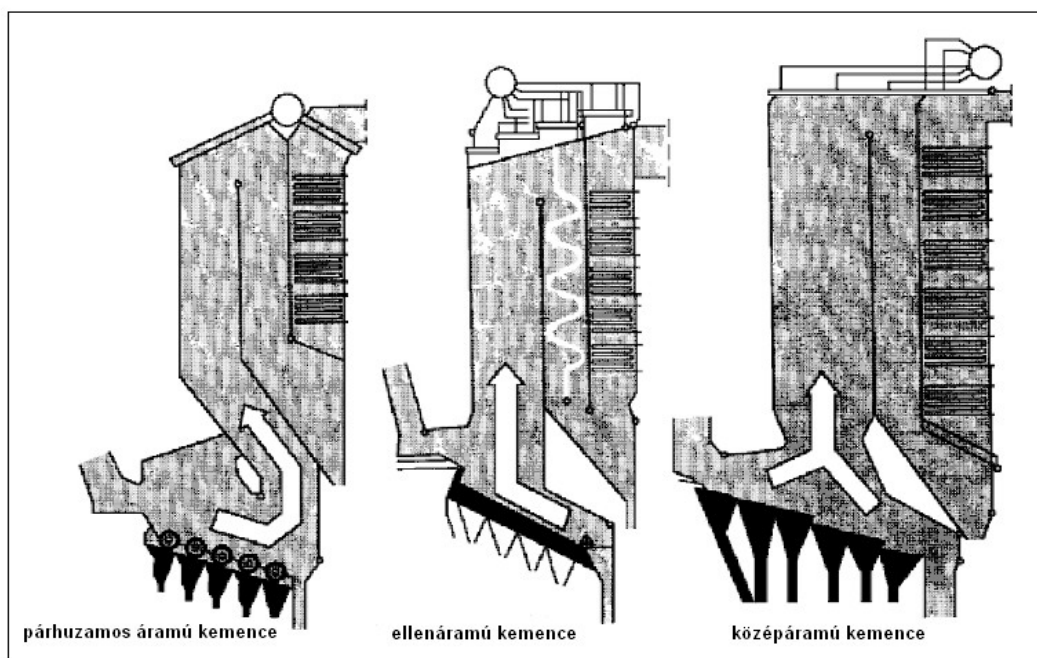
Visszáramú vagy ellenáramú kemencék

Az ellenáramú kemencékben a primer égéslevegő és a hulladék ellentétes irányban áramlik át a tűztérben, itt a füstgázt a rostély bemeneténél vezetik el. A forró füstgázok elősegítik a hulladék kiszáraitását és begyújtását.

Ennél a megoldásánál kiemelt figyelmet kell fordítani arra, hogy elégetetlen részgázáramok ne kerülhessenek ki a tűztérből. Az ellenáramú kemencék mindig nagyobb mennyiségű szekunder levegő bevezetését igénylik.

Közép-áramú kemencék

A TSZH összetétele jelentős változatosságot mutathat. A közép-áramú tűztér kialakítás olyan kompromisszumos megoldást jelent, ahol a hulladékok széles skálája elégethető. A részgázáramok megfelelő keverését a keveredést elősegítő falazat-kialakítással és/vagy szekunder levegő bevezetéssel kell biztosítani. Ezeknél a kemencéknél a füstgázt a rostély középső részénél vezetik el.



2.3.5 ábra: Tűztér kialakítások a hulladék és a füstgáz egymáshoz viszonyított áramlási iránya szerint

2.3.1.5. Az égéslevegő beadagolása

Az égéslevegő a következő célokat szolgálja:

- oxidáló közeg biztosítása
- hűtés
- salakképződés megelőzése a kemencében
- füstgáz keverése

A tüztérbe több helyen juttatják be a levegőt. Az így bejuttatott levegőt a befúvás helyétől függően primer illetve szekunder levegőnek nevezik, bár tercier égéslevegő használatára vagy a füstgáz visszavezetésére is vannak példák.

A primer levegőt általában a bunkerből szívják el és nyomják a kemencébe. Ez a bunkerben csökkenti a levegő nyomását, ezen kívül az elszívott levegő magával viszi a szagkibocsátások legnagyobb részét is. A primer levegőt ventilátorokkal fújják be a rostély alá, ahol a levegő eloszlása zónás levegőcsatornával és csappantyúkkal pontosan szabályozható.

A befújt levegő melegítése is lehetséges, ha a hulladék fűtőértéke annyira alacsony, hogy előszárításra van szükség. A primer levegőt a rostélyon keresztül, alulról fújják be a tüzelőanyagágyba. A primer levegő lehűti a rostélypálcákat, és oxigént szállít a tüzelőanyagágyba.

A szekunder levegő befúvása nagy sebességen történik, pl. befúvó lándzsákon vagy belső kiképzésű elemeken keresztül. A szekunder levegő biztosítja a tökéletes kiégetést, illetve a füstgázok intenzív keverését, valamint a kiégetetlen gáz-részáramok szabad átjutásának megakadályozását.

2.3.1.6. Póttüzelés (támasztó égők)

A kemence indítása rendszerint támasztó tüzelést igényel, hogy a tüztér elérje azt a meghatározott hőmérsékletet, amin a füstgázoknak át kell áramlaniuk. A támasztó tüzelésnek ez a legfontosabb funkciója. A támasztó tüzelést biztosító égők általában automatikusan bekapcsolnak, ha a kemencében a hőmérséklet működés közben a meghatározott érték alá esik. A kemence leállítása során az égőket addig használják, amíg a kemencében még van hulladék.

2.3.1.7. Égetési hőmérséklet, tartózkodási idő, minimális oxigéntartalom

Az égetési gázok tökéletes kiégetésével kapcsolatban az uniós irányelv (az Európai Parlament és a Tanács 2000/76/EK irányelve a hulladékok égetéséről) az alábbiak szerint rendelkezik:

„a folyamat során keletkező gáz hőmérséklete az égéslevegő utolsó befúvatását követően ellenőrzött és egyenletes módon, még a legkedvezőtlenebb körülmények között is legalább 2 mp időtartamig haladja meg a 850°C-t, amelyet a belső fal közelében vagy a tüztér valamelyik más, az illetékes hatóság által jóváhagyott reprezentatív pontján mérni. Amennyiben 1%-nál nagyobb, klórban kifejezett halogénezett szervesanyag-tartalmú veszélyes hulladék égetése folyik, a hőmérsékletnek legalább két másodpercen át 1 100°C-ra

kell emelkednie.” A szabályozás engedi a fentiekben meghatározott előírásoktól való eltérést, amennyiben az ilyen megoldás hasonló szintű környezetvédelmi teljesítményt nyújt.

A korábbi rendelkezések 6%-os minimális oxigéntartalmat írtak elő, de ezt az előírást a legújabb, hulladékok égetésére vonatkozó EU irányelv nem tartalmazza.

Ugyanakkor a működési tapasztalatok szerint bizonyos esetekben az alacsonyabb égetési hőmérséklet, rövidebb tartózkodási idő és alacsonyabb oxigén tartalom egyes helyzetekben képes megfelelő kiégetést biztosítani és javíthatja az általános környezeti teljesítményt. Az alacsony oxigéntartalom mindazonáltal jelentősen növeli a korrózió kockázatát, ezért kis mennyiségű oxigén jelenlétében végzett égetés mellett az anyagok speciális korrózióvédelmére van szükség.

A füstgáz szén-monoxid tartalma az égetés minőségének kulcsfontosságú indikátora.

2.3.1.8. Szennyvíziszap égetése települési szilárd hulladék égető üzemekben

A szennyvíziszapot néha más hulladékokkal együtt égetik rostélytüzelésű, települési hulladékot égető hulladékégetőkben (a fluidágyas és egyéb technológiákról ld. 2.3.3).

Amikor a szennyvíziszapot települési szilárd hulladékot égető üzemekben égetik, a járulékos beruházási költségek legnagyobb részéért többnyire a beadagolást szolgáló műszaki kialakítások felelősek.

A beadagolás az alábbi három módon történhet:

a szárított szennyvíziszapot (szárazanyag-tartalom ~90%) porítva fújják be a kemencébe
a víztelenített szennyvíziszapot (szárazanyag-tartalom ~20-30%) elkülönítve, befecskendezéssel juttatják be a tüztérbe és terítik el a rostélyon. Az iszapot a hulladék rostélyokon való átfordulása integrálja a tüzelőanyagágyba. A működési tapasztalatok szerint a szennyvíziszap a tüzelőanyagnak akár 20 tömegszázalékát is kiteheti (25%-os szárazanyag-tartalomnál). Egyéb megfigyelések szerint, ha az iszap aránya túl magas (pl. magasabb, mint 10%), nagyobb mennyiségű pernye keletkezik, illetve a salakban és a pernyében elégetetlen anyagok jelenhetnek meg.

A víztelenített, szárított, vagy félszáraz szennyvíziszapot (szárazanyag tartalom ~50-60%) a többi hulladékkal összekeverik vagy együtt juttatják be azzal a tüztérbe. A keverés megtörténhet a bunkerban, ahol a darukezelő meghatározott adagokban juttatja az iszapot a hulladékba, vagy szabályozható az adagoló garatban, miközben a szennyvíziszapot vagy a garatba adagolják, vagy elterítik a bunkerban.

2.3.1.9. Kórházi hulladék égetése kommunális hulladékégetőben

A kórházi hulladékot néha a már meglévő kommunális hulladékégetőkben égetik el. Esetenként a kórházi hulladékot ugyanabban a garatban adagolják be, ahol a települési szilárd hulladékot.

A beadagolás elkülönített, légzsilipes rendszerekben is történhet. A légzsilip segít megakadályozni az égéslevegő szabályozatlan bejutását és a kibocsátások kiszabadulását az

adagoló térbe. Az égetés ugyanabban a kemencében zajlik, ahol a települési szilárd hulladékot kezelik.

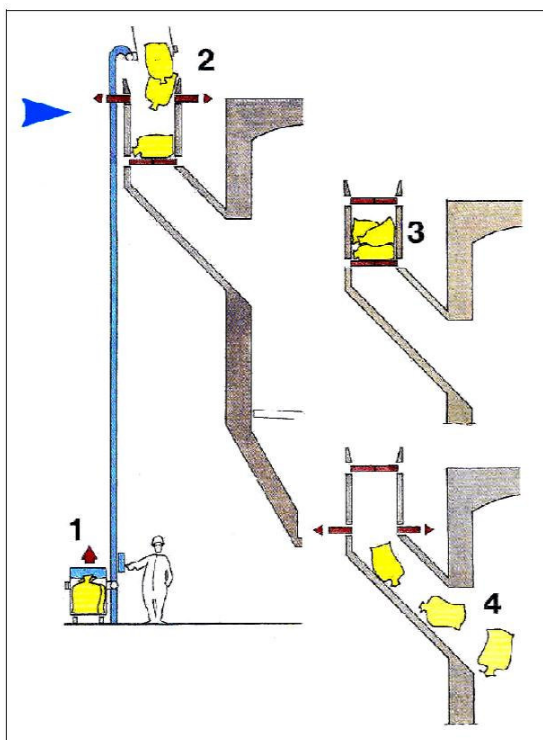
A TSZH és a kórházi hulladék együttégetése elkülönített beadagolási rendszerek nélkül is megoldható. Kialakíthatók például olyan automatikus beadagoló rendszerek, melyek a kórházi hulladékot közvetlenül a TSZH beadagolására szolgáló garatba juttatják.

Egyes országokban jogszabályok korlátozzák a TSZH-val együtt égethető kórházi hulladék mennyiségét (pl. Franciaországban a kórházi hulladék a hőterhelésnek legfeljebb 10%-át adhatja).

A Hulladékégetés Irányelv 6.7. pontja szerint a fertőző kórházi hulladékot közvetlenül a kemencébe kell juttatni, közvetlen érintkezés nélkül, és az ilyen hulladék más hulladéktípusokkal nem keverhető.

A különböző hulladékok elégetése nyomán felszabaduló füstgázokat a közös füstgáztisztító-rendszerben kezelik.

A 2.36 ábra az elkülönített beadagolás lépéseit mutatja be, időrendi sorrendben:



2.3.6 ábra: Kommunális hulladékégetőben használt kórházi hulladék-beadagoló rendszer lépései

2.3.2. Forgódobos kemencék

A forgódobos kemencék igen robusztus kialakításúak, ezekben a berendezésekben típusától és összetételétől függetlenül szinte bármilyen hulladék elégethető. A forgódobos kemencéket különösen gyakran alkalmazzák veszélyes hulladékok égetésénél. A technológiát kórházi hulladékok égetésére is általánosan használják (a veszélyes kórházi hulladékot leggyakrabban

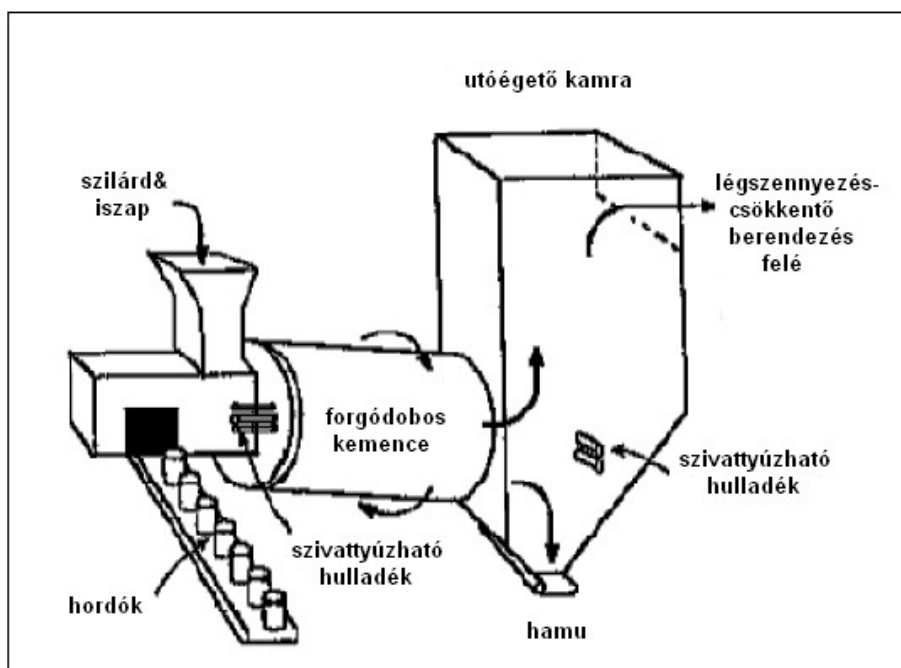
forgódobos kemencékben, magas hőmérsékleten égetik, kommunális hulladék égetése esetében viszont a megoldás kevésbé elterjedt.

A forgódobos kemencék működési hőmérséklete az 500°C körüli érték (gázosítás) és az 1 450°C (magas hőmérsékletű salakolvasztásos kemence) közt változhat. Ennél magasabb hőmérsékletek is előfordulhatnak, de rendszerint nem a hulladékok égetésénél.

Hagyományos oxidációs égetés esetében a kemence hőmérséklete rendszerint 850°C felett van. A veszélyes hulladék égetésére jellemző hőmérséklet-tartomány 900-1 200°C.

Általánosságban, és a beadagolt hulladéktól függően, minél magasabb az üzemi hőmérséklet, annál nagyobb az eltömődés, és a kemence hőszigetelő bélésében jelentkező sérülések kockázata. Egyes kemencék (víz vagy levegő alapú) hűtőköpennyel rendelkeznek, amely meghosszabbítja a hőszigetelő bélés élettartamát, ezáltal csökkentve a karbantartás miatti leállások gyakoriságát.

A következő ábra a forgódobos kemencét alkalmazó égetési rendszerek általános kialakítását mutatja be.



2.3.7 ábra: Forgódobos kemencét alkalmazó égetési rendszer általános kialakítása

A forgódobos kemence voltaképp egy vízszintes tengelye mentén enyhén lejtő, henger alakú tüztér. A henger rendszerint görgőkön nyugszik, melyek segítségével tengelye körül forgatható vagy lengethető (váltakozó mozgás). A hulladékot a forgó hengerben a gravitáció juttatja előre. Közvetlen befecskendezést elsősorban folyadékok, illetve gáznemű vagy pasztás (szivattyúzható) hulladékok esetében használnak, főleg azokban az esetekben, mikor a hulladék biztonsági kockázatot képvisel és különös figyelmet kell fordítani arra, hogy kezelő személyzet ne kerülhessen érintkezésbe vele.

A kemencében a szilárd anyagok tartózkodási idejét a henger vízszintessel bezárt szöge és forgási sebessége határozza meg: 30-90 percnyi tartózkodási idő általában elegendő a hulladék tökéletes kiégetéséhez.

Forgódobos kemencékben szilárd, folyékony és gáznemű hulladékok, valamint a iszapok egyaránt égethetők. A szilárd anyagokat általában nem forgó adagoló garatokon keresztül adagolják be, a folyékony hulladék az égő fúvókákon keresztül esetleg közvetlenül a kemencébe fecskendezhető, a szivattyúzható hulladékok és az iszapok pedig vízhűtésű csövön át juttathatók a tüztérbe.

A toxikus összetevők ártalmatlanításának fokozása érdekében rendszerint utóégető kamrát is alkalmaznak. Az égetésre kerülő hulladék ártalmatlanításához szükséges hőmérséklet fenntartásához folyékony hulladékot vagy más tüzelőanyagot felhasználó kiegészítő tüzelés alkalmazható.

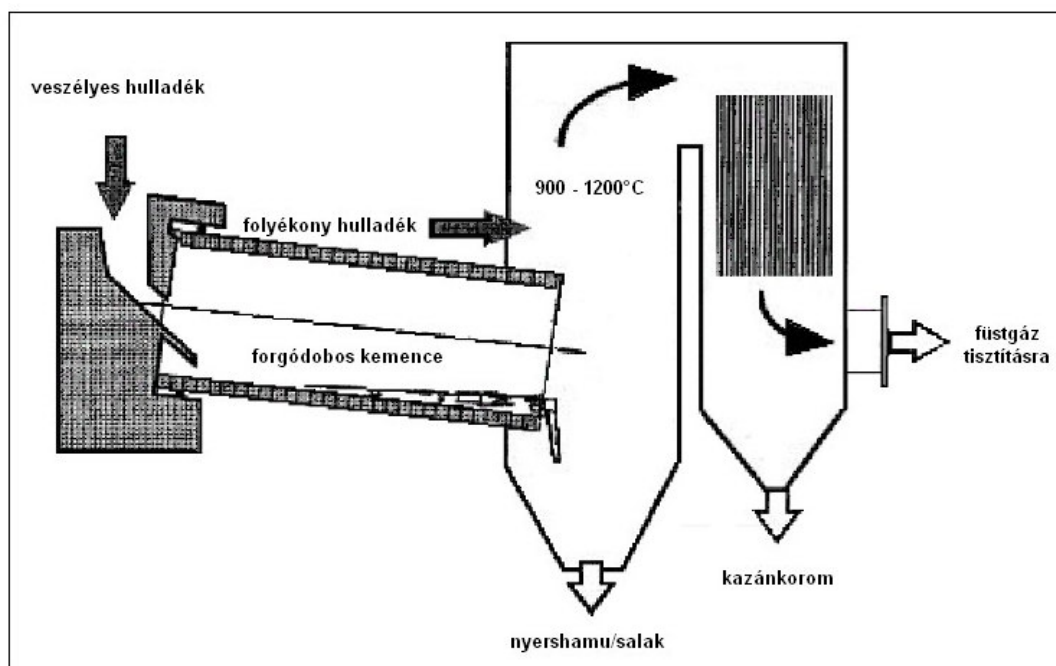
2.3.2.1. Kemencék és utóégető kamrák veszélyes hulladék égetéséhez

Az égetéshez használt berendezésekben a kemence hőmérséklet 850°C és $1\,300^{\circ}\text{C}$ közt változhat. A hőmérséklet fenntartásához nagy fűtőértékű hulladék (pl. folyékony hulladék), hulladék olaj, fűtőolaj vagy gáz égethető. A magas hőmérsékletű kemencékhez vízalapú kemencehűtő rendszerek tartozhatnak, melyeket ajánlatos beépíteni magas hőmérsékletű üzemelés esetén. A magasabb hőmérsékletű üzemelés során a salak megolvad, vagy üvegesedik, alacsonyabb hőmérsékleten pedig összesül.

A hőmérséklet az utóégető kamrában jellemzően $900-1\,200^{\circ}\text{C}$ közt változik, a létesítménytől és a beadagolt hulladéktól függően. A legtöbb létesítményben van rá lehetőség, hogy az utóégető kamrába szekunder levegőt fújjanak be. A magas hőmérsékletnek és a szekunder levegő bevezetésének köszönhetően végbemegy az égésgázok elégetése, és a szerves összetevők (pl. policiklikus aromás szénhidrogének —PAH, poliklórozott bifenilek— PCB, dioxinok), ideértve az alacsony molekulású szénhidrogéneket is, elbomlanak. Számos országban engedélyezett az $1\,100^{\circ}\text{C}$ -s határérték alatti hőmérsékletek alkalmazása, azon az alapon, hogy több tanulmány szerint az utóégető kamra hőmérsékletének csökkentése nem befolyásolja a levegőbe történő kibocsátások minőségét.

2.3.2.2. Veszélyes hulladékok elégetésére szolgáló forgódobos kemencék utóégető kamrával

A veszélyes hulladékok elégetéséhez a forgódobos kemence + utóégető kamra kombinációk bizonyultak a legalkalmasabbnak, mivel az ilyen berendezésekben szilárd, pasztás, folyékony és gáznemű hulladékok egyaránt égethetők (ld. 2.3.8 ábra).



2.3.8 ábra: Forgódobos kemence utóégető kamrával

A veszélyes hulladék égetésére használt forgódobos kemencék 10-15 méter hosszúak, hosszúság:szélesség arányuk általában 3 és 6 közé esik, belső átmérőjük pedig 1 és 5 méter közötti.

Egyes forgódobos kemencék teljesítménye az évi 70 000 tonnát is elérheti. Ahol hővisszanyerést végeznek, ott a hulladék átlagos fűtőértékével korrelációban nő az előállított gőz mennyisége.

A bemenő hulladék összetételét tekintve a forgódobos kemencék igen rugalmasan alkalmazhatók. A bemenő hulladék összetétele az alábbi határok közt változhat:

szilárd hulladékok:	10-70%
folyékony hulladékok:	25-70%
pasztás hulladékok:	5-30%
hordók:	max. 15%

A forgódobos kemencéket az akár 1 200 °C-t is elérő hőmérséklet káros hatásaitól tűzálló belső falazat védi, melyhez magas Al_2O_3 - és SiO_2 -tartalmú téglákat használnak. A megfelelő téglátípus kiválasztását az egyes alkalmazások esetében a hulladék összetétele szabja meg. A téglafalazatot lúgos fémvegyületek (alacsony olvadáspontú eutektikus fémötvözetek) és hidrogén-fluoridok (SiF_4 -képződés) támadhatják meg. A káros kémiai hatások és a lehulló hordók okozta mechanikai károk ellen a falazat védelmére általában a működés megkezdésekor jó salakképző hulladékok vagy üvegkeverékek/homokból és üvegből álló keverékek elégetésével védő salakréteget visznek fel. A későbbi működés során az üzemhőmérsékletet úgy szabályozzák, hogy a védő salakréteg fenntartható legyen, a hulladékok ásványi anyag tartalmának figyelembe vételével, esetenként kiegészítő anyagok, pl. homok alkalmazásával.

Történtek kísérletek a kemence falazatának egyéb módszerekkel történő felületvédelmére is, de sem a befecskendezett, sem a préselt tűzálló anyag nem bizonyult megfelelőnek. A forgódobos kemencék különleges acélötvözzettel való bélelése csak néhány speciális esetben

volt sikeres. A tűzálló burkolat tartóssága továbbra is a bemenő hulladék tulajdonságainak függvénye. A falazat átlagos élettartama rendszerint 4 000 és 16 000 óra közé esik.

A forgódobos kemencék élettartama hűtéssel növelhető. Ezzel kapcsolatban különböző üzemekben számos kedvező tapasztalatot jegyeztek le.

A forgódobos kemencék az utóégető kamra felé lejtnek. Ez a lejtés, valamint a lassú forgás (körülbelül 3-40 fordulat óránként) segíti egyrészt a kemencefejnél beadagolt szilárd veszélyes hulladékok, másrészt az égetés során keletkező salak előrejutását a kemencében, az utóégető kamra irányában. A salakot az utóégető kamra hamujával együtt nedves rendszerű salakkihordóval távolítják el. A szilárd hulladék általában több mint 30 percig tartózkodik a kemencében.

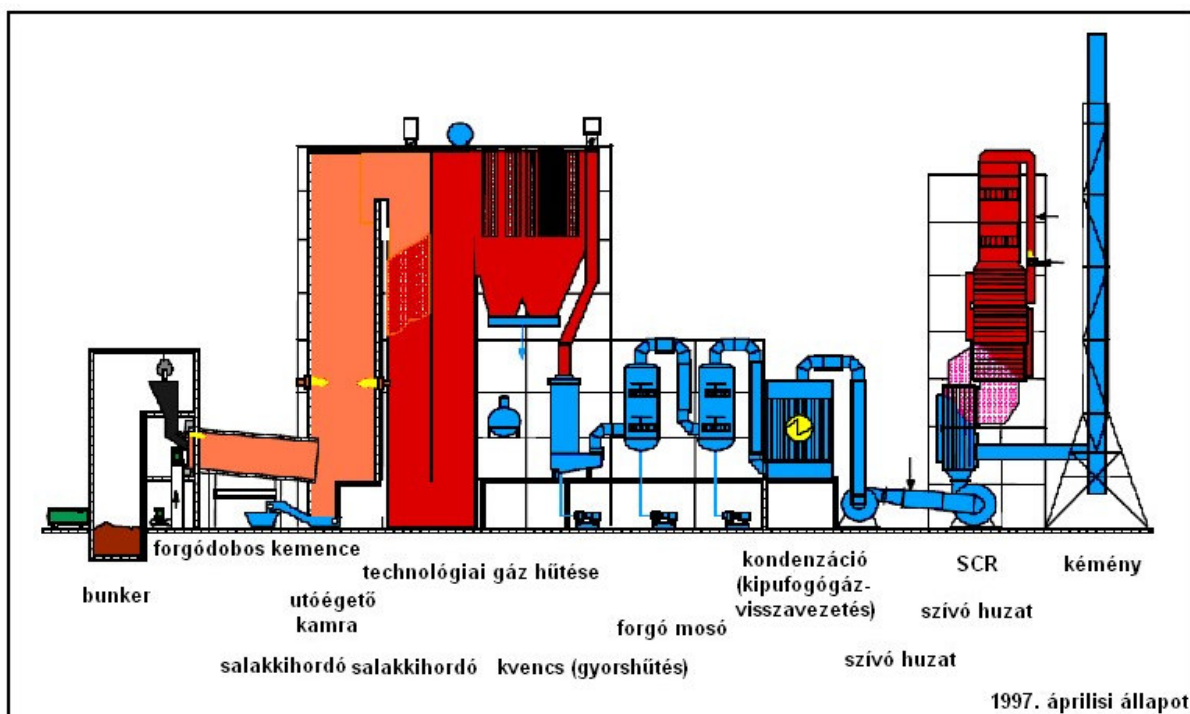
Az utóégető kamra az égetés során keletkező füstgázok tökéletes kiégését, valamint a közvetlenül a kamrába bejuttatott folyékony és gáznemű hulladékok elégetését szolgálja. A 2000/76/EK irányelv az utóégető kamrára két másodpercet meghaladó minimális tartózkodási időt ír elő. Az utóégető kamrában eltöltött időt a kamra mérete és a gázáramlás határozzák meg. A tartózkodási idő csökkentése a gázok tökéletlen kiégésének kockázatát hozza magával.

A működési tapasztalatok szerint az alacsonyabb égetési hőmérsékletek, a rövidebb tartózkodási idő és az alacsony oxigén szint egyes esetekben jó minőségű égetést eredményezhet és csökkentheti a levegőbe jutó kibocsátások összes mennyiségét.

A 2.3.9 ábra egy 45 000 t/év égetési kapacitású, forgódobos kemencét üzemeltető hulladékégető felépítését mutatja be. Az égetőmű három fő részre osztható:

- forgódobos kemence utóégető kamrával
- hőhasznosító kazán gőz előállításához
- többlépcsős füstgáztisztító rendszer

Az hulladékégető része ezen kívül a tárolási infrastruktúra, a beadagoló rendszer, és az égetési hulladék és (nedves füstgázmosásból származó) szennyvíz ártalmatlanítását szolgáló infrastruktúra.



2.3.9 ábra: Veszélyes hulladék égetésére használt, forgódobos kemencét üzemeltető hulladéképitő felépítése

2.3.3. Fluidágyas kemencék

A fluidágyas kemencéket széles körben alkalmazzák a finom eloszlású hulladékok, pl. hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF) és szennyvíziszapok égetésére. A fluidágyas kemencéket évtizedek óta használják, főleg homogén tüzelőanyagok elégetésére. Ezek közé tartozik a szén, nyers lignit, szennyvíziszap és biomassa (pl. fa).

A fluidágyas kemence tüztérre függőleges henger alakú. A kemence aljában, tartó rostélyon vagy elosztó tárcsán inert anyagból (pl. homok, hamu) álló réteg helyezkedik el, melyet a rostélyon átfújó levegőáram tart folyamatos mozgásban. Az elégetendő hulladékot felülről vagy oldalról folyamatosan adagolják a fluidizált homokágyba.

A tüztérbe a rostély vagy a tárcsa nyílásain keresztül bejuttatott, előmelegített levegő alakítja ki a homokból a fluidágyat. A hulladékot befecskendező szivattyúval, lapátkerekű adagolóval vagy csigás rostán juttatják be a tüztérbe.

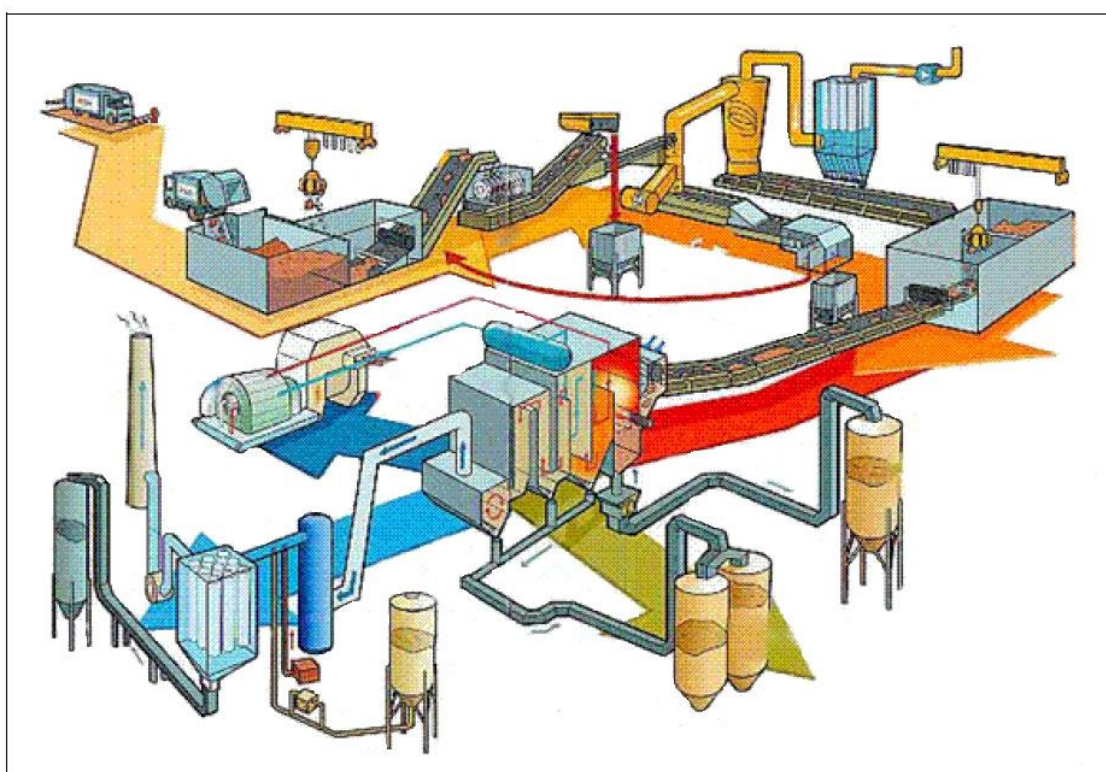
A fluidizált ágyban a hulladék kiszárad, kigázosodik, meggyullad és kiég. Az ágy feletti szabad térben a hőmérséklet általában 850°C és 950°C közt van. A fluidágy feletti szabad tér célja a gázok tüztérben tartása. Magában az örvényágyban a hőmérséklet alacsonyabb, 650°C körül mozog, vagy annál kissé magasabb.

A kedvező örvénylési tulajdonságok miatt a fluidágyas rendszerek általában egyenletes hőmérséklet- és oxigén eloszlást biztosítanak, ami egyenletes működést eredményez. Heterogén hulladékok esetében a fluidágyas égetés előtt a hulladékot elő kell készíteni, hogy mérettartománya az előírásoknak megfeleljen. Bizonyos hulladékok esetében ez szelektív gyűjtéssel és/vagy előkezeléssel, pl. aprítással elérhető. Egyes fluidágy-típusoknál (pl. forgó

fluidágy) nagyobb szemcseméretű hulladékok elégetésére is alkalmas. Ebben az esetben elég lehet a hulladék méretének durva csökkentése is.

Az előkezelés általában válogatásból, a nagyobb, inert részek zúzásából, valamint aprításból áll. A vasat és nemvas-fémet tartalmazó anyagok kiválogatása is szükségesé válhat. A hulladék szemcseméretének megfelelően aprónak kell lennie, a legnagyobb szemcse átmérő gyakran nem haladhatja meg az 50 mm-t. Ugyanakkor egyes jelentések szerint a forgó fluidágyas kemencékben az elfogadott átlagos szemcse átmérő 200-300 mm.

Az alábbi sematikus ábra egy vegyes TSZH előkezelését és égetését végző, fluidágyas kemencét üzemeltető hulladékégető felépítését mutatja be. Az ábrán a tulajdonképpeni égetésen és az azt követő műveleteken (füstgázkezelés, égetési maradék tárolása) kívül több előkezelési fázis látható, ideértve a mechanikus porítást és a pneumatikus válogatást is:



2.3.10 ábra: TSZH fluidágyas égetéshez történő előkezelésének sematikus ábrája

Az égetés során az elégetetlen hulladék és a termelődő hamu a fluidágyba kerül. A hamufelesleget általában a kemence alján távolítják el.

Az égetés során keletkező hő hasznosítása a fluidágyban elhelyezett berendezésekkel, az égésgázok kivezetésénél vagy a különböző megoldások kombinációjával lehetséges.

A bizonyos hulladéktípusok előkezelésével járó viszonylag magas költségek korlátozzák a fluidágyas kemencék nagyszabású projektekben való alkalmazását. Egyes esetekben ezt a problémát szelektív hulladékgyűjtéssel, illetve a hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagokra (RDF) vonatkozó minőségi szabványok kidolgozásával küszöbölik ki. Az ilyen minőségi rendszerek segítségével elérhető a megfelelő tüzelőanyag biztosítása a fluidágyas technológia számára. Az előkezelt, ellenőrzött minőségű hulladék felhasználása (kevert, előkezeletlen hulladék helyett) fluidágyas tüzelési technológia mellett lehetővé teszi

az égetési folyamatok szabályozásának javítását és lehetőséget ad az egyszerűsített, ennél fogva olcsóbb füstgáztisztítási eljárások alkalmazására.

A következő táblázat a fluidágyas kemencékben égethető különböző hulladékfrakciók tulajdonságait mutatja be:

Paraméter	Mértékegység	Kereskedelmi hulladék	Előkezelt építési hulladék	Válogatott és előkezelt háztartási hulladék
Fűtőérték fogadáskor	MJ/kg MWh/t	16-20 4,4-5,6	14-15 3,8-4,2	13-16 3,6-4,4
Nedvességtartalom	tömegszázalék	10-20	15-25	25-35
Hamu	tömegszázalék	5-7	1-5	5-10
Kén	tömegszázalék	<0,1	<0,1	0,1-0,2
Klór	tömegszázalék	<0,1-0,2	<0,1	0,3-1,0
Tárolási jellemzők		Jó	Jó	Jó (pelletként)

2.3.2 táblázat: Fluidágyas kemencékben kezelt különböző hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF) frakciók tulajdonságai

A gázok áramlási sebessége és a fluidágy kialakítása szerint az alábbi fluidágyas égetési technológiákat különböztethetjük meg:

- **nyugvó (vagy buborékos) fluidágy** (atmoszferikus nyomáson, vagy túlnyomásos): Az inert anyag keveredik, de a szilárd részecskék ennek eredményeként létrejövő, felfelé irányuló mozgása nem jelentős (ld. 2.13 ábra)
- a buborékos fluidágy egyik változata a **forgó fluidágy**: a fluidágy ebben az esetben forog a tüztérben belül. Ez a tüztérben hosszabb tartózkodást eredményez. A forgó fluidágyakat körülbelül tíz éve használják vegyes kommunális hulladék égetésére
- **cirkulációs fluidágy**: a tüztérben a gázok sebessége nagyobb, így ezek magukkal ragadják a tüzelőanyag és a fluidágy anyagának egy részét, melyet azután egy recirkulációs vezetéken át visszajuttatnak a tüztérbe (ld. 2.3.12 ábra)

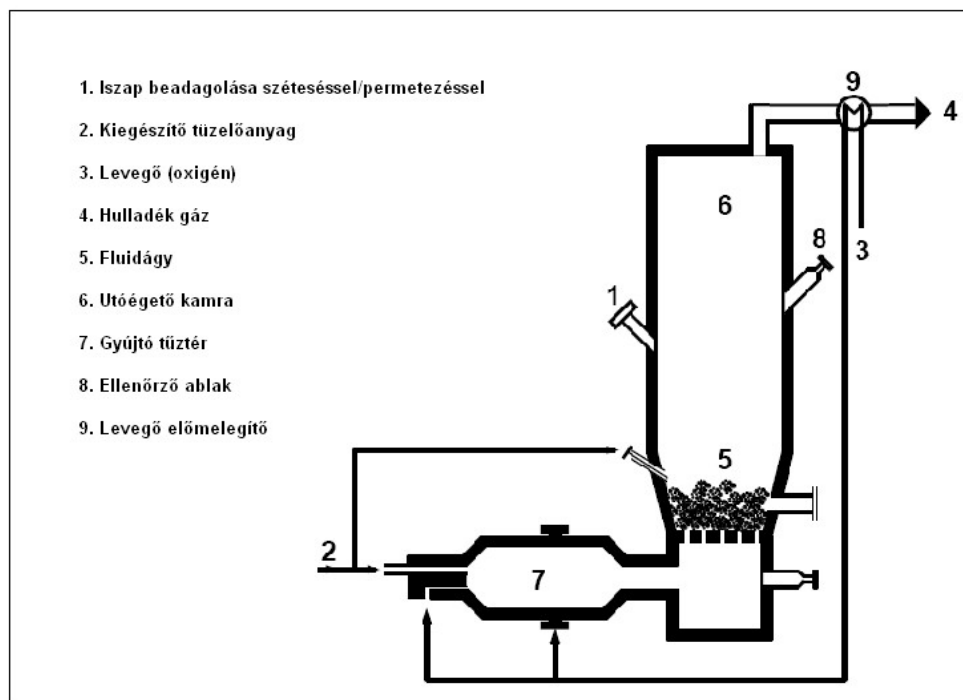
Az égetés megkezdéséhez a fluidagyat minimálisan a hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag gyulladási hőmérsékletére kell hevíteni (illetve magasabb hőmérsékletre, amennyiben azt jogszabály írja elő). Ezt a levegő olaj- vagy gázégőkkel való hevítésével érik el, az égők addig maradnak bekapcsolt állapotban, míg az égés önmagától be nem indul. A hulladék a fluidágyra esik, ahol a dörzsölődés és az égés során ártalmatlanításra kerül. A hamu nagyobb részét általában a füstgázáram szállítja ki a kemencéből, melyből azután a füstgáztisztító berendezésben le kell választani. A salak (melyet a kemence alján távolítanak el) és a pernye aktuális arányát viszont a fluidágyas technológia és maga a hulladék határozza meg.

A hulladékégető kazánokban általánosan elforduló füstgáz-oldali lerakódási problémákat a hulladék minőségének biztosításával (leginkább a Cl-, K-, Na- és Al-szint alacsonyan tartásával), illetve a kazán és a kemence megfelelő kialakításával lehet elkerülni. Bizonyos kazán és kemence típusok jellemzően a fluidágyas technológiákban használatosak (kevert hulladékot égető rostélytüzelésű kemencékben pedig nem), az egyenletesebb hőmérsékleti viszonyok és a fluidágy anyagának jelenléte miatt.

2.3.3.1. Égetés nyugvó (vagy buborékos) fluidágyban

A buborékos fluidágyas kemencéket rendszeresen használják szennyvíziszapok, illetve egyéb ipari iszapok, pl. olajipari és vegyipari iszapok égetésére.

A nyugvó, vagy buborékos fluidágyas kemence (ld. 2.3.11 ábra) részei a hengeres vagy szögletes, bélelt tüztér, a fluidágy és a gyújtóégő. A kemence felépítését a 2.3.11 ábra mutatja be.



2.3.11 ábra: Nyugvó/buborékos fluidágyas kemence főbb részei

Az előmelegített levegőt átáramoltatják a rostélyon, és az ágy anyagában örvényáramot hoznak létre. Alkalmazástól függően a fluidágyat különböző anyagok (szilikátos homok, bazalt, mullit) alkotják, és a fluidágy anyagának szemcsemérete is változhat (kb. 0,5-3 mm közt).

A hulladék adagoló szalagok segítségével beadagolható a kemencefejnél vagy a kemence oldalánál, illetve közvetlenül a fluidágyba fecskendezhető. A fluidágyban a hulladék morzsolódik és keveredik az ágy anyagával, ennek során kiszárad és részlegesen ég. A maradék frakciók (illó és finom részecskék) a fluidágy feletti szabad térben égnek el. A maradék hamut a füstgázzal együtt a kemencefejnél távolítják el.

Az előkezelés során víztelenítéssel és szárítással biztosítható, hogy a hulladék kiegészítő tüzelőanyagok alkalmazása nélkül is elégethető legyen. A hulladék szárítására az égetési folyamatból visszanyert hő is felhasználható.

A berendezés indításakor, vagy amikor az iszap minősége gyenge (pl. idős iszap, vagy nagyobb mennyiségben jelenlévő szekunder iszap), az előírt kemence-hőmérséklet (többnyire 850°C) eléréséhez kiegészítő tüzelőanyagokat (olaj, gáz és/vagy hulladék üzemanyag) lehet felhasználni. A hőmérséklet szabályozásának céljából a kemencébe víz fecskendezhető.

A kemencét a hulladék beadagolásának megkezdése előtt általában üzemi hőmérsékletére előmelegítik. Erre a célra egy begyújtó tüztér (ld. 2.13 ábra) szolgál, amely az örvényágy alatt helyezkedhet el. A megoldás előnye a felül elhelyezett égőfejjel szemben, hogy a hő így közvetlenül a fluidágyba jut. További előmelegítést tehet lehetővé a tüzelőanyagot bejuttatására szolgáló befúvó lándzsák alkalmazása, melyek a levegő befúvás helye felett a homokba nyúlnak. A szennyvíziszapot akkor kezdik el adagolni, mikor a kemence eléri az üzemhőmérsékletet (pl. 850°C).

A kemence méretét nagymértékben meghatározza a megkövetelt párolgás (kemence keresztmetszet), a hőforgalom (kemence térfogat) és a szükséges levegőmennyiség.

A 2.3.3 táblázat egy szennyvíziszapot égető fluidágyas kemence működési paramétereire mutat példát:

Paraméter	Mértékegység	Érték
Gőztermelés	kg/m ² ó	300-600
Égéslevegő	Nm ³ /m ² ó	1 000-1 600
Hőforgalom	GJ/m ³ ó	3-5
Végso égetési hőmérséklet	°C	850-950
Tartózkodási idő a fluidágy felett és az utóégetési zónában	mp	minimum 2
Légköri oxigén előmelegítése	°C	400-600

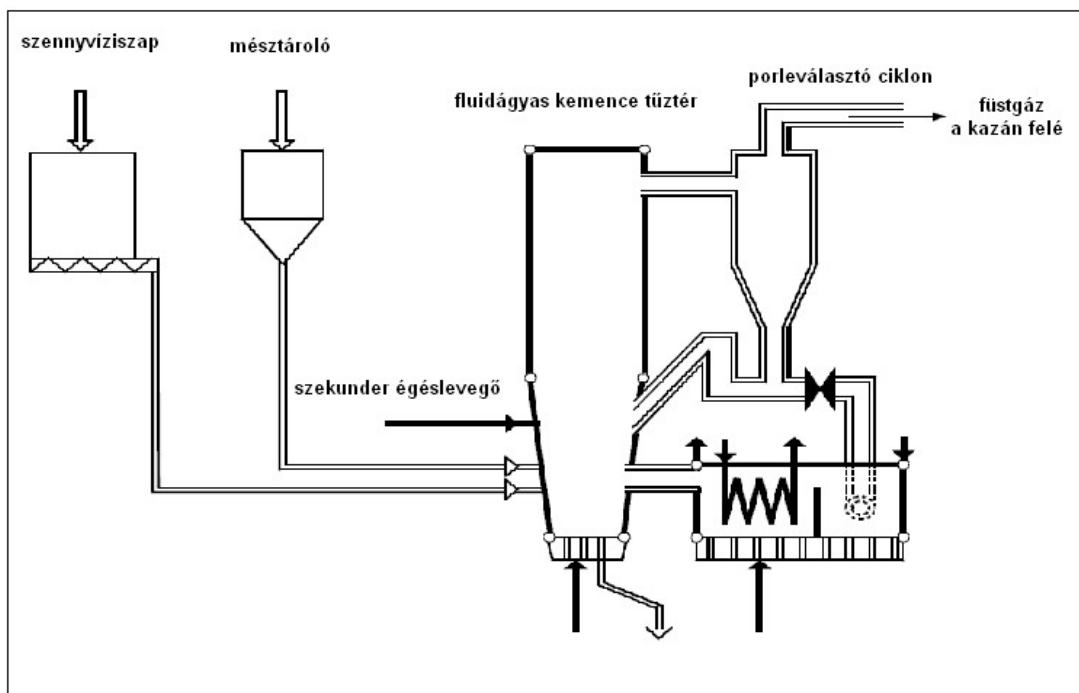
2.3.3 táblázat: Nyugvó fluidágyas kemencék fő működési paramétere

A levegő előmelegítése magasabb fűtőértékű hulladékok esetében akár teljesen el is hagyható (pl. szárított szennyvíziszap, fa, állati melléktermékek). A hőátvitel elpárologtató hőcserélőn (membránfalon) keresztül és/vagy merített hőcserélő rendszeren keresztül oldható meg.

Egyes eljárásokban az első lépés a szárítás. A szárításhoz használt gőzt a hőcserélő kazán is megtermelheti. A fűtőközeg (gőz) és a szennyvíziszap nem érintkezik közvetlenül. Az iszapból származó gázok a szárítás során leválaszthatók és kondenzálhatók. A kondenzvíz KOI-ja és nitrogén-tartalma rendszerint magas (kb. 2 000 mg/l illetve kb. 600-2 000 mg/l) és a szennyvíziszapból származó egyéb szennyező anyagokat is tartalmazhat (pl. nehéz fémeket), végső ártalmatlanítás előtt tehát gyakran igényel előkezelést. A megmaradó, nem kondenzált gáz elégethető. Égetés után a füstgázok hőcserélőben hűthetők, ahol a kinyert hő az égéslevegő előmelegítése során hasznosítható (az előmelegítés során a levegőt körülbelül 300°C-ra, esetenként pedig akár 500°C fölötti hőmérsékletre melegítik). A hőcserélő kazán fel nem használt hőjét telített gőz előállítására lehet felhasználni (nyomásérték: kb. 10 bar), amely ezek után az iszapok részleges előszárítása során hasznosítható.

2.3.3.2. Szennyvíziszapok égetése cirkofluid rendszerben

A cirkofluidágy (ld. 2.3.12 ábra) különösen alkalmas a magas fűtőértékű szárított szennyvíziszap égetésére. A fluidágy anyaga finomszemcsés, a kemencében pedig a gáz nagy sebességgel áramlik, ennek révén a tüztérből a szilárd részecskék legnagyobb része a füstgázzal együtt távozik. A részecskéket ezután porleválasztó ciklonban ülepítik ki, majd visszaadagolják a tüztérbe.



2.3.12 ábra: Cirkofluid rendszerek főbb összetevői

A cirkofluidágyon történő égetés előnye, hogy a tüztérben vertikálisan nagy hőforgalom és egyenletesebb hőmérséklet érhető el viszonylag alacsony reakciótérfogat mellett. A hulladékégető mű mérete rendszerint nagyobb, mint a buborékos fluidágyas megoldást alkalmazó üzemeké, és a hulladék szélesebb tartománya égethető. A hulladékot a tüztér oldalán fecskendezik be, és 850-950°C-on égetik el. A termelődő hő membránfalon át vagy hőcserélőn keresztül vezetik el. A kondenzátor a porleválasztó ciklonok és a cirkofluidágy közt helyezkedik el, itt zajlik a visszajuttatott hamu hűtése. A módszer alkalmazásával biztosítható a hőelvezetés szabályozhatósága.

2.3.3.3. Szórt láncrostélyú rendszer

Ez a rendszer közvetlen átmenetet képez a rostélytüzelésű és a fluidágyas égetési technológiák közt.

A hulladék (pl. RDF, szennyvíziszap stb.) beadagolása a kemencébe pneumatikus úton történik, több méteres magasságban. A finom részecskék közvetlenül elégnek, míg a nagyobb darabok lehullanak a hulladék beadagolásával ellentétes irányban mozgó vándorrostélyra. Mivel a nagyobb részecskék nagyobb területen oszlanak el, minél nagyobb a részecske mérete, annál több időt tölt a rostélyon, így biztosítva a tökéletes kiégetést. A kemencébe szekunder levegőt is fújnak, hogy az égési zónában a füstgázok megfelelően elkeveredjenek.

A klasszikus rostélytüzelésű megoldásokhoz képest a szórt láncrostélyú rendszerben a rostély felépítése egyszerűbb, a viszonylag alacsonyabb hő- és mechanikus terhelés miatt. A fluidágyas rendszerekhez képest a részecskék homogén mérete kevésbé fontos, és kisebb a veszélye a részecskék összetapadásának.

2.3.3.4. Forgó fluidágyas kemencék

A forgó fluidágyas kemence a buborékos fluidágyas megoldások továbbfejlesztése hulladékégetés céljaira. A szilárd hulladék megbízható mozgatását lejtős rostély, széles salak kihordó surrantók és nagyobbra méretezett beadagoló és csigás kihordók biztosítják. A tűzálló béléssel ellátott tűztér (fluidágy és felette lévő tér) hőmérsékletének szabályozása a füstgáz recirkulációján alapszik. A kemencében széles fűtőérték tartományba eső hulladékok égethetők, pl. megvalósítható az iszapok és az előkezelt hulladékok együttégetése is.

2.3.4. Pirolízis és gázosítás

2.3.4.1. Pirolízis és gázosítás: bevezetés

A hulladékégetés alternatív technológiáinak kidolgozása az 1970-es években kezdődött. Az alternatív módszereket általában egyes válogatott hulladéktípusokra alkalmazzák, és részarányuk kisebb, mint a hulladékégetésé.

Az alternatív technológiákban a hagyományos hulladékégetés során lezajló reakciók elemeit a folyamathőmérséklet és nyomás szabályozásával, speciálisan kialakított reaktorokban megpróbálják elválasztani egymástól (ld. 2.1.1 táblázat).

A pirolízis és a gázosítás, mint önálló technológia is alkalmazható, de a hagyományos égetési technikák (pl. rostélytüzelés, fluidágyas megoldások, forgódobos kemencék stb.) is üzemeltethetők úgy, hogy a hangsúly a pirolízis vagy a gázosítás folyamatain legyen, pl. az oxigénszint csökkentésével (szubsztöchiometrikus viszonyok közt), vagy alacsonyabb hőmérsékleten. A pirolízist és a gázosítást gyakran kombinálják a keletkező szintézisgáz (szingáz) részben vagy teljes egészében történő elégetésével (ld. a 2.3.4.4. fejezetet, a kombinált eljárásokról).

A hulladékégetés hagyományos célkitűzései, azaz a hulladék hatékony kezelése mellett a gázosítás és a pirolízis további céljai az alábbiak:

- a hulladék egyes frakcióinak átalakítása szintézisgázzá
- a füstgáztisztítási igény csökkentése, a keletkező füstgáz mennyiségének csökkentésén keresztül

Mind a pirolízis, mind a gázosítás különbözik az égetéstől, méghozzá abban, hogy az alternatív eljárások segítségével a hulladék bizonyos kémiai összetevői is visszanyerhetők (ahelyett, hogy csak az energiatermelésre koncentrálnának). A kinyert vegyi anyagok egyes esetekben más eljárások nyersanyagaiként hasznosíthatók. Hulladékok esetében azonban gyakoribb a pirolízis, a gázosítás és az égetés kombinációja, gyakran ugyanabban az üzemben, egy integrált folyamat részeként. Ezekben az esetekben a létesítmény egészére inkább az energiatermelés jellemző, mint a hulladék vegyi anyagainak hasznosítása, csakúgy, mint a hagyományos hulladékégetőkben.

Egyes esetekben az ilyen folyamatok szilárd égetési maradékai olyan szennyező anyagokat tartalmaznak, melyek egyébként egy hagyományos égetőműben a gáz fázisba kerülnek, majd a hatékony füstgáztisztítási eljárásokat követően visszamaradó anyaggal eltávolíthatók.

Az alábbi rendszerek és koncepciók kidolgozása történt meg (a rendszerek ipari méretekben különböző mértékben váltak be):

Pirolízist és égetést kombináló hulladékkezelő rendszerek

1. rendszer Pirolízis forgódobos kemencében – kokszt és szerves anyagok szétválasztása – pirolízisgáz égetése
2. rendszer Pirolízis forgódobos kemencében – inert anyagok leválasztása – magas széntartalmú szilárd frakció és pirolízisgáz égetése
3. rendszer Pirolízis forgódobos kemencében – pirolízisgáz komponenseinek kondenzálása – gáz, olaj és kokszt égetése
4. rendszer Pirolízis rostélytüzeléssel – közvetlenül kapcsolódó égetés
5. rendszer Pirolízis rostélytüzeléssel (utána következő salakolvasztó kemencével, alacsony fémtartalmú olvadt salak előállításához) – cirkofluidágy (kiegített részecskék és gáz)

Hulladék-gázosító rendszerek:

1. rendszer szilárdágyas rendszerű gázosítás - a darabos hulladék esetén szárításos előkezelés szükséges
2. rendszer salakfürdős gázosító – mint a szilárdágyas, csak olvadt salak kerül kihordásra
3. rendszer áramlásos rendszerű gázosítás – folyékony, pasztás és finomszemcsés hulladék kezelésére, melyek fúvókán keresztül juttathatók a reaktorba
4. rendszer fluidágyas gázosítás – cirkofluidágyas gázosító berendezés előkezelte kommunális hulladék, víztelenített szennyvíziszap és egyes veszélyes hulladékok kezelésére
5. rendszer buborékos fluidágyas gázosítás – a buborékos fluidágyas égetéshez hasonló megoldás, de alacsonyabb hőmérsékleten, gázosításra alkalmazva

Pirolízist és gázosítást kombináló hulladékkezelő rendszerek

1. rendszer Konverziós eljárás – pirolízis forgódobos kemencében – szilárd fázis kivonása és kezelése – gáz fázis kondenzálása – végül pirolízis gáz, olaj és szén 3. rendszerű gázosítása
2. rendszer Kombinált gázosítás – pirolízis és olvasztás – részleges pirolízis pirolizáló kemencében, közvetlenül kapcsolódó reaktorban oxigén jelenlétében végzett gázosítással (pl. Thermoselect eljárás)

Más eljárásokat a hagyományos égetőművekben égetendő hulladék előkezelésére fejlesztettek ki. Ezeket az együttlégetési megoldásokat a vonatkozó BREF nem fedi le.

2.3.4.2. Gázosítás

A gázosítás során a szerves anyagok részleges elégeése közben gázok szabadulnak fel, melyek (bizonyos átalakítási folyamatok után) nyersanyagként vagy tüzelőanyagként hasznosíthatók. Számos különböző gázosítási folyamat ismert (és további ilyen módszerek fejlesztése is folyamatban van) melyek elviekben alkalmasak a települési hulladék, bizonyos veszélyes hulladék típusok és a szárított szennyvíziszap kezelésére.

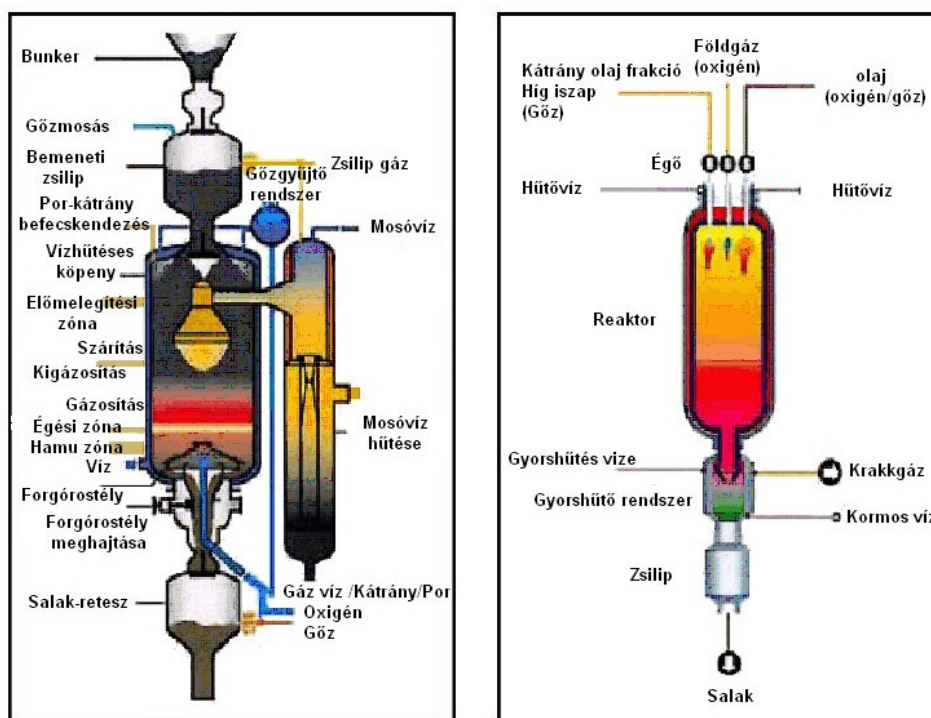
Fontos, hogy a beadagolt hulladék, jellegzetességeit (méret, konzisztencia) tekintve bizonyos előre meghatározott határértékek közt maradjon. Ez a kommunális hulladék esetében például gyakran speciális előkezelést tesz szükségessé.

A gázosítási eljárás speciális jellemzői:

- az égetésnél mérhető füstgáztérfogathoz kisebb gáztérfogat (tisztá oxigén felhasználásakor akár tízszer kevesebb gáz)
- CO₂ helyett elsősorban CO képződik
- magas üzemi nyomás (egyes eljárásokban)
- szilárd maradványok felhalmozódása salak formájában (magas hőmérsékletű salakolvasztásos gázosítóknál)
- kisméretű és tömör aggregátumok (főleg nagy nyomás mellett végzett gázosításnál)
- a szintézisgáz energetikai és nyersanyagként való felhasználása
- kevesebb hulladékvíz a szintézisgáz tisztításából

Gázosításhoz a következő reaktorok használhatóak:

- fluidágyas gázosítók (ld. 2.3.15 ábra)
- áramlásos rendszerű (lebegőágyas) gázosító
- ciklon gázosító
- nyugvóágyas reaktor



2.3.13 ábra: Nyugvóágyas és áramlásos rendszerű gázosító reaktorok felépítése

Áramlásos rendszerű, fluidágyas vagy ciklon gázosításhoz biztosítani kell a beadagolt anyag finom szemcsézettségét. Ehhez előkezelés szükséges, különösen a települési hulladék esetében. A veszélyes hulladékoknál ellenben lehetséges a közvetlen gázosítás, amennyiben a hulladék folyékony, pasztás vagy finomszemcsés.

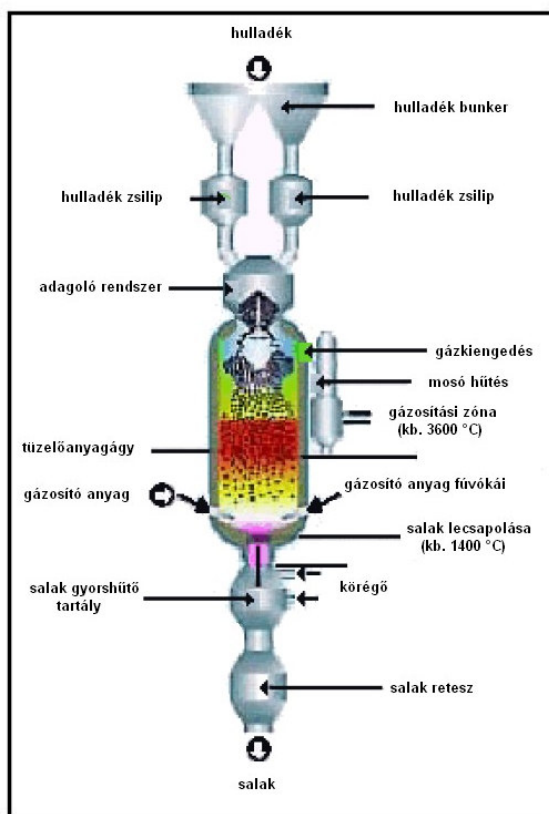
2.3.4.2.1. Példák a gázosításra

Németországban a Schwarze Pumpe Sekundärrohstoffverwertungszentrum-jában (Másodlagos Nyersanyagok Hasznosítási Központja) a folyékony veszélyes hulladékok égetésére jelenleg egy áramlásos rendszerű gázosító reaktort használnak.

A folyékony hulladék az égető rendszeren keresztül érkezik a reaktorba, ahol 1 600-1 800°C-on szintézisgázzá alakítják. 1995 óta a reaktorban mintegy 31 000 tonnányi hulladékolajat ártalmatlanítottak.

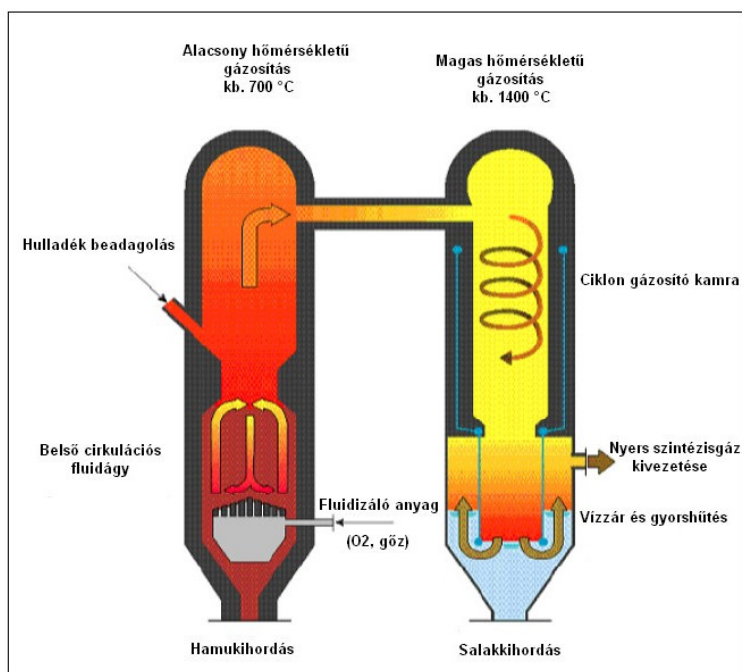
A nyugvóágyas gázosító darabos hulladékot igényel, de a szárítás, mint előkezelés elégséges. Az SVZ Schwarze Pumpe GmbH 6 nyugvóágyas gázosítót üzemeltet a szén és hulladék keverékének gázosítására. A hulladék aránya a beadagolt keverékben akár 85%-ot is kitehet. Az egyenként 8-14 t/ó átmenő teljesítményű reaktorokban jobbra tömörített hulladék műanyagokat, víztelenített szennyvíziszapot és szennyezett talajokat kezelnek. A hulladék zsilipeken keresztül kerül a reaktorba, ahol 800-1 300°C körüli hőmérsékleten, 25 bar nyomáson, gőz- és oxigén (a gázosító segédanyag) jelenlétében szintézisgázzá alakítják.

A nyugvóágyas gázosító továbbfejlesztett változata a salakfürdős gázosító, melynek felépítését a 2.3.14 ábra mutatja be. Ilyen gázosítót jelenleg egy helyszínen üzemeltetnek kísérleti jelleggel, a berendezésbe adagolt keverék maximum 70%-ban tartalmazhat hulladékot, a gázosító átmenő teljesítménye 30 t/ó. A gázosító 1 600°C-ig üzemel, a salakot pedig folyadék formájában távolítják el.



2.3.14 ábra: Salakfürdős gázosító

Japánban a hulladék gázosítására egy, a fluidágyas és az áramlásos alapú gázosítást kombináló megoldást használnak (ld. 2.3.15 ábra).



2.3.15 ábra: Fluidágyas gázosító magas hőmérsékletű salakolvasztó kemencével

Az eljárás során műanyag csomagolási hulladékokból vagy egyéb magas fűtőértékű hulladékból szintézisgázt állítanak elő. Az eljárás két legfontosabb eleme a fluidágyas gázosító és második fázisban egy magas hőmérsékletű gázosító. A fluidágyas gázosító viszonylag heterogén hulladékok gyors gázosítását teszi lehetővé, melyeket a zavartalan beadagolás elősegítése érdekében pelletálnak. A hulladékban pár százalék égethetetlen komponens, akár fémdarabok jelenléte is elfogadható, mivel a fluidágyból a hamut folyamatosan eltávolítják. A magas hőmérsékletű gázosító ciklon kialakítású, ezzel biztosítható a finom hamurészecskék összegyűjtése a falakról. Hűtés (megszilárdulás) után a hamut vízzáron keresztül ürítik ki. Mindkét berendezés magas nyomáson üzemel, a nyomást rendszerint 8 bar-ra állítják be.

A technológiát először 2001-ben alkalmazták kereskedelmi méretekben, műanyag csomagolási hulladék kezelésére. Ennek a demonstrációs üzemnek a napi kapacitása 30 tonna. Egy 65 tonna napi kapacitású másik üzem 2002-ben kezdte meg működését. Az előállított szintézisgázt a hulladékkezelő rendszerhez csatlakozó, ammóniát gyártó üzemben használják fel. Hasonló üzemek építése jelenleg is folyamatban van.

Különböző hulladékáramokra további gázosítási megoldásokat próbáltak ki, illetve az ilyen rendszerek kifejlesztése folyamatosan zajlik.

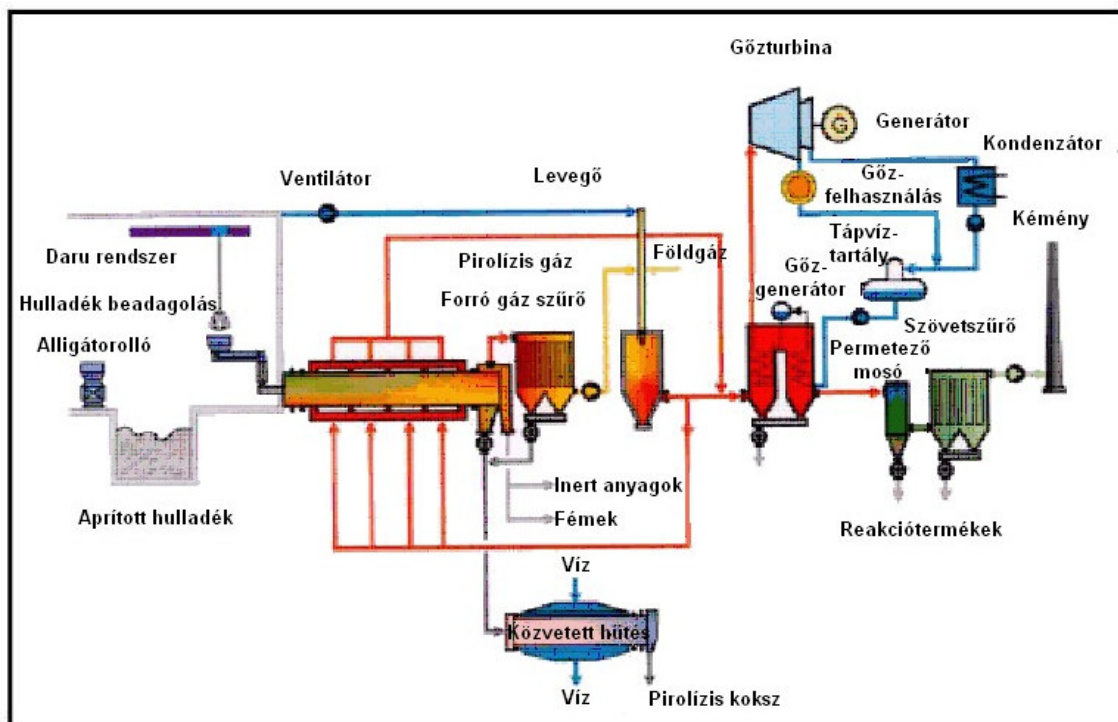
2.3.4.3. Pirolízis

A pirolízis a hulladékok oxigénmentes körülmények közt végzett gáztalanítását (lebontását) jelenti, melynek során pirolízis gázok és szilárd (pirolízis-) kokszt keletkezik. A pirolízis gáz fűtőértéke kommunális hulladékból rendszerint 5 és 15 MJ/m³, míg hulladékból előkezeléssel

- kokszosítás (svélezés): Gáz előállítás a hulladék illékony részecskéiből, 400-600°C-on
- pirolízis: hulladék szerves molekuláinak hőbontása 500-800°C-on, melynek eredményeként gáznemű és szilárd frakció jön létre
- kigázosítás: a pirolíziskokszban maradó szén átalakítása folyamatgázzá 800-1 000°C-on, gázosodást segítő anyag (pl. levegő vagy gőz) jelenlétében
- égetés: a kapcsolódó technológiától függően a gázt és a pirolízis kokszot tüztérben elégetik.

A hulladékokat kezelő pirolízis üzemek működése általában az alábbi alapvető lépésekre épül:

- előkészítés és őrlés: a hulladékőrle javítja és egységesíti a folyamatba bekerülő hulladékok minőségét, ezáltal javítva a hőátadást
- szárítás (az eljárástól függően): egy elkülönített szárítási lépés javítja a nyersgázok fűtőértékét és javítja a gáznemű és a szilárd frakciók közti reakciók hatásfokát a forgódobos kemencében
- hulladékok pirolízise: a pirolízis gáz mellett szilárd, széntartalmú maradék halmozódik fel, amely ásványokat és fémeket is tartalmaz
- pirolízis gáz és pirolíziskoks utókezelése: gázok kondenzálása az energiatermelésre használható olajkeverékek kinyeréséhez és/vagy gáz és kokszt elégetése a szerves összetevők elbontásához és az ezzel párhuzamosan zajló energiatermeléshez.



80

A pirolízis fázis során a hőmérséklet általában 400 és 700°C közt van. Alacsonyabb hőmérsékleten (pl. 250°C) bizonyos mértékben más reakciók is lejátszódnak. Ezt a folyamatot néha konverzióknak nevezik (pl. szennyvíziszap konverziója).

A pirolízist egyes települési hulladékok és szennyvíziszapok kezelése mellett a következő folyamatokban alkalmazzák:

- szennyezett talajok kármentesítése
- műanyag hulladék és használt gumiabroncsok kezelése
- kábelvégek valamint fém- és műanyag-tartalmú anyagok kezelése, fémek visszanyerésére

A pirolitikus eljárások lehetséges előnyei:

- a szerves frakció anyagként történő lehetséges hasznosítása, pl. metanol
- az elektromos energiatermelés növelésének lehetősége gázmotor vagy gázturbina alkalmazásával (gőzkazán helyett)
- csökkent füstgáz térfogatáram mely bizonyos fokig csökkentheti a füstgáztisztítás beruházási költségét
- a keletkező szén külső használatra is megfelelő minőségének lehetséges biztosítása mosással (pl. klórtartalom)

2.3.4.3.1. Példa pirolízist alkalmazó eljárásra

Az alábbiakban bemutatott példában szilárd ipari iszapokat és aprított festékhulladékot/vegyipari csomagolóanyagokat kezelnek.

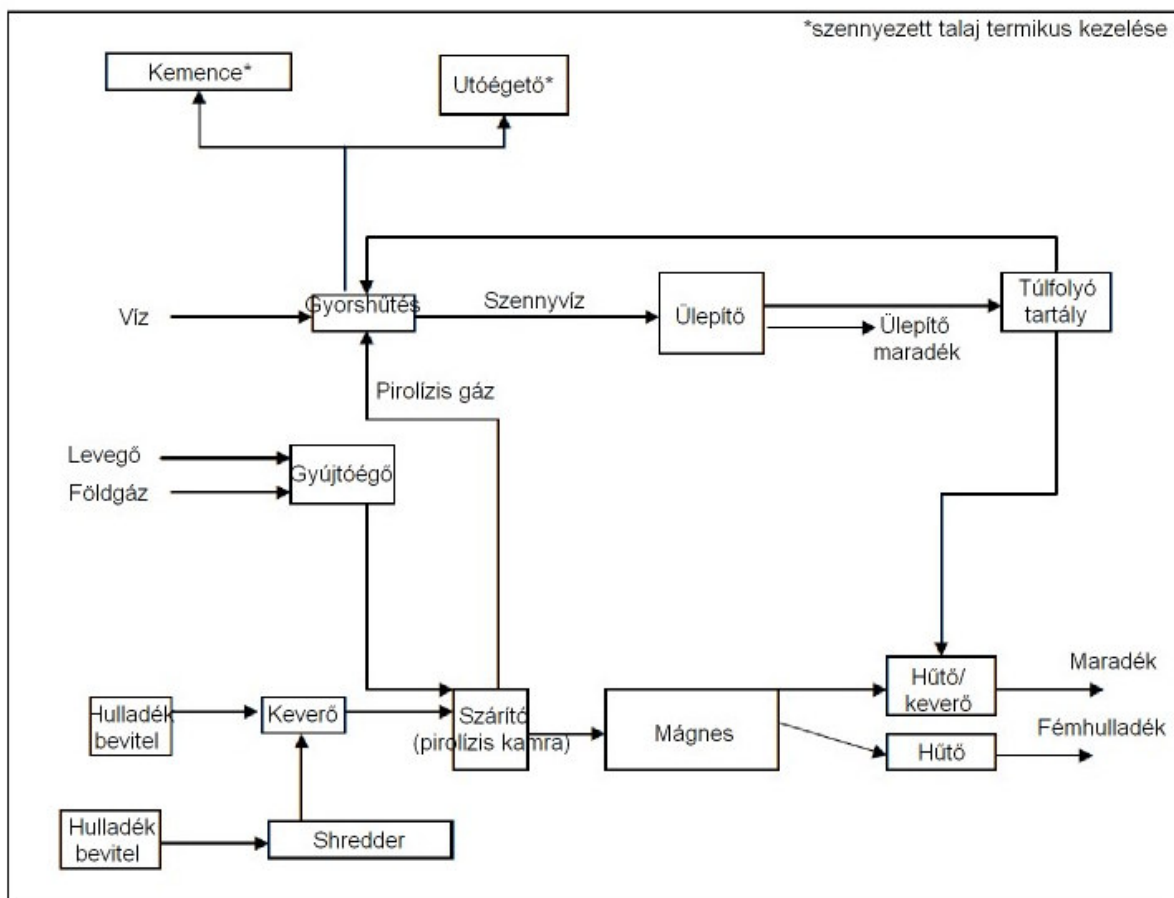
A pirolízis egység hőkezelést végző üzemmel kombinálva került kialakításra, mely utóbbiban a szennyezett talaj kezelését a pirolízis egységből származó szintézisgáz tüzelőanyagként való elégetésével végzik. A pirolízis egység két párhuzamos reaktorból áll. Mindkettőben csigás berendezés szállítja keresztül a beadagolt anyagokat a reaktoron. A reaktorokba iszapleplenyeket és a helyszínen működő, folyamatvizet kezelő egységek egyéb üledékeit adagolják be, valamint festékgyártási hulladékokat. Ennek az anyagáramnak az átlagos szerves anyag tartalma 25-85%, átlagos víztartalma pedig körülbelül 25%.

Indításkor a reaktort földgáz elégetésével kb. 500°C-ra fűtik fel. Ekkor kezdik a hulladék beadagolását, a földgáz hozzáadását pedig megszüntetik. A levegő mennyiségét a sztöchiometrikus igény alatt tartják, ami gázosodást eredményez. A gázosodás hőmérséklete kb. 900-1 200°C. A reaktorok kapacitása nagyjából 2x4 t/ó.

A szintézisgázt hűtőkondenzátorban hűtik le. A megmaradó szintézisgáz (melynek fűtőértéke kb. 7 MJ/Nm³) a szennyezett talaj termikus kezelését végző egységben használják fel tüzelőanyagként. Az égetés és a füstgáztisztítás a holland kibocsátási normákhoz igazodva történik. A kondenzátorból származó kondenzvizet dekanterben kezelik, ahol a szénat leválasztják belőle. A vízfrakciót a reaktor maradékok nedvesítésére használják.

A reaktorból származó maradék (melynek hőmérséklete 500°C körül van) mágneses szeparátoron halad át, amelyben leválasztásra kerül a festékhulladékban és a csomagolóanyag-frakcióban lévő vas. A maradék frakciót a hulladéklerakóban történő elhelyezés előtt lehűtik és a kondenzvízzel nedvesítik.

A következő általános folyamatábrán a fentiekben bemutatott folyamat lépéseit mutatjuk be, a főbb tömegáramok irányainak feltüntetésével



2.3.17 ábra: Az ATM pirolízis egységének folyamatábrája

A bemutatott pirolízis egység legnagyobb előnye, hogy a kezelt iszapleplenyekben, üledékben és festékhulladékban pirolízis után megmaradó hőmennyiség a szennyezett talajok termikus kezelésében közvetlenül felhasználható. Ennek folytán az energetikai hatékonyság legalábbis összehasonlítható a hulladékégetésre jellemző értékekkel. Ezen kívül az eltávolított hulladékvas frakció (15%) felhasználható, miközben a kezelt hulladék térfogata kb. 50%-kal csökken. A maradékok részben az ATM saját létesítményeiben kezelhetők. A működési költségeket jelentősen csökkenti, hogy a pirolízis egység egy nagyméretű szennyezett talaj és hulladék kezelését végző üzem hulladékégetőjét és füstgáztisztító rendszerét használja.

2.3.4.3.2. Példa pirolízis és energiatermelés kombinációjára

A bemutatott példában a pirolízis egységet úgy alakítják ki, hogy az csatlakozzon egy már üzemelő erőműhöz. A pirolízis egység két sor forgódobos kemencéből áll majd, melyek települési hulladéokra vonatkozó tervezett átmenő teljesítménye egyenként 50 000 t/év. A kazán teljes kapacitású működése esetén a pirolizált kiegészítő tüzelőanyagok égetése teszi ki a teljes hőmennyiség 10%-át.

A ConTherm üzem műszaki jellemzői

Az oxigénmentes környezetben, közvetetten fűtött forgódobos kemencékben kb. 500°C-ig végzett hevítés az előkezelt hulladék hőbomlását eredményezi. A szerves összetevők gáz halmazállapotú szénhidrogénekre bomlanak szét. A folyamat során kokszt, pirolízis gáz és inert anyagok keletkeznek.

A beadagolt hulladékokban jelenlévő fémek a kezelés során tiszta fém formájában kinyerhetők. Erre a célra a forgódobos kemence sor kimeneti végén hasznosításra előkészítő üzemet hoztak létre, ahol elvégzik a szilárd maradékok frakciókra bontását. A maradékot durva (fémek, inert anyagok) és finom frakciókra osztják. A szén 99%-a a finom frakcióban, pirolíziskokszt formájában van jelen. Rostálás után a durva frakció nedves salakkihordóba kerül, lehűl, majd egy feldolgozó üzemben vas- és nemvas-fémekre válogatják szét.

A hőenergia a kemence falán keresztül sugárzó energia formájában kerül leadásra, kisebb részben pedig a kemence belsejében mint konvekciós hő adódik át a hulladékba. A pirolízisre használt forgódobos kemencét 450-550°C-re hevítik, ahol a kigázosodás egy órán belül megtörténik.

A keletkező pirolízisgáz az alábbi összetevőket tartalmazza:

- vízpára
- szén-monoxid
- hidrogén
- metán
- hosszú szénláncú szénhidrogének

A pirolízisgázt ciklonban pormentesítik. A kiválasztott por és szénrészecskék a pirolíziskokszba kerülnek.

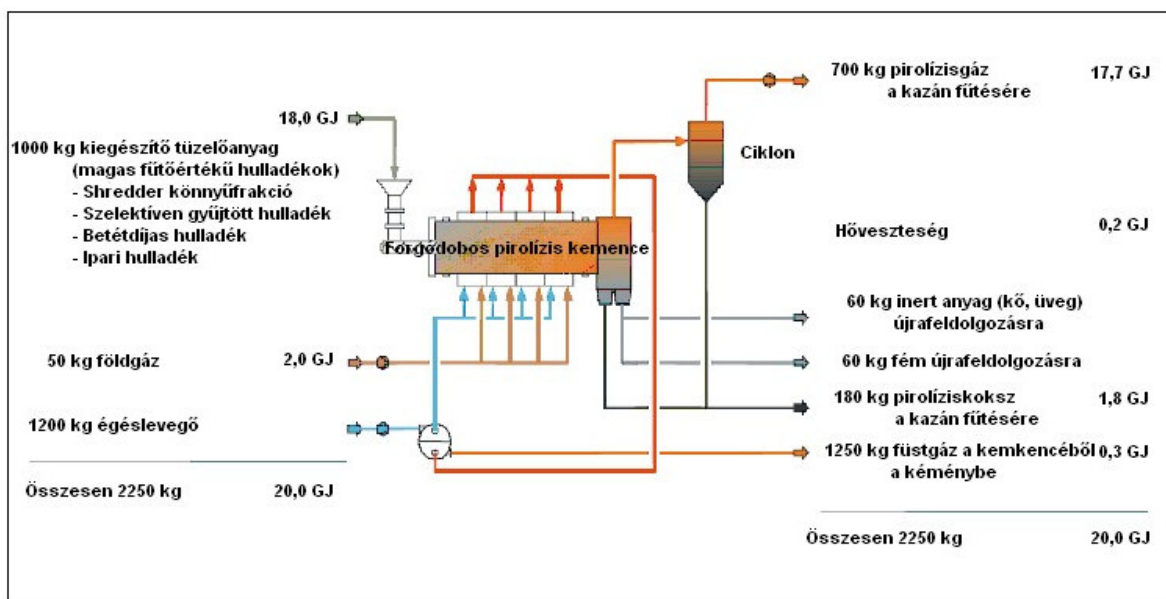
A Con-Therm üzem integrálása az erőműbe

Az erőmű kemencéjének maximális termikus teljesítménye 790 MW. Az energiatermeléshez a rendszeresen használt tüzelőanyagok —szén, kokszt és petrolkokszt— mellett pirolíziskoksz és pirolízis gáz is felhasználható.

A pirolíziskokszot először a széntároló bunkerekbe ürítik, a szénnel együtt megőrlik majd porbefúvón keresztül a kazánba adagolják. A pirolízis termékek égetése kb. 1 600°C-on zajlik. Az égetés során a szerves összetevők szén-dioxiddá és vízzé alakulnak. A tisztítatlan füstgáz magas kén- és klórtartalma, és a kb. 120°C-ra történő hűtés következtében további dioxin-képződés nem lehetséges. Az összes olyan toxikus összetevő, amely nem alakult gázzá, az olvasztókamrában keletkező granulátumban kötődik meg, a recirkulált lebegő porral és az őrlött inert anyagokkal együtt.

Energia- és tömegmérleg

A ConTherm üzem energia- és tömegmérlegét a következő diagram mutatja be:



2.3.18 ábra: A ConTherm üzem energia- és tömegmérlege

A hulladék üzemanyag fűtőértékétől függően (pl. 15-30 MJ/m³) a primer tüzelőanyag, pl. szén felhasznált mennyiségének 0,5-1 t kőszén/t hulladékból származtatott üzemanyag értékre csökkentése is lehetséges.

A levegőbe történő kibocsátásokról nem állnak rendelkezésünkre adatok.

Költségek:

Mivel a pirolízis üzem széntüzelésű erőműhöz kapcsolódik, amely felhasználja a pirolízis termékeket, az új beruházások (és az ezekhez kapcsolódó befektetési tőke igény) az alábbiakra korlátozódnak:

- hulladék átvétele és tárolása (bunker)
- forgódobos kemence rendszer a szükséges fűtőberendezésekkel, és
- az értékes anyagok feldolgozását szolgáló rendszerek

Az égetési infrastruktúrát, a hőhasznosító rendszert, a füstgáztisztítást és a kéményt az erőmű biztosítja. Az erőmű feldolgozó berendezéseinek, gépeinek és infrastruktúrájának használata csökkenti a beruházási költségeket, ezzel párhuzamosan pedig kamattörlesztést. Ezen felül a személyzeti, működési és fenntartási költségek is alacsonyabbak. Ennek eredményeként egy tonna hulladék ártalmatlanításának költségei szintén csökkennek, és alacsonyabbak lehetnek, mint az önállóan működő hulladékegetők esetében.

2.3.4.4. Kombinált eljárások

A címben szereplő kifejezés a különböző termikus folyamatok (pirolízis, gázosítás, égetés) kombinációit alkalmazó folyamatokra utal.

2.3.4.4.1. Pirolízis – égetés

A két technika kombinációját a fejlesztés változatos szintjein álló alkalmazásokban használják:

Forgódobos kemencében végzett pirolízist követően a gáz halmazállapotba kerülő kátrányok és olajok kondenzációja, majd a pirolízis gáz magas hőmérsékleten végzett égetése. Németországban egy ilyen típusú üzem felszerelése nem járt sikerrel.

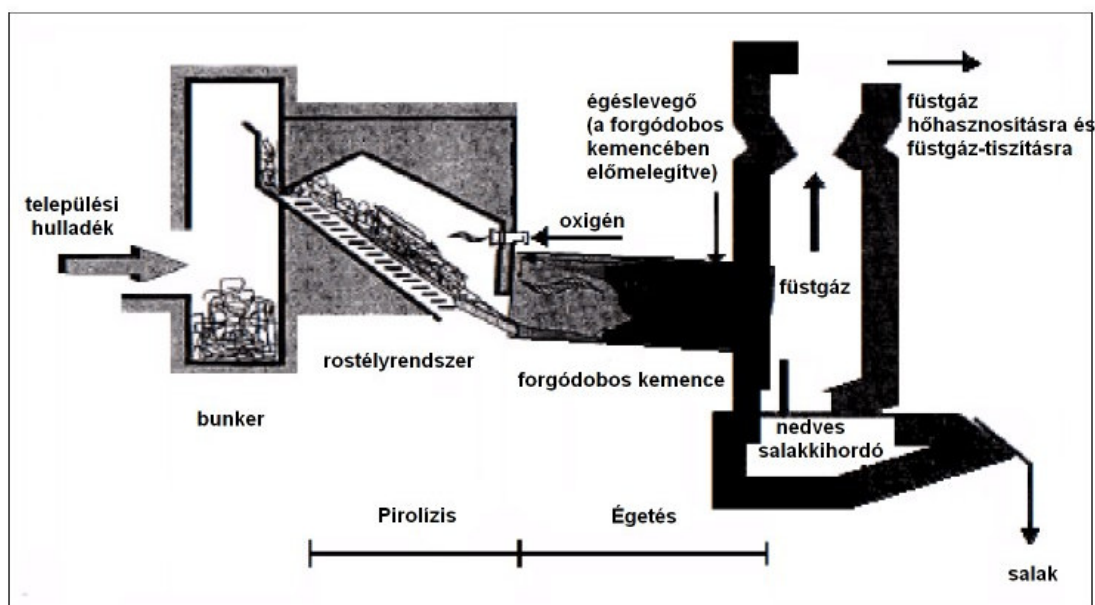
Forgódobos kemencében végzett pirolízist követően a gáz halmazállapotba kerülő kátrányok és olajok kondenzációja, majd a pirolízis gáz, pirolízis olaj és pirolízis koks magas hőmérsékleten végzett égetése.

Rostélytüzeléses kemencében végzett pirolízishoz közvetlenül kapcsolódó, magas hőmérsékleten végrehajtott égetés

A fenti folyamatok szilárd maradékai szemcsés állagúak, amely előnyt jelent a későbbi hasznosítás vagy ártalmatlanítás során. A (víztelenített vagy szárított) szennyvíziszap együtt kezelhető a települési hulladék frakciókkal.

A 2. számú eljárás alapelveit tekintve hasonló az 1. számúhoz, de két fontos vonatkozásban mégis eltér tőle:

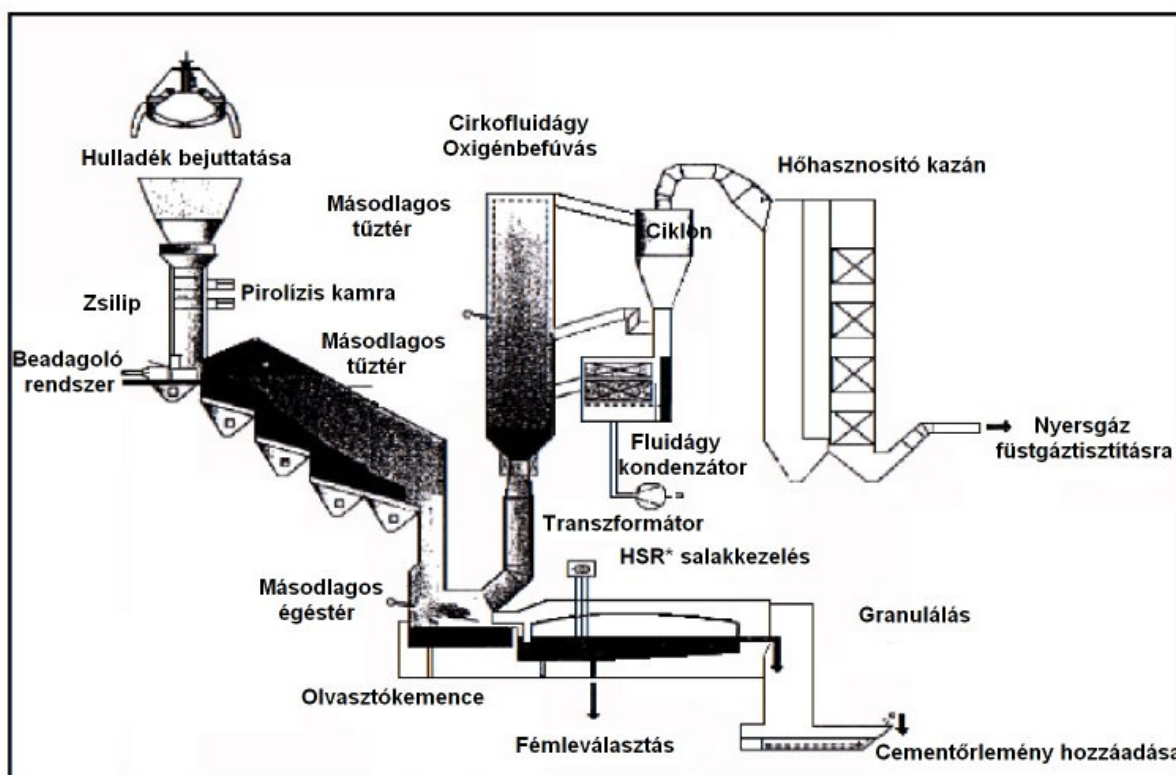
- a forgódobos kemencéből kikerülő pirolízis gázt az olaj, por és víz leválasztásához lehűtik
- ezután magas hőmérsékleten végzett oxidáció következik speciális kemencében, ahol a pirolízis termékek, olaj-víz-por keverék, pirolízis koks és a pirolízis gáz elég, a szilárd maradékok pedig folyékony olvadékba kerülnek.



2.3.19 ábra: Rostélytüzelésű kemencében végzett pirolízis közvetlenül kapcsolódó, magas hőmérsékletű égetéssel

A rostélytüzeléses kemencében végzett pirolízissel kombinált magas hőmérsékletű égetés rendszerét (2.3.19 ábra) a hagyományos rostélytüzelésű hulladékégetés alapján fejlesztették ki, folyékony olvadék létrehozása céljából. A hulladékot először közvetlen hevítéssel a rostélyon pirolizálják. Az erre felhasznált hő a pirolízis gázok tiszta oxigén jelenlétében végzett részleges elégetéséből származik. A második lépésben a pirolízis termékeit (pirolízis

gáz, pirolízis koks és inert anyagok) a közvetlenül kapcsolódó forgódobos kemencében magas hőmérsékleten elégetik, illetve olvasztják. A felhalmozódó olvadék üveget, kővet, fémeket és egyéb inert anyagokat tartalmaz, a fenti felsorolásban bemutatott 1. számú eljárás megfelelő termékétől különbözik.



2.3.20 ábra: Az RCP (Duotherm) eljárás

*HSR: Holderbank Smelting Redox (Holderbank olvasztásos redoxi folyamat)

Az RCP eljárás (2.3.20 ábra) a rostélyon végzett pirolízis és közvetlenül kapcsolódó magas hőmérsékletű égetés rendszerének továbbfejlesztése. Az olvadt salakból kinyerik a fémeket, majd egy speciális másodlagos kezelés során beton adalékká alakítják. Németországban az RCP eljárást most először alkalmazzák ipari méretekben, egy 90 000 t/év átmenő teljesítményű üzemben (melynek bekerülési költsége kb. 88 millió EUR volt), az üzem Bremerhaven már működő hulladékégetőjéhez kapcsolódik.

A fenti három, pirolízist alkalmazó kombinált eljárásban használt füstgáztisztítási technikák alapvetően nem különböznek a hagyományos települési hulladékégetőkben alkalmazott módszerektől, a felhalmozódó maradékok és reakciótermékek ugyanazok. A termékek típusa és összetétele főként a választott füstgáztisztítási technika függvényében alakul. A települési hulladékégetéstől eltérően viszont a szűrőporok visszavezethetők az olvasztókamrába.

Pirolízis és égetés kombinációja kórházi hulladék kezelésére – egy holland példa

A nem specifikus kórházi hulladékot a kórházakból és egyéb egészségügyi intézményekből (házi orvosok, fogorvosok, állatorvosok) rendszeresen összegyűjtik. A hulladékot az intézmények az erre a célra szolgáló 30 vagy 60 literes égethető badellákban gyűjtik, a már megtöltött badellákat többet nem szükséges megnyitni. A hulladékot a badellákkal együtt elégetik, a badellák kiegészítő tüzelőanyagként szolgálnak. A kórházakból és egészségügyi

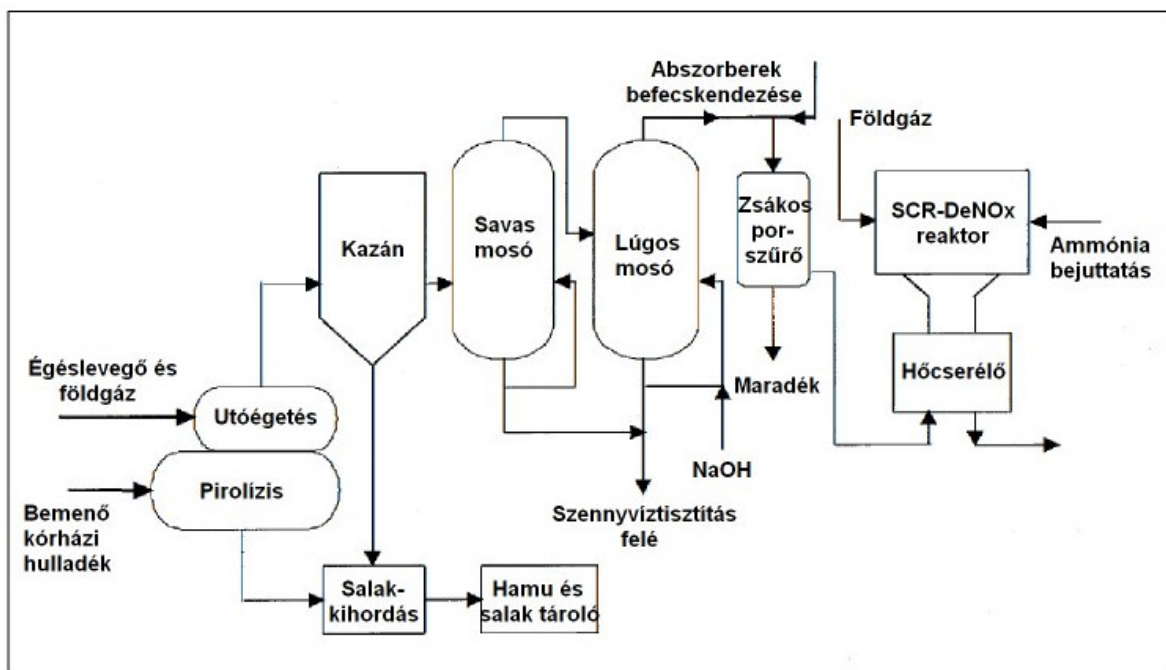
intézményekből származó nem kórházi hulladékot szintén összegyűjtik, és az egyéb települési hulladékkal azonos módon kezelik.

Az összegyűjtött hulladékot a helyszínen zárható szállítókonténerekben tárolják. A tartályokat félautomata rendszerben gyűjtik össze és szállítják el a hulladékégetőbe, amely zárt épületben található. A hulladék légszilipen keresztül jut a tüztérbe, hogy az ellenőrizetlen égéslevegő bejutása megakadályozható legyen.

Az égetés két lépcsőben zajlik (ld. 2.3.21 ábra). Az alsó égetőhelységben szabályozott pirolízist végeznek, melyet primer levegővel végzett égetés követ, ahogy a hulladék keresztülhalad a kamrán. Végül a maradék hulladék vízzel töltött salakkihordóba kerül, ahonnan a hamut láncos szállítószalaggal hordják ki.

A füstgázokat szekunder levegő befűtésével, szükség esetén kiegészítő tüzelőanyagok felhasználásával égetik el, kb. 1 000°C-on. Ezt követően a füstgázt telített gőzt termelő kazánban (gőzhőmérséklet: 225°C, nyomás: 10 bar), hőcserélőben és füstgázmosóban lehűtik. A gőzt a csatlakozó települési hulladékégetőbe vezetik, amely a gőzt felhasználja, a kazánvizet pedig visszajuttatja a rendszerbe.

A füstgázmosás során a savas összetevőket távolítják el, a folyamat két lépésben zajlik. A dioxinok eltávolításához a kezelt füstgázt felhevítik (hőcserélő és gőz-füstgáz hőcserélő segítségével), majd zsákos porszűrőn vezetik keresztül, adszorbeáló anyag (aktív szén és mész) jelenlétében, ezután SCR kezelés következik, a NO_x-kibocsátások csökkentésére. A kikerülő füstgázban mérhető kibocsátás-koncentrációk a Hollandiában érvényes határértékek alatt maradnak. A füstgáz 55 méter magas kéményen keresztül jut a levegőbe.



2.3.21 ábra: Példa kórházi hulladékot kezelő, pirolízist és égetést kombináló üzemre (ZAVIN, Hollandia)

2.3.4.4.2. Pirolízis – gázosítás

A pirolízis és a gázosítás kombinálása kétféleképpen valósítható meg:
a folyamatok szétválasztásával (pirolízis és azt követő gázosítás = konverziós folyamat)
közvetlenül kapcsolódó folyamatokkal

A konverziós eljárás:

A *konverzió* során a fémeket, illetve igény szerint az inert anyagokat a pirolízis után kinyerik. Mivel a pirolízis gáz és a pirolízis koksza a gázosításhoz hevítést igényel, az eljárás magasabb technikai és energetikai követelményeket támaszt, mint a *kapcsolódó folyamatok* alkalmazása. A füstgázból kondenzált vizet szennyvízként kezelik és elvezetik.

A konverziós folyamat során a hulladékot az első termikus fázis előtt aprítani és szárítani szükséges. Az első termikus kezelés többé-kevésbé megegyezik a koksizálás (svélezés) eljárásban alkalmazottal. Az ezt követő lépések:

- pirolízis forgódobos kialakításban
- szilárd maradékok kinyerése
- szénben gazdag finomfrakció leválasztása
- fémek és inert frakciók szétválasztása

A pirolízis gázt a pirolízis olajok és egyéb illékony összetevők kondenzációjához lehűtik. Ezután a pirolízis gáz a pirolízis olajjal és a finomfrakcióval együtt a második termikus fázisba kerül, amely áramlásos rendszerű gázosító reaktorban zajlik. Az olajat és a finom frakciót áramlásos rendszerben, magas nyomáson és 1 300°C-on gázosítják. A keletkező szintézisgázt megtisztítják és energiatermelés céljából elégetik. A szilárd maradékokat olvadt granulátum formájában, vízfürdőben eltávolítják. A szilárd maradékok típusa és mennyisége hasonló a Smoulder-burn eljárásban keletkező maradékoknál tapasztalhatóhoz.

Az alsó-szászországi Northeimben (Németország) évi 100 000 tonna települési hulladék és 16 000 tonna víztelenített szennyvíziszap kezelését biztosító konverziós üzem működését engedélyezték.

A folyamatok (pirolízis és gázosítás) közvetlen kapcsolásával talán nagyobb mennyiségű elektromos energia termelhető, de a fémek és az inert anyagok az olvadékba kerülnek, melyet jelenleg semmilyen célra nem lehet felhasználni.

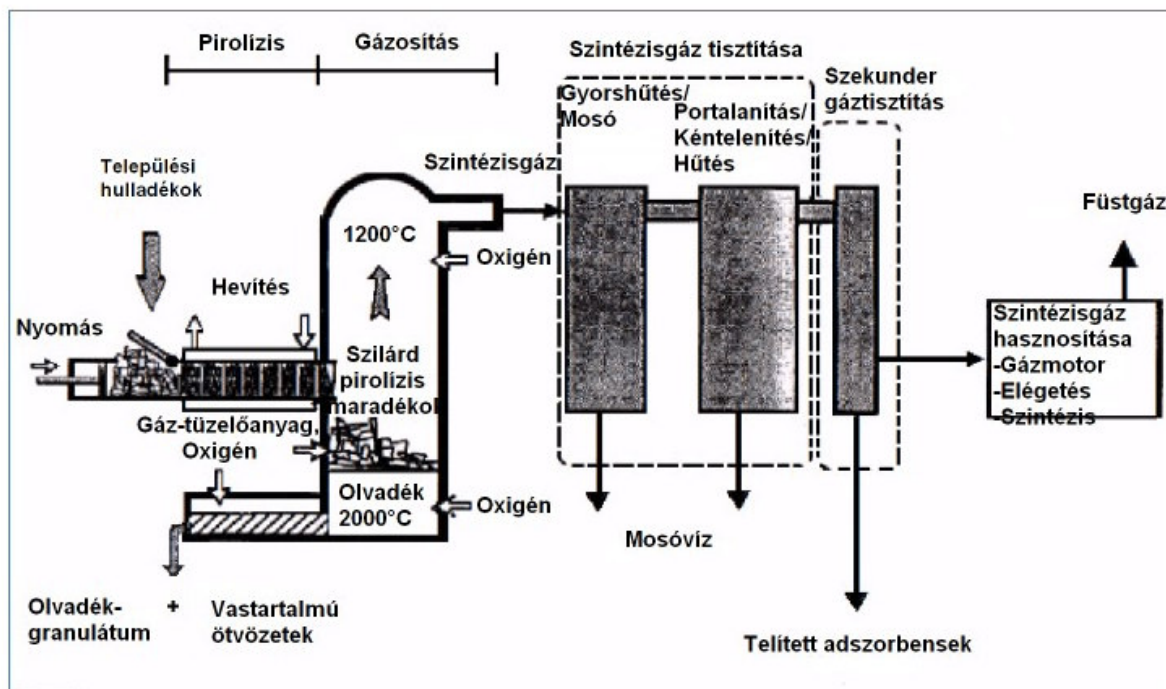
Pirolízist, gázosítást és olvasztást kombináló eljárás

Ebben az eljárásban (ld. 2.24 ábra) az aprítatlan hulladékot pirolizáló csatornában szárítják és részlegesen pirolizálják. Innen a hulladék közvetlenül és megszakítás nélkül az álló nyugvóágyas gázgenerátorba kerül. Itt a hulladékot oxigén hozzáadásával, 2 000°C-os maximális hőmérsékleten gázosítják (az alsó részben). A gázreaktor felső részébe is vezetnek tiszta oxigént, hogy a szintézisgázban megmaradó szerves részecskéket oxidáció, gázosítás és roncsolás révén elbontsák.

Bár a beszámolók szerint a hulladékok szélesebb skálájának kezelésére is alkalmas, ezt az elrendezést mégis inkább a települési és nem-veszélyes ipari hulladékok kezelésére alkalmazzák. A hulladék 6-18 MJ/kg alsó fűtőérték-tartományban, legfeljebb 60%-os nedvességtartalom mellett kezelhető. A rendszer lehetővé tette az akár 3,5% klórt is

tartalmazó, használt gépkocsi aprításból származó maradékok nagyjából ugyanolyan mennyiségű TSZH hozzáadásával történő kezelését,

A szintézisgázt gáztisztításnak vetik alá majd energiatartalmának hasznosításához elégetik. Az eredetileg szilárd halmazállapotú maradékok a reaktort olvadék formájában hagyják el. A tesztüzemek során a hulladék kezelése tonnánként 220 kilogrammnyi, kb. 30 kg fémeket tartalmazó salak keletkezésével járt.

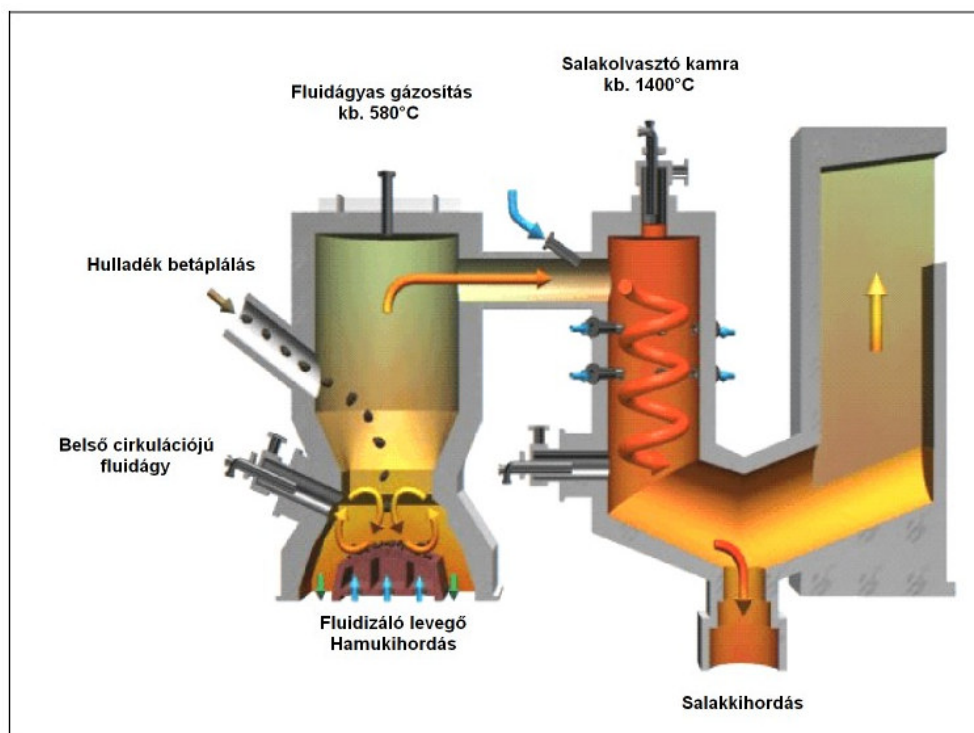


2.3.22 ábra: Pirolizáló csatorna sematikus ábrája (a bemutatott elrendezést a Thermoselect üzemelteti)

A németországi Ansbach mellett egy ilyen típusú, évi 108 000 tonna települési hulladék kezelését biztosító üzem építése jelenleg is folyamatban van. Karlsruhe mellett (szintén Németországban) egy másik, évi 225 000 tonna átmenő teljesítményű üzem is felépítettek, de ez még nem érte el a tervekben szereplő teljesítmény értéket. Japánban két ilyen típusú üzem működik (2003).

2.3.4.4.3. Gázosítás – égetés

A 2.3.23 ábra salakolvasztás céljait szolgáló, gázosítást és égetést kombináló üzemet mutat be:



2.3.23 ábra: Fluidágyas gázosítást és magas hőmérsékleten végzett égetést kombináló eljárás

A shredder maradékokat, hulladék műanyagot vagy aprított TSZH-t belső cirkulációjú buborékos fluidágyas rendszerben gázosítják, amely 580°C-on üzemel. A nagyobb méretű inert részecskéket és fémeket a fluidágy alján választják le az ágy anyagától, majd eltávolítják. Az ágy anyagát visszajuttatják a gázosítóba. A finom hamu, az apró szén szemcsék és az égethető gáz a ciklon égőterű salakolvasztó kamrába kerül, ahová a salakolvasztáshoz szükséges, rendszerint 1350-1450°C körüli hőmérséklet eléréséhez levegőt vezetnek be.

Az energiahasznosítás miatt a salakolvasztó kamra a gőzfejlesztő kazán szerves része.

A folyamat során keletkező hasznosítható hulladékok —az energia vagy gőz mellett— darabos fémek, megszilárdult salak (gyengén lúgos és stabil), és fémkoncentrátumok a szekunder hamuból.

Egyéb gázosítási eljárásoktól eltérően a gázosodás itt légköri nyomáson és nem tiszta oxigén, hanem levegő jelenlétében zajlik. A 300 mm-es részecske-átmérő biztosításához a TSZH-t aprításos előkezelésnek kell alávetni. Amennyiben a hulladék eleve ebbe a mérettartományba esik, aprítás nélkül is kezelhető. A bemutatott eljárást alkalmazó, jelenleg működő különböző üzemekben a TSZH mellett egyéb hulladékokat, pl. szennyvíziszapot, csontlisztet, kórházi hulladékot és ipari salakokat és iszapokat is kezelnek.

2.3.5. Egyéb technikák

2.3.5.1. Lépcsős és statikus kemencék

A statikus kemence egy tűzálló béléssel ellátott kamra, ahol a hulladék a kemence aljában ég el. A hulladékréteg fölött gyakran kiegészítő tüzelőanyagokat fecskendeznek be, a hőmérséklet fenntartása érdekében. Egyes esetekben a hulladék beadagolása egyszerűen egy ajtón keresztül történik (bár modern üzemekben ezt a megoldást ritkábban alkalmazzák, hiszen az égetési folyamatot az ily módon szabályozhatatlanul beáramló levegő instabillá teheti). A hulladék beadagolásának másik módszere a hidraulikus dugattyú alkalmazása, amely egyúttal a hulladék bolygatását is elvégzi. Ezekben a folyamatokban a hulladék gyakran elkülönített tételekben jut a kemencébe, a salakkihordás pedig az egyes tételek beadagolása közt történik. A salakkihordás eszköze általában valamilyen viszonylag egyszerű kialakítású kaparó rendszer. Idősebb, kisebb üzemekben a salakot manuálisan, kézi kaparókkal hordják ki, bár ez a szabályozhatatlan levegőbeszívárgás miatt a kemencében problémákat okozhat. Az efféle igen egyszerű technológiákat széles körben alkalmazták, különösen a kisméretű (<250 kg/ó) hulladékégetőkben, de mivel ezek a rendszerek a levegőtisztaság-védelmet, a hamu kiégetést stb. szabályozó modern jogszabályoknak az esetek többségében nem képesek megfelelni, manapság egyre ritkábban használják őket. A technológiát helyenként az állati tetemek, csomagolási hulladékok és egyes kórházi hulladékok ártalmatlanítására alkalmazták, de rendszerint csak a feljebb említett alacsony kapacitás értékei mellett.

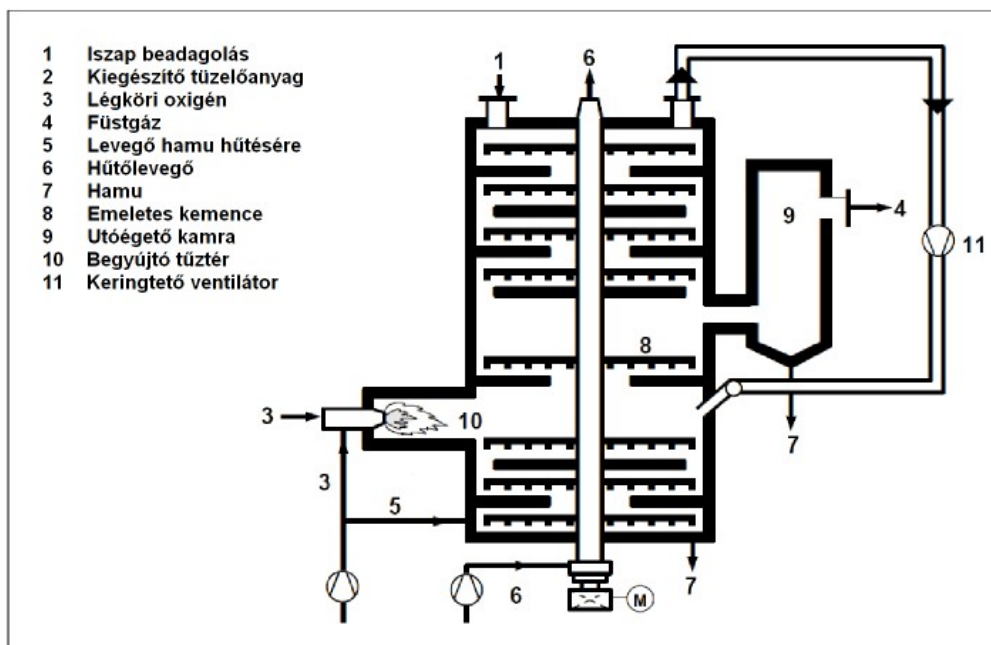
A lépcsős kemencék a statikus kemencék továbbfejlesztett változatának tekinthetők. A lépcsős kemencékben általában 2-4 statikus kemence helyezkedik el, lépcsős formában. A hulladékot rendszerint hidraulikus dugattyúkkal keresztül tolják a kemencén, illetve a lépcsőkön. A hulladék előrejutása a kemencében, illetve lehullása az egyes lépcsőfokokról biztosítja a bolygatást és javítja a kiégés hatásfokát. Az ilyen rendszereket továbbra is alkalmazzák, főleg az óránként 1 tonnánál kisebb kapacitású üzemekben. A beadagolás eszköze általában légmentesen lezárt adagológarat vagy hidraulikus szakaszos adagoló. A salakkihordás rendszerint folyamatos. Vízfürdős megoldás is alkalmazható, amely légmentes záródást biztosít és megakadályozza a levegő beszívárgását a kemencébe. Az ilyen rendszerek bizonyos hulladékok esetében képesek megfelelni a modern jogszabályi előírásoknak. A hulladék kiégésének minősége változó, és nagymértékben függ a hulladék típusától – a hulladék aprítással történő előkezelése rendszerint segíti a megkövetelt kiégetési minőség biztosítását.

2.3.5.2. Emeletes kemencék

Az emeletes kemencéket általában az iszapok égetésére használják (pl. szennyvíziszapok).

Az emeletes kemencékben (ld. 2.26 ábra) egy hengeres, bélelt acélköpeny foglalja magában a vízszintes szinteket, valamint a középen lévő tengelyre erősített kaparókarokat. A kemencét tűzálló falazattal bélelik. A szárítást, égetést és hűtést szolgáló kemenceszintek száma a maradékok tulajdonságaitól függ. Az emeletes kemencében ezenkívül még indító égőfej, iszapadagoló mechanizmus, valamint cirkulációs- és friss levegőt biztosító ventilátorok, friss levegő befúvók találhatók.

A szennyvíziszapot a kemencébe a szennyvíziszapot felülről adagolják be, az iszap a különböző szinteken keresztül lefelé halad, az alulról adagolt égéslevegő áramlási irányával ellentétesen. A kemence felső szintjei biztosítják az iszap kiszáradását, ahol az iszap leadja nedvességtartalmát, miközben a forró füstgázok lehűlnek.



2.3.24 ábra: Emeletes kemence általános működési vázlata

Az elégetendő anyagot a legfelső kemenceszinten adagolják be. Az anyagot a fogazott kaparókarok elkapják, megbolygatják, szétterítik és folyamatos forgó mozgással átviszik a kemenceszinteken. Az iszappal ellentétes irányban a legfelső égetési szint felől forró füstgázt áramoltatnak a szárító szinteken keresztül. Az iszapot a füstgáz kiszárítja és gyulladási hőmérsékletre hevíti. Az áramló levegő a száradás során gőzzel és lebegő részecskékkal dúsul. A levegőt ezek után az alsó égetési szintek felé vezetik.

Az égetés legnagyobbbrészt a középső szinteken zajlik. Az égetési hőmérséklet 980°C -ra korlátozódik, mivel az előltti értékek már elérnék az iszappól képződő hamu lágyulási hőmérsékletét, és beindulna a salak kiolvadása. A forró és toxikus füstgázok szivárgásának megakadályozására az emeletes kemencéket mindig gyenge vákuumban üzemeltetik.

A szerves iszaprészek szén-dioxiddá és vízzé alakulása 850 és 950°C közt történik. Amennyiben a kívánt égetési hőmérséklet támasztó tüzelés nélkül nem érhető el, indító égő használatára lehet szükség. Ezt a megoldást kiegészítő tüzelőanyag iszapba adagolása is helyettesítheti. Az iszap az alsóbb szinteken ellenáramú hűtőlevegő hatására körülbelül 150°C -ra hűl, majd a hamut a salakkihordó rendszerrel eltávolítják. A keletkező füstgázt utóégető kamrán áramoltatják keresztül, ahol a füstgáznak legalább 2 másodpercet el kell töltenie. Azok a szénalapú összetevők, melyek eddig nem alakultak át, itt oxidálódnak.

Az emeletes kemencét olyan iszapok égetésére alkalmazzák, ahol a keletkező hamu a fluidágyas égetés során a fluidágy anyagával működési problémákat okozó, alacsony olvadáspontú eutektikumot hozna létre.

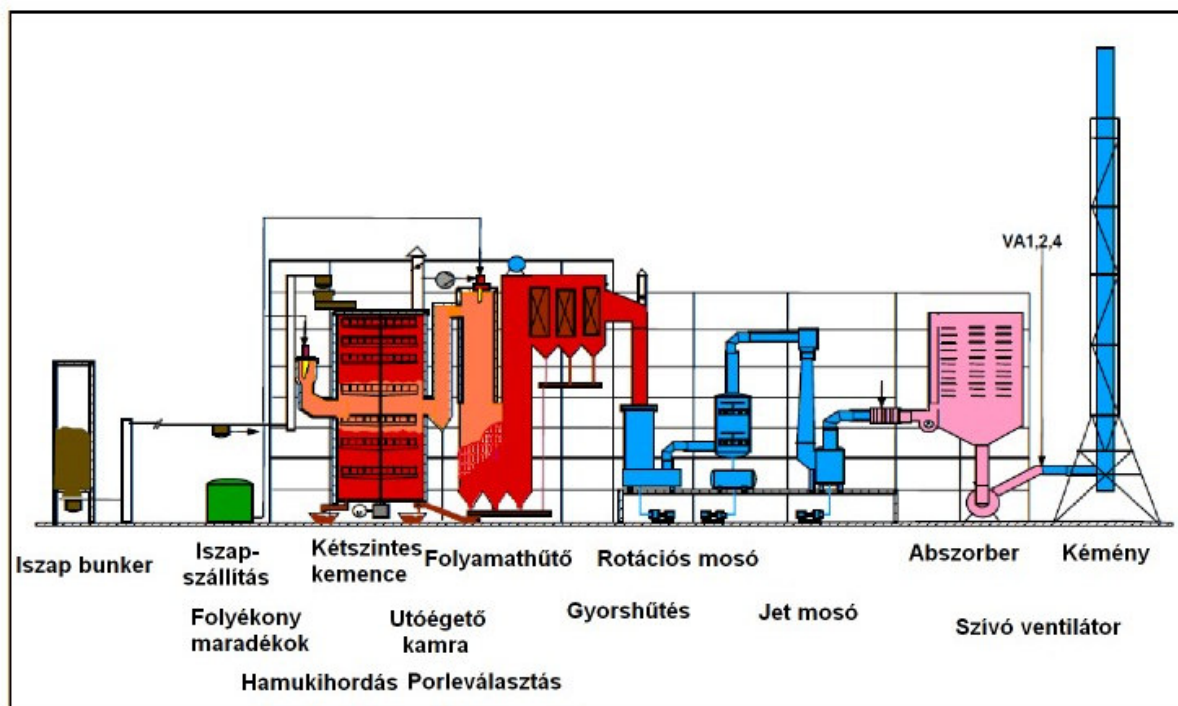
Az emeletes kemencék működtetése során a füstgázokat a legfelső szárítási szinten vezetik el, és innen kerülnek az utóégető kamrába (pl. egy tüztérbe). Ez azokon a helyeken előnyös, ahol a kazán eleve rendelkezésre áll, így a füstgázt van hová elvezetni. Az utóégetés és füstgáztisztítás is történik ezekben a létesítményekben.

Az emeletes kemencék legfontosabb működési paramétereit a következő táblázat foglalja össze:

Működési paraméter	Mértékegység	Érték
Párolgási kapacitás	kg/m ² ó	25-45
Hőkonverzió az égetési szinteken	GJ/m ² ó	0,4-0,6
Égetés vég hőmérséklete	°C	850-950
Tartózkodási idő, tüzelőágy feletti szabad tér és utóégető zóna	mp	min. 2
Légköri levegő előmelegítése	°C	max. 600

2.3.4 táblázat: Emeletes kemencék működési feltételei

A 2.3.25 ábra a szennyvíziszap égetését egy 80 000 t/év kapacitású égetőmű gyakorlati példáján keresztül mutatja be:



2.3.25 ábra: Példa szennyvíziszap égetésére emeletes kemencét alkalmazó égetőműben

A fenti ábrán bemutatott üzem alapvetően az alábbi részekből áll:

- emeletes kemence
- utóégető kamra
- hőhasznosító kazán
- többlépcsős füstgáztisztító rendszer

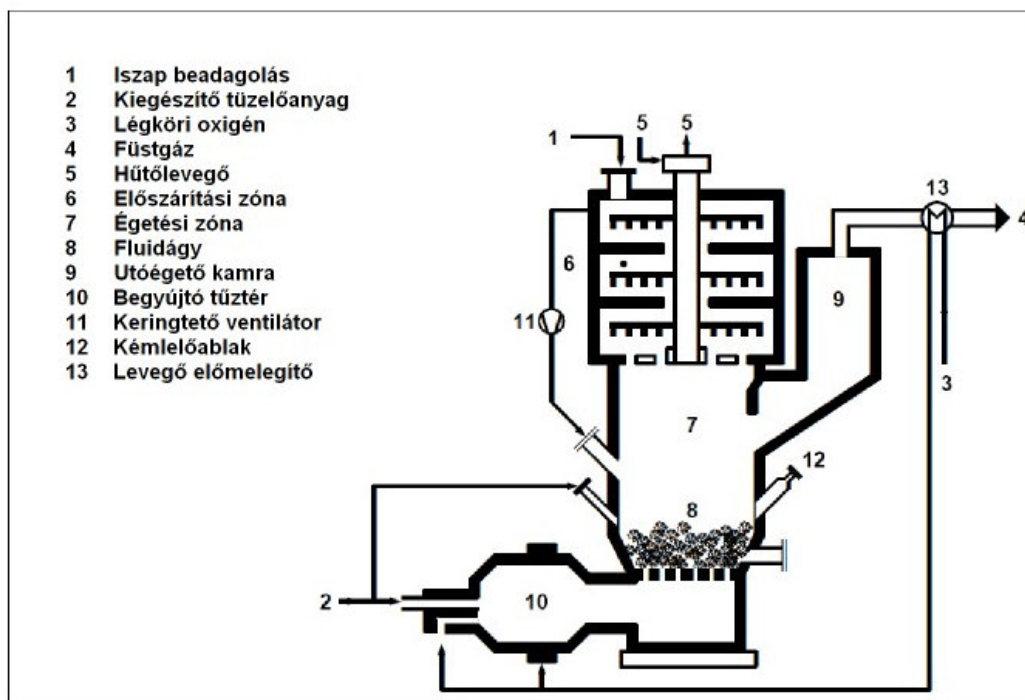
A felgyűlt szennyvíziszapot kondicionálják, ami annyit jelent, hogy adalékanyagokkal vagy egyéb módon szűrésre alkalmas formába hozzák. Az iszapot kamrás szűrőprésben a lehető

legnagyobb mértékben víztelenítik, majd átmenetileg bunkerban tárolják. Innen az iszaplepenyt serleges felhordóval adagolókosarakba rakják. Az adagolókosarak egyenként kb. 1,5 tonnás kapacitásúak. Az adagolókosarakból az iszap a kemence legfelső szintjén a töltőtartályba kerül, ahonnan folyamatosan a kemencébe adagolják. A rendszer óránként akár 12 tonna szennyvíziszap feldolgozására is alkalmas, ami nyolc adagolókosár tartalmának felel meg.

2.3.5.3. Emeletes fluidágyas kemence

A nyugvó fluidágyas kemence szabad terébe számos szintet építenek be, melyeken az iszapot a füstgáz felhasználásával ki lehet szárítani. Ennek az előszárítási eljárásnak az eredményeként magában a fluidágyban már csak kis mennyiségű vizet kell elpárologtatni, ami azt jelenti, hogy az ágy anyagát tartó rostélyt, illetve az egész kemencét kisebbre lehet méretezni.

Az emeletes fluidágyas kemencében az egyenletes égést a levegő ellátás, a homok beadagolás és az egyes szinteken, valamint a fluidágyban végbemenő párolgás együttes optimalizálása biztosítja. A magasabb hőmérsékletek (a kemencefej és a kemence vége közti hőmérséklet különbségek) elkerülésével csökkenthető az NO_x képződése.



2.3.26 ábra: Emeletes fluidágyas kemence általános működési vázlata

2.3.5.4. Moduláris rendszerek

A hulladék szelektíven is égethető, olyan kisebb méretű létesítményekben, amelyek

- bizonyos hulladékok
- bizonyos előkezelésben részesült hulladékok
- célzott elégetését végzik.

Az ilyen specializált hulladékégetési tevékenységeket gyakran egyedi kialakítású kereskedelmi vagy ipari létesítményekben végzik, melyek egyenletes összetételű hulladékáramokat fogadnak. Ennek eredményeként az ilyen létesítményekben, bár jóval kisebb mennyiségű hulladékot kezelnek, mint a nagy tömegben érkező hulladékot kezelő hulladékégetők, a működési feltételek optimalizálhatók.

Az egyik gyakran használt kialakítás a léghiányos vagy kétfokozatú hulladékégető, amelyben a hulladékot a kemence elejénél részben elégetik, részben pirolizálják, míg a hátsó végénél a keletkező szenet teljesen kiégetik.

A kemence kialakításától függően az ilyen rendszerekben többféle hulladék égethető. A moduláris, részben pirolitikus rendszer a speciális nem veszélyes ipari hulladékok (pl. csomagolási- és papírhulladékok, halfeldolgozó-ipari hulladékok) kezelését éppúgy lehetővé teszi, mint az előkezelt (aprított) települési hulladék sikeres ártalmatlanítását. Európában a rendszert alkalmazó 35 000-70 000 tonnás éves kapacitású üzemek működnek. Ezekben az üzemekben a jelentések szerint az NO_x -kibocsátás speciális eljárások alkalmazása nélkül is 100 mg/m^3 alatt marad, ennek legfőbb oka a megfelelő odafigyeléssel kialakított égetési rendszer és égésszabályozás. Miközben az ehhez hasonló méretű, tömeges égetést végző hulladékégetőkben egységnyi hulladék ártalmatlanításának költsége igen magas, a speciális hulladékáramokkal dolgozó rendszerekben ez a költség csökkenthető, az alábbiak együttes eredményeként:

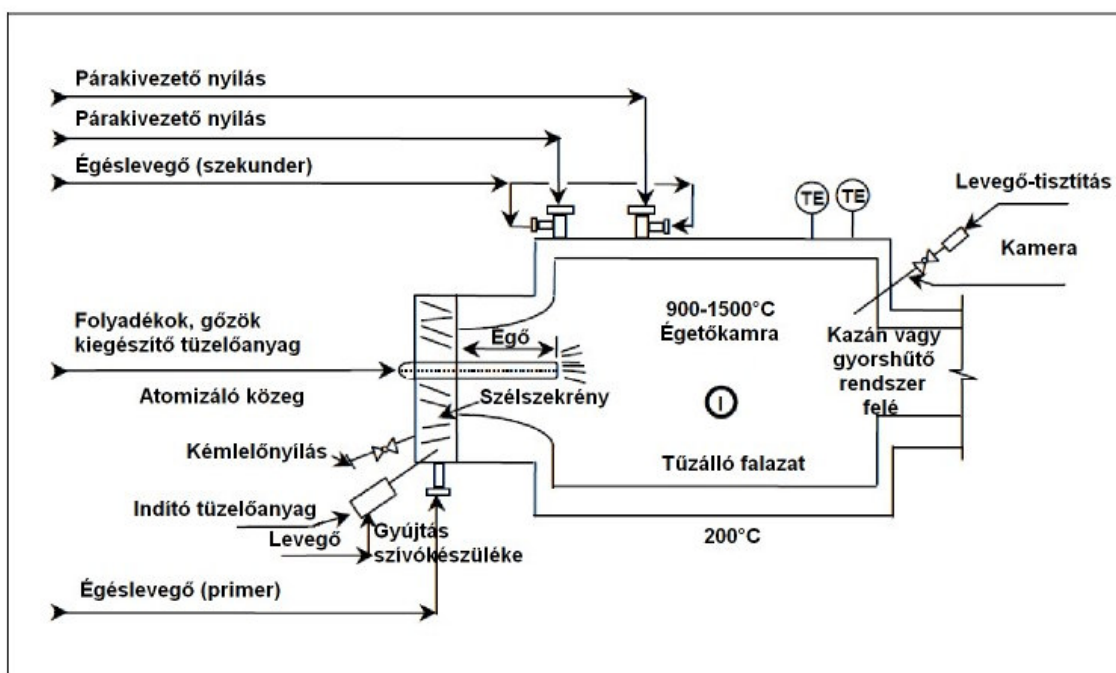
- egyszerű és kisméretű füstgáztisztító rendszerek alkalmazása is elegendő, mert a füstgáz jellemzői nem annyira változékonyak
- az üzemeket közvetlenül a hőfelhasználók mellé telepítik, így javítják az energiaszolgáltatást és növelik a bevételeket, ami ellensúlyozza a hulladék ártalmatlanítási költségeit.

2.3.5.5. Égetőkamrák folyékony és gáz halmazállapotú hulladékok kezelésére

Az égetőkamrákat specifikusan a folyékony és gáz halmazállapotú hulladékok, illetve folyadékokban eloszlott szilárd részecskék kezelésére alakították ki (ld. 2.29 ábra). Az égetőkamrákat elterjedten alkalmazzák a vegyiparban, folyadékok és folyamatgázok égetésére. A klórtartalmú hulladékok esetében sósav kinyerésére is lehetőség van.

A veszélyes hulladékokat égető üzemekben alkalmazott utóégető kamrák alapvetően szintén égetőkamrák. Egy Ravennában (Olaszország) üzemelő létesítményben az utóégető kamra olyan méretekkkel rendelkezik, hogy a teljes termikus folyamat ott zajlik le.

Az üzemhőmérsékletet rendszerint úgy választják meg, hogy a kamrába adagolt hulladék megfelelő ártalmatlanítását biztosítani lehessen. Egyes esetekben a speciális hulladékáramok kezelése során katalizátoros rendszereket használnak, melyek alacsony ($400\text{--}600^\circ\text{C}$) hőmérsékleten üzemelnek. Általában 850°C -ot meghaladó hőmérsékletet a nem-katalizátoros kamrákban tartanak fenn. Gyakran alkalmaznak kiegészítő tüzelőanyagokat is, a stabil égéskörülmények fenntartása érdekében. Az égetőkamrákban hőhasznosításra is lehetőség nyílik, az égéshővel hőhasznosító kazánban forró víz/gőz termelhető.



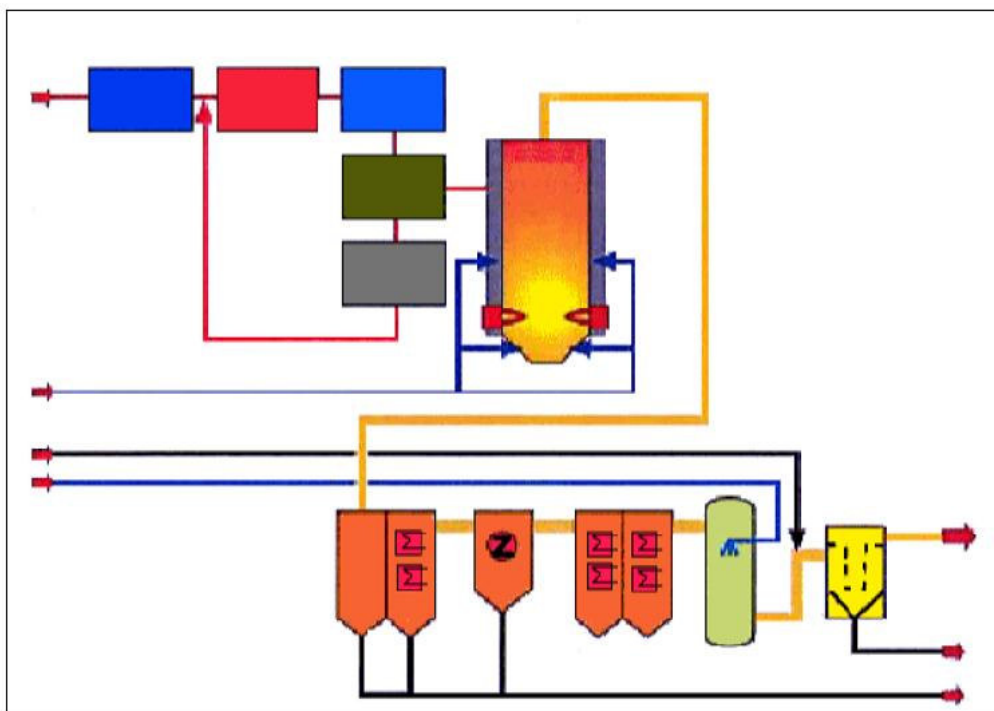
2.3.27 ábra: Folyékony és gáz halmazállapotú hulladék égetésére szolgáló égetőkamra működése

2.3.5.6. Ciklon rendszerű égetőkamra szennyvíziszap kezelésére

A ciklon rendszerű égetőkamrákat eredetileg a hulladékégetőkben keletkező füstgáz tisztítása során nyert kokszt égetésére dolgozták ki, de ma már a szennyvíziszap termikus kezelésére is felhasználják. A tüzelőanyag begyulladásához 1-5 mm közötti részecskeméret tekinthető optimálisnak, ezért ez az égetőkamra típus csak szárított szennyvíziszap granulátumok kezelésére alkalmas.

A tüzelőanyag granulátumot gravitációs úton, egy léghűtéses fémgarathoz hasonló kialakítású sugárirányú surrantón vezetik be az égetőkamra alsó részébe. Az égetőkamrába több furaton át, különböző magasságokban vezetik be a légköri oxigént: a primer levegő a garat alsó részén, szögben érkezik a tűztérbe, míg a szekunder levegőt tangenciálisan, különböző magasságokban elhelyezkedő furatokon át vezetik be a tüzelőanyagba. A primer és a szekunder levegő eloszlása az adott tüzelőanyag tulajdonságaitól függően változik.

A szennyvíziszap égetése egyenletes, 900 és 1 000°C közti hőmérséklet eloszlást igényel az égetőkamra teljes tűztérében. A módszer alkalmazásával a hamu hőmérséklete olvadáspont alatt tartható. A lebegő por a füstgázokkal együtt távozik az égetőkamrából. A durva szemcsék addig keringenek a tangenciális áramlattal, míg az égetés hatására eltávolítható finom szemcsékké esnek szét. A nyershamu, maradék kokszt és fémmaradványok egy zsiliprendszeren keresztül az égetőkamra alján hagyják el a tűztérét.



2.3.28 ábra: Ciklon rendszerű égetőkamra vázlata

2.3.5.7. Példa folyékony és gáz halmazállapotú klórtartalmú hulladékok égetésére, HCl kinyerése mellett

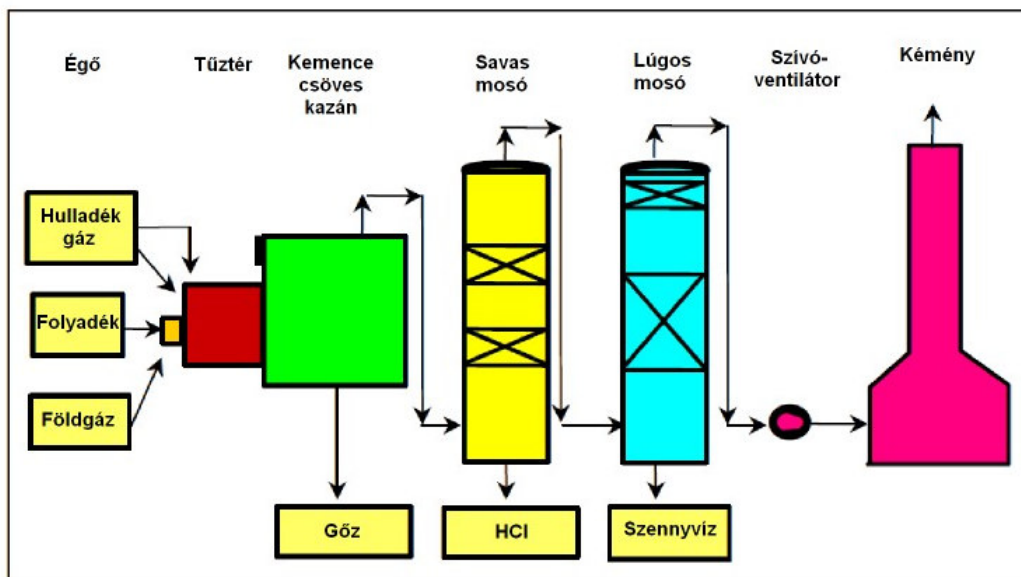
A eljárás részei:

- az égetőkamra
- a gőzfejlesztő
- a HCl visszanyeréssel kombinált füstgáztisztító rendszer
- a kémény (ld. 2.31 ábra)

Az üzemben a keletkező hő felhasználása mellett folyékony és gáz halmazállapotú klórtartalmú hulladékokat kezelnek, és sósavat gyártanak.

A hőt gőzgenerátorban használják fel gőz előállítására (212°C, 20 bar) melyet további felhasználásra elvezetnek. Az égetés során keletkező füstgázokban lévő részecskéket leválasztják, majd a füstgáz tisztító üzemben a lehető legmagasabb koncentrációjú sósavat állítják elő belőlük. A sósav kivonása és felhasználása rendszerint az üzemen belül történik.

A gáz halmazállapotú égetési maradékok (füstgázok) csővezetékeken keresztül kerülnek a HCl visszanyerését végző egységbe. Égetés előtt minden füstgázáramot külön tároló konténerbe vezetnek. A csöveket a füstgázok osztályozásának megfelelően látják el a megfelelő visszacsapás-gátló szerelvényekkel. A csövek száma a szabályozási rendszertől függ. A térfogatáramot nyomás- és hőmérséklet-kompenzált áramlásmérőkön keresztül gyűjtik be. A füstgázokat ezután maximum nyomásértéket ellenőrző nyomásszabályozón keresztül az égetőkamrába vezetik. Az égetőkamrába vezető összes füstgázvezeték a fentiekén kívül vészleállító szelepekkel is fel van szerelve.



2.3.29 ábra: Hulladékgázokból és folyékony halogénezett hulladékokból HCl-t előállító üzem működési vázlata

A folyékony hulladékokat szállító csővezetékek szintén rendelkeznek vészleállító szelepekkel. Minden folyékony hulladékot egy égőfejbe vezetnek, amely az égetőkamra elülső részénél helyezkedik el. A folyékony hulladékok elpárolgatása túlnyomáson és/vagy gőz segítségével történik, melyet külön mennyiség-szabályozón keresztül vezetnek az égőbe. Az égőbe ezen kívül lándzsákon keresztül különböző füstgázáramokat juttatnak be. Minden ilyen lándzsa koncentrikus csövekből áll. Így több különböző füstgázáram elkülönített bevezetése is megoldható. A korrózió elkerülésének érdekében, illetve hűtés céljából a lándzsákra a külső körkörös nyíláson keresztül folyamatosan levegőt fúvatnak.

Az üzem beindításához, és az égetőkamra egyenletes hőmérsékletének fenntartásához primer energiaforrás (földgáz) szükséges. Egy elkülönített fűvószerelvényen keresztül az égőfejbe is vezetnek gázt. A földgáz áramlását mennyiség-szabályozó szabályozza, az égőfejbe pedig a gáz az égetőkamra hőmérsékletének alapján működő nyomásszabályozón keresztül jut be. Az égőfejbe, az begyújtó lánghoz vezető földgázvezetékben két automata kioldóval ellátott automata vészleállító szelep található.

Az égőfej megfigyelésére két független lángmegfigyelő riasztórendszert (infravörös és ultraibolya) alkalmaznak. Ezenkívül az égő lángjának megfigyelése megfigyelő ablakon keresztül, illetve a hőhasznosító kazán hátsó falán elhelyezett televíziós kamera segítségével is lehetséges. A levegő mennyiségét a megfelelő nyomásmérők segítségével és a ventilátor által keltett nyomás adataival rögzítik.

A henger alakú égetőkamrát úgy alakítják ki, hogy a szokásos működési körülmények közt általában 1 100°C-nál magasabb üzemhőmérséklet mellett minden hulladék megfelelő időt töltsön el a tüztérben a tökéletes kiégéshez. Az égetőkamra 1 600°C-ig üzemel. Az üzemhőmérsékletet hőmérőkkel folyamatosan figyelemmel kísérik. A magas hőmérséklet miatt a teljes égetőkamrát, egészen a gőzfejlesztő kazán bemenetéig tűzálló falazattal bélelik. Az égetőkamra külső burka kazánlemezéből készül. A hasznosítható HCl legmagasabb koncentrációban való kinyerésével párhuzamosan végzett füstgázmosás két mosótoronyban történik. A klórtartalmú hulladékok kezelése 5-20%-os sósav kinyerését teszi lehetővé.

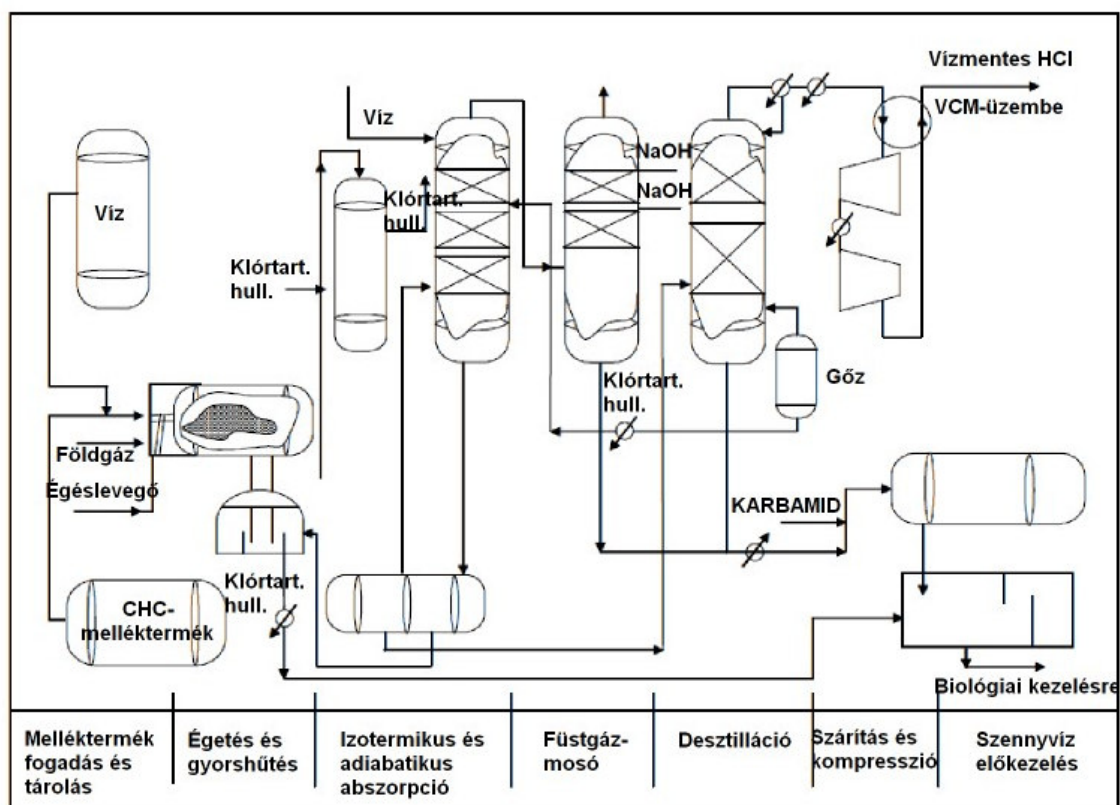
2.3.5.8. Példa magas klórtartalmú folyékony hulladékok égetésére vízmentes sósavgáz kinyerése mellett

A bemutatott égetőmű, amely magas klórtartalmú folyékony hulladékok (klórozott szénhidrogének) kezelését végzi, egy ipartelepen található. Az üzem teljes kapacitása 36 000 t/év. A feldolgozott hulladék részben az ipartelepről, részben külső ügyfelektől származik. A hulladékban a szilárd részecskék aránya (<10 g/kg), valamint a fluor-, kén- és nehézfém-tartalom korlátozott. Az üzemben PCB-ket (poliklórozott bifenileket) is kezelnek.

Az égetést két kemencében, 1 450-1 550°C közti hőmérsékleten végzik (a gázok 0,2-0,3 másodpercet töltenek a tüztérben). Ezt a hőmérsékletet általában támasztó tüzelés nélkül fenn lehet tartani. A Cl₂ keletkezésének megakadályozására vizet fecskendeznek be. A kemence elhagyása után a füstgáz egy hűtőszakaszon halad keresztül, ahol a hőmérséklete kb. 100°C-ra csökken. A keringő folyadékból az oldhatatlan anyagokat és nehézfém-sókat hűtőtartályban választják le. A füstgáz ezután egy izotermikus és egy adiabatikus abszorberen halad keresztül. A visszanyert sósavat magas hőmérsékleten és nyomáson desztillálják, ezután a gázt -15°C-ra hűtik, hogy víztartalmát gyakorlatilag nullára csökkenthessék. A vízmentesített HCl-t vinil-klorid monomer üzemben dolgozzák fel.

A füstgázok a dioxin megkötéséhez lúgos mosón és aktív szén szűrőn haladnak keresztül. A füstgáz TOC, HCl-, NO_x-, O₂-, CO- és portartalmát folyamatosan ellenőrzik. A dioxinok és PCB-k koncentrációja a kibocsátásokban 0,1 ng TEQ/Nm³ alatt marad. Az egyéb levegőbe történő kibocsátások mértéke megfelel a Hollandiában érvényes határértékeknek.

A hűtőtartály és a füstgázmosó szennyvizét fizikai/kémiai kezelésnek vetik alá, majd biológiai szennyvízkezelő egységbe kerül. A szennyvíz dioxin tartalma <0,006 ng TEQ/l, a PCB-k mennyisége az érzékelhetőségi küszöb alatt marad (<10 ng/l).



2.3.30 ábra: Az Akzo Nobel által üzemeltetett, klór visszanyerését végző üzem folyamatábrája

A bemutatott célzott hulladékégető legfontosabb előnye, hogy lehetővé teszi a sósavgáz kinyerését. A működési költségeket csökkenti, hogy az üzem egy nagyobb vegyipari létesítmény része.

2.3.5.9. Szennyvízégetés

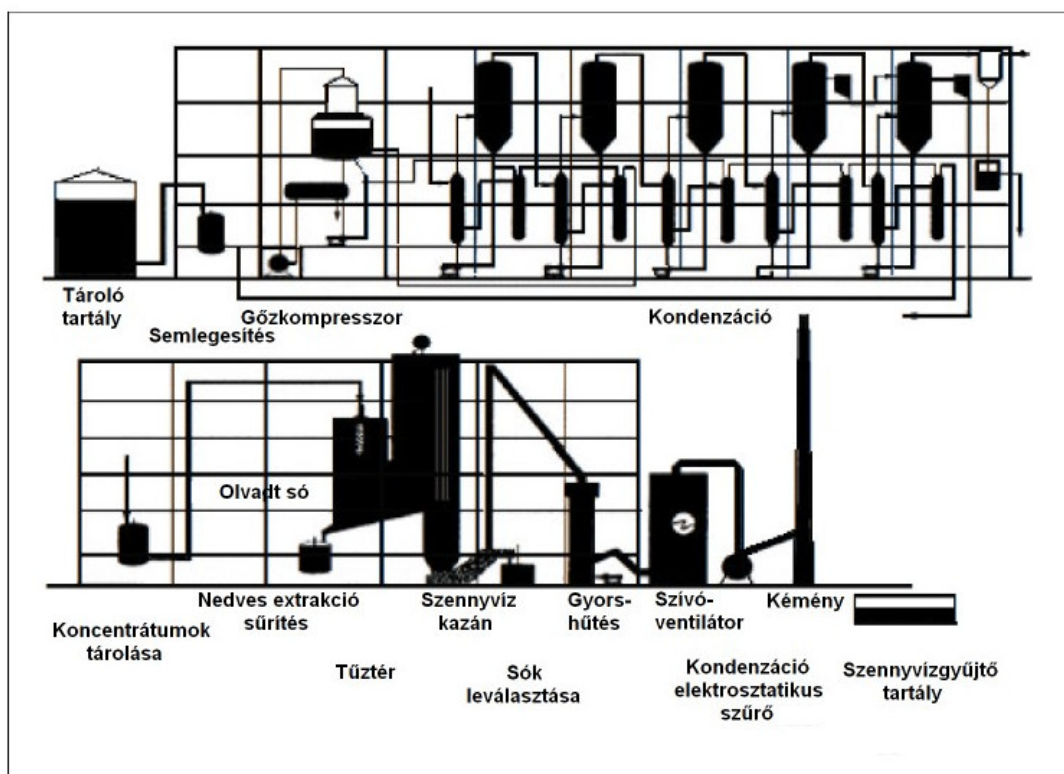
A magas szerves anyag-tartalmú ipari szennyvíz a benne található szerves anyagok elégetésével tisztítható. Ebben a speciális technológiában a kezelés során az ipari szennyvíz szerves és esetenként szervesetlen anyag tartalmát légköri oxigén segítségével kémiai oxidációnak vetik alá, miközben a víz elpárolog. A technológiát a hasonló eljárásoktól, pl. a nedves oxidációtól a „gáz fázisban végzett oxidáció” elnevezés különbözteti meg. A gáz fázisban végzett oxidációt akkor használják, ha a víz szerves anyag tartalma nem hasznosítható, vagy ha annak hasznosítása nem gazdaságos, vagy amennyiben más technika nem alkalmazható.

A szennyvíz csak akkor égethető önmagában, ha szerves anyag tartalma egyedül is elég hőt szolgáltat a víz elpárologtatásához és a túlhevítéshez. Emiatt a szennyvíz égetését végző hulladékégetőkben az alacsony szerves anyag tartalmú hulladékok égetéséhez rendszerint kiegészítő tüzelőanyagokra is szükség van. A kiegészítő tüzelőanyagok mennyisége csökkenthető, ha a szerves szennyezőanyag-tartalom elég magas. A szennyvíz víztartalma az égetőhöz csatlakozó, vagy többlépcsős bepárló üzemben csökkenthető. A bepárláshoz szükséges gőz a kemencéhez csatlakozó hőcserélő kazán segítségével is előállítható.

Az üzemek kialakítása az egyes szennyvíztípusok szerves és szervesetlen anyag-tartalmától és a különböző helyi viszonyoktól függően igen változatos lehet.

A szennyvizet és a tüzelőanyagot több ponton, égőfejekon vagy lándzsákon keresztül fecskendezik be az égetőkamrába. Légköri oxigén szintén több ponton keresztül jut be a tűztérbe (primer levegő = légköri oxigén és tüzelőanyag keveréke, szekunder levegő = levegőkeverék).

Az alábbi ábrán egy szennyvizet kezelő hulladékégető látható, a hozzá csatlakozó szennyvízpárolgató (szennyvíz sűrítő) egységgel.



2.3.31 ábra: Szennyvizet kezelő hulladékégető, szennyvízbepárló (szennyvíz sűrítő) egységgel

Példa maró hatású szennyvizek égetést végző égetőműre

A maró hatású szennyvíz az MSPO (mono-sztirén propilén-oxid) üzemek speciális szennyvize. A szennyvíz a folyamat többlépcsős mosási eljárása során keletkezik. Szerves anyag tartalma 10-20% közötti, nátrium-tartalma (főleg NaCl) pedig magas.

A biológiai szennyvízkezelést a magas szerves anyag tartalom és a nagy mennyiségű nátrium gyakorlatilag lehetetlenné teszi. A szennyvíz alacsony fűtőértéke miatt önmagában nem égethető, ezért kiegészítő tüzelőanyaggal végzett együttégetést igényel. A magas nátrium-tartalom és a szennyvíz nagy mennyisége települési hulladékégetőkben problémákat jelenthet az együttégetés során.

E speciális szennyvíz kezelésére a nedves oxidáció és égetés alkalmas. Erre a célra a bemutatott példában négy statikus, vertikális égetőt használnak (teljes kapacitás kb. 350-400 kt/év), melyek 1999/2000 óta üzemelnek.

Az égetésre statikus, vertikális felülről lefelé irányuló égetőket használnak. Az alacsony fűtőértékű hulladék (10-20% szerves anyagot tartalmazó lúgos szennyvíz) vékonyfilmes bepárlón halad keresztül. A bepárló alacsony nyomású gőzt használ, amelyet a kemence falának hűtése során állítanak elő, így a kemence kevesebb kiegészítő tüzelőanyagot használ fel.

Az el nem párologtatott folyadékot és a keletkező gőzt földgáz és/vagy magas fűtőértékű folyékony üzemanyag (hulladék vagy tüzelőolaj) felhasználásával elégetik. A keletkező füstgázokat membránfal segítségével részlegesen lehűtik, miközben 27 bar nyomású gőzt

állítanak elő. Ezután a füstgázok a hűtőrendszerbe kerülnek, ahol a nátrium-sókat és egyéb vízoldható szennyező anyagokat leválasztják.

A hővisszanyerő egységben a füstgázok fölé recirkuláltatott vizet permeteznek. A recirkuláltatott víz a telített gőzt és folyadékot szétválasztó egységben (flash chamber) válik ki, és egységenként kb. 30 t/ó gőzt termelődik.

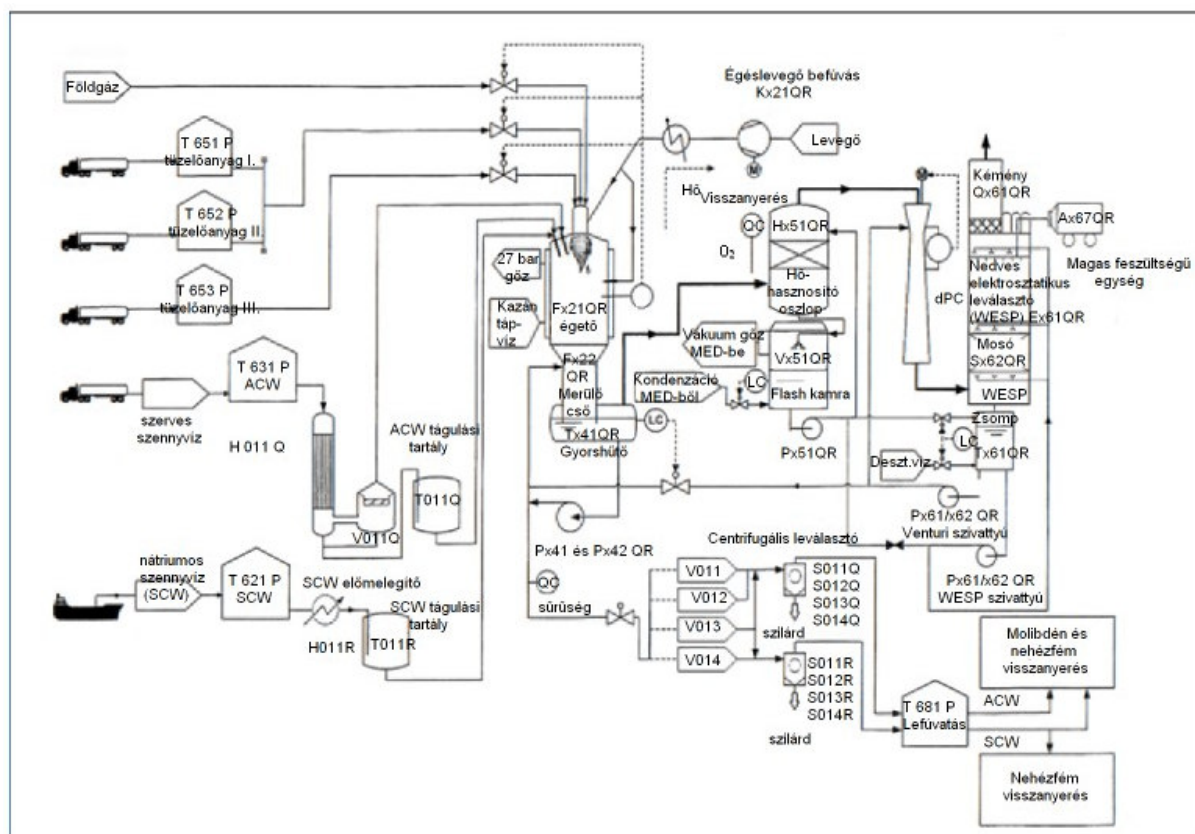
A hővisszanyerés fázisa után a füstgázt Venturi mosón és egy nedves elektrosztatikus porleválasztón áramoltatják át, ahol a füstgázból eltávolítják az areoszokat és porokat.

Az égetők 930-950°C-on üzemelnek, alacsony légfelesleg tényezővel (3-4% O₂), a szerves anyagok koncentrációjától függően a maró hatású szennyvízre vonatkoztatott átmenő teljesítmény egységenként 10-15 t/ó.

A hűtővízből ioncserélő ágyakban távolítják el a nehézfémeket. A molibdén (az MSPO folyamat katalizátora) hasznosítható mennyiségben való kinyeréséhez speciális ioncserélő ágyakat használnak.

A bemutatott égetőrendszer legnagyobb előnye, hogy az alacsony fűtőértékű, magas sótartalmú hulladék nagyobb mennyiségeinek elégetésére is alkalmas.

Az alábbi ábra egy ilyen égetési eljárást végző üzem mutat be:



2.3.32 ábra: Maró hatású szennyvízet kezelő üzem működési vázlata (a létesítményt az AVR üzemelteti)

2.3.5.10. Plazma alapú technológiák

A plazma elektronok, ionok és semleges részecskék (atomok és molekulák) keveréke. Plazmát, azaz magas hőmérsékletű, ionizált, elektromos vezetőképességgel bíró gázt valamiféle gáz és elektromos vagy mágneses mező kölcsönhatása révén hozhatunk létre. A plazmában reaktív anyagok találhatók, a magas hőmérséklet pedig elősegíti a gyors kémiai reakciókat.

A plazmát alkalmazó eljárások magas hőmérsékleten zajlanak (5 000-15 000°C), amely akkor keletkezik, amikor a plazma előállításánál az elektromos energia hővé alakul. A plazma előállítása során inert gázáramot elektromos ívkisüléssel vezetnek át.

Ilyen körülmények közt a veszélyes szennyező anyagok, mint például a PCB-k, dioxinok, furánok, növényvédőszeres stb. atomi összetevőikre esnek szét, mikor a plazmasugárba kerülnek. A plazmaíves technológiát szerves anyagok, fémek, PCB-k (ideértve a kisméretű berendezéseket is) és HCB-k ártalmatlanítására használják. Számos esetben szükségessé válhat a hulladék előkezelése.

A hulladék típusától függően füstgázkezelésre van szükség, ahol szilárd maradékok vagy megszilárdult hamu keletkezik. A plazmaíves technológia ártalmatlanítási hatékonysága igen magas, >99,99%. Bár bevett kereskedelmi technológiának számít, az eljárás rendkívül összetett, drága és képzett üzemeltető közreműködését igényli.

A hőplazmát vagy úgy állítják elő, hogy két egyen- vagy váltóáramú elektróda közt ívkisülést hoznak létre, amely valamilyen gázon halad át, vagy elektródák alkalmazása nélkül, rádiófrekvenciás (RF) mágneses mezővel, vagy pedig mikrohullámú technika felhasználásával. Az alábbiakban rövid ismertetést adunk a különféle plazmatechnológiákról:

1. Argon alapú plazmaíves technológia

Az argon alapú technológia „in flight” folyamatra épül, ami azt jelenti, hogy a hulladék közvetlenül keveredik az argon plazmasugárral. Plazmagázként azért az argont használják, mert az argon inert anyag, és nem lép reakcióba a plazmafáklya anyagaival.

A roncsolási és eltávolítási hatékonyság ózonkárosító anyagok ártalmatlanítása esetében a jelentések szerint meghaladja a 99,9998%-ot, 120 kg/ó kapacitás és 150 kW elektromos energia felhasználás mellett.

A technológia előnye az egyéb plazma alapú rendszerekkel szemben az, hogy több éves, kereskedelmi méretekben történő alkalmazása során bebizonyította, hogy képes nagy hatásfokkal roncsolni mind a CFC-ket, mind a halonokat. A technológia ezenkívül csak alacsony szintű PCDD/F-kibocsátással jár. A szennyező anyagok tömeges kibocsátása is alacsony mértékű, mivel az eljárás során csak relatíve kevés füstgáz keletkezik. A rendkívül magas energiasűrűség miatt az eljárás helyigénye igen kicsi, a berendezés szállítása ezért nem okoz gondot.

2. Rádiófrekvenciás induktív csatolású plazma (ICRF)

Az ICRF alkalmazásokban induktív csatolású plazmafáklyákat használnak, ahol a plazma felé történő energia átadást az indukciós tekercs elektromágneses mezeje biztosítja. Az elektródák hiánya a gázok széles választékának alkalmazását teszi lehetővé (mind inert, mind redukív,

mind oxidatív gázok felhasználására lehetőség nyílik), ráadásul a technológia megbízhatóbb, mint a plazmaíves megoldások.

Az ICRF plazma alapú eljárás roncsolási és eltávolítási hatékonyság hatásfoka CFC-k ártalmatlanítása esetén meghaladja a 99,99%-ot, 50-80 kg/ó kapacitás mellett.

Az eljárás a jelentések szerint kereskedelmi méretekben is bizonyíthatóan jó hatásfokkal volt alkalmazható a CFC-k roncsolására, alacsony szennyező anyag kibocsátás mellett. A kismértékű füstgázképződés eredményeként a szennyező anyagok kibocsátása is alacsony mértékű.

3. Váltakozó áramú (AC) plazma

Az AC plazmát 60 Hz-es magasfeszültségű váltóáram közvetlen felhasználásával nyerik, de egyéb vonatkozásaiban az ICRF plazmához hasonló. A rendszer mind elektronikus, mind mechanikus tulajdonságait tekintve egyszerű felépítésű, ezért igen megbízhatónak tartják. Az eljárás nem igényeli argon felhasználását, és a munkagázok széles választékával üzemeltethető (pl. levegő, gőz, plazmagázok), ezenkívül nem zavarja meg az ózonkárosító anyagokban esetlegesen jelenlévő olajszennyeződés.

4. Szén-dioxid alapú plazmaíves technológia

A magas hőmérsékletű plazmát inert légköri gázba, pl. argonba vezetett erős elektromos kisüléssel hozzák létre. A plazmamező kialakulása után a plazma fenntartásához az igényelt végeredménytől függően közönséges sűrített levegőt vagy bizonyos légköri gázokat használnak fel.

Keletkezéskor a plazma hőmérséklete jóval 5 000°C fölött van. A forró plazmába a folyékony vagy gáz halmazállapotú hulladékot közvetlen befecskendezéssel juttatják be. A felső reaktortérben a hőmérséklet 3 500°C körül van, és a reakcióterben folyamatosan csökken, míg el nem éri a szigorúan szabályozott kb. 1 300°C-os hőmérsékletet.

E plazma-alkalmazás sajátja a CO₂ használata, mely az oxidáció során keletkezik, és a plazma fenntartását szolgálja.

Az eljárás hőálló anyagok esetében elfogadható kimutathatósággal kitűnő roncsolási és eltávolítási hatékonyság hatásfokot mutatott. A fontosabb szennyező anyagok kibocsátása alacsony mértékű, főleg az eljárásra jellemző kismértékű füstgázképződés miatt.

5. Mikrohullámú plazma

Az eljárás során 2,45 GHz-es mikrohullámot vezetnek egy speciálisan kialakított koaxiális üregbe, ahol légköri nyomáson hőplazma keletkezik. A plazma begyűjtéséhez argont használnak, de egyébként az eljárásban a plazma fenntartásához nincs szükség gázra.

A mikrohullámú plazma roncsolási és eltávolítási hatékonyság hatásfoka a jelentések szerint 99,99%, CFC-12 2 kg/ó kapacitáson végzett ártalmatlanítása esetében.

Az eljárás a jelentések szerint kitűnő hatásfokkal ártalmatlanítja a nem kívánatos anyagokat és a magas üzemhőmérsékletet nagyon rövid idő alatt eléri, így az üzemeltetés rugalmassá válik és a holtidő csökken.

Az eljárás üzemeltetése nem igényel inert gázt, ami javítja az energiahatékonyságot és csökkenti az üzemeltetési költségeket valamint a keletkező füstgáz mennyiségét. Az eljárás helyigénye igen kicsi.

6. Nitrogén alapú plazmaíves technológia

Az eljárás egyenáramú közvetett plazmaíves fáklyát használ, amely vízhűtéses elektródákat, illetve munkagázként, a hőplazma létrehozásához nitrogént alkalmaz. Az eljárást 1995-ben dolgozták ki és kereskedelmi alkalmazásait is forgalomba hozták.

Az eljárás roncsolási és eltávolítási hatékonysága CFC-k, HCFC-k és HFC-k ártalmatlanítása esetében, 10 kg/ó kapacitás mellett a jelentések szerint 99,99%-os.

A technológia legfontosabb előnye, hogy a berendezés helyigénye igen kicsi. A rendszer mindössze 9 m x 4,25 m-t igényel, ebben benne van a melléktermékek kicsapatását és víztelenítést végző egység is (CaCl_2 és CaCO_3). Ennek köszönhetően a rendszer a hulladék termelésének helyszínére akár teherautóval is elszállítható, így a hulladék helyben kezelhetővé válik.

2.3.5.11. A szennyvíziszap égetésének különböző technikái

A szennyvíziszap égetésének jellemző feltételrendszere

A szennyvíziszappal gyakran együttégetik a szennyvízkezelési folyamat egyéb hulladékait is, mint pl. a lebegőanyagot, a rácshulladékot és a zsírfogóból kikerülő zsírokat.

A részlegesen szárított iszapokat fogadó üzemek kevesebb kiegészítő tüzelőanyag felhasználását igénylik, mint a nyersiszapot kezelő égetők. Az iszap fűtőértéke autotermikus égetésnél 4,8 MJ/kg és 6,5 MJ/kg közt változik. A nyersiszap kezelése során ezzel szemben 2,2 MJ/kg és 4,8 MJ/kg közti értékek a jellemzőek. Iszap autotermikus égetése esetében a 3,5 MJ/kg körüli fűtőérték tekinthető az alsó határértéknek. A kiegészítő üzemanyag-igényt a belső energia visszanyerő rendszerek hatékony használata csökkentheti (pl. füstgáz hőenergiájának felhasználása az égéslevegő előmelegítésére és/vagy az iszap szárítására).

Kizárólag szennyvíziszap égetésére szolgáló égetőkben a leggyakrabban felhasznált kiegészítő tüzelőanyag a fáradt olaj. Ezenkívül fűtőolaj, földgáz, szén, oldószerek, folyékony és szilárd hulladék és szennyezett levegő is alkalmazható. A szennyezett gázokat főleg rothasztott iszapok esetében részesítik előnyben.

A kiegészítő tüzelőanyagok iránti igényt legnagyobb mértékben az égéslevegő előmelegítése és a víztelenítés szükséges mértéke befolyásolja, míg a kondicionáló szerek szerepe itt viszonylag kevésbé fontos.

A célzott szennyvíziszap-égetőket általában 850 és 950°C közti hőmérsékletekre tervezik és üzemeltetik. 850°C alatti égéshőmérséklet esetében szagkibocsátással kell számolni, míg

950°C felett már megkezdődhet a salak olvadása. A gázok általában 2 másodpercet meghaladó időt töltenek az égéstérben.

Az égetés során elért hőmérséklet nagymértékben függ az égetendő iszap energiatartalmától és mennyiségétől, valamint a levegő oxigéntartalmától.

Arra is van példa (jellemzően inkább a fluidágyas eljárásokban), hogy az égetés 820°C-hoz közeli hőmérsékleten zajlik, de ez mégsem befolyásolja negatívan a kiégést és nem eredményezi a kibocsátások növekedését.

Kemencetípusok összehasonlítása a szennyvíziszap égetés szempontjából:

A bemutatott kemencetípusok különböző eljárási technológiák alapján működnek. Az égetésből származó kibocsátásokat jelentősen befolyásolja kemence felépítése, kialakítása, az égető üzemeltetési technológiája, az ennek függvényében kialakításra kerülő utótisztító berendezések, valamint a különböző anyagáramok áramoltatása. A következő táblázatban a különböző kemencetípusok jellemzőit foglaljuk össze:

	Fluidágyas kemence	Emeletes kemence	Emeletes fluidágyas kemence	Ciklon rendszerű égetőkamra
Fő technikai jellemzők	nincsenek mozgó alkatrészek, kismértékű kopás	- nincs szükség külön előszárításra - komplex kemence kialakítás, mozgó alkatrészekkel - hűtött csőtengely	- nincs szükség külön előszárításra - mozgatható csőtengely - kisméretű fluidágy	- nincsenek mozgóalkatrészek, kismértékű kopás - nincs fluidágy
Üzemelési jellemzők	a rövid felfűtési és lehűlési idők miatt gyorsan beindítható és leállítható, szakaszos üzemelés lehetséges	hosszú felfűtési idő, folyamatos üzemeltetés szükséges	közepes felfűtési- és lehűlési idő	- mint a fluidágyas kemence - hulladékok széles skálája égethető
Lehetséges problémák az üzemelés során	fluidágy részecskéinek összetapadása		szerves anyagot tartalmazó kibocsátások lehetősége, mozgó alkatrészek a kemencében	megfelelő hőmérséklet fenntartása
Égésfázis főbb jellemzői	- kis légfelesleg tényező - teljes kiégés csak a fluidágy felett valósul meg	- égés szabályozása nehézségekbe ütközik - egyenetlen beadagolás és durva anyagok nem okoznak problémát	- kis légfelesleg tényező - égés megfelelően szabályozható - kiégés a fluidágyban megy végbe - az iszapminőség ingadozásait jobban elviseli, mint a fluidágyas kemence	- szilárd anyag adagok - hosszú és gáz halmazállapotú adagok - rövid tartózkodási idő - a különböző szinteken változatos primer és szekunder levegő befúvás
Füstgáz pernyetartalma	magas	alacsony	magas	magas
Hamukihordás	hamu a füstgázzal és a homokkal távozik	közvetlenül, a legalsó szinten	hamu a füstgázzal és a homokkal távozik	- hamu a füstgázzal távozik - nyershamut a kemence alján távolítják el
Égésmaradékok	- hamu - fluidágy anyaga	hamu	- hamu - fluidágy anyaga	- hamu - esetleg nyershamu

2.3.5 táblázat: Szennyvíziszap égetésére használt kemence típusok összehasonlítása

2.4. HŐHASZNOSÍTÁSI FÁZIS

2.4.1. Bevezetés és alapelvek

Az égés exoterm (hőtermelő) folyamat. Az energia legnagyobb része az égés során a füstgázokba adódik át. A füstgázok hűtése lehetővé teszi:

- a forró füstgázok energiájának hasznosítását
- a füstgázok tisztítását a levegőbe történő kibocsátás előtt

A hőhasznosítást nem alkalmazó üzemekben a füstgázok hűtésére általában vizet fecskendeznek be vagy levegőt adagolnak, vagy mindkét módszert alkalmazzák. Az esetek többségében a füstgáz hűtése hőhasznosító kazánban történik. A hulladékégetőkben a hőhasznosító kazánnak két, egymáshoz kapcsolódó funkciója van:

- a füstgázok hűtése
- a füstgázok hőjének leadása valamilyen folyadékba, rendszerint vízbe, amelyből a kazánban az esetek túlnyomó többségében gőz keletkezik

A gőz tulajdonságait (hőmérséklet és nyomás) illetve a forró víz jellemzőit a helyi energiaigények és a működési korlátok határozzák meg.

A kazán kialakítása leginkább a

- a gőz tulajdonságaitól
- a füstgáz tulajdonságaitól (korrózió, erózió, salakosodás)

függ.

A füstgáz tulajdonságai ugyanakkor nagymértékben függenek a hulladék összetételétől. A veszélyes hulladékok például rendszerint rendkívül változatos összetételűek, és a nyers füstgáz egyes esetekben nagyon magas koncentrációban tartalmazhat korrozív anyagokat (pl. kloridokat). Ennek jelentős kihatása van az alkalmazható hőhasznosítási módszerek megválasztására. Főleg a kazán lehet kitéve jelentős korrózióknak, ezért ilyen hulladékok esetében a gőznyomást csökkenteni kell.

Az előzőekhez hasonlóan a termikus ciklus (gőz-víz körfolyamat) is a kitűzött céloktól függ, például:

- a nagyobb elektromos áram-igény bonyolultabb hőkapcsolást feltételez, viszont
- az egyszerűbb körfolyamatok egyéb célokra, pl. hőellátásra is felhasználhatók.

A vízhűtésű membránfalakat (ahol a tüztér falait vízzel töltött, általában valamilyen tűzálló bevonattal, falazattal ellátott hőcserélő csövek alkotják) széles körben alkalmazzák az égésgázok hűtésére a hőcserélő csökötegeket egyébként nem tartalmazó huzamokban. Az első huzamnak általában üresnek kell lennie, mert a forró gázok túlságosan korrozívak, és ezen túlmenően elsalakosítanak a huzamba helyezett hőcserélő csöveket.

Az elégetett hulladék tulajdonságaitól, fűtőértékétől és a tüztér kialakításától függ, hogy elégséges-e a felszabaduló hő az égési folyamat önálló (autark) fenntartásához (azaz ne legyen szükség kiegészítő tüzelőanyagokra).

A kazánban leadott energia alapvető felhasználási lehetőségei:

- hőtermelés és hőellátás (gőz, forró víz)

- elektromos áram-termelés és ellátás
- a kettő kombinációja

Az így nyert energia az üzemén kívül és/vagy helyben is felhasználható (utóbbi esetben kiválthatja a kiegészítő energiaellátást). A hőből nyert energia változatos eljárásokban juthat szerephez. A hőt és a gőzt rendszerint ipari hőként és gőzként illetve ipari vagy távfűtési rendszerekben használják fel, esetenként a hűtő és légkondicionáló rendszerek energiaellátását biztosíthatja. A megtermelt elektromos energia gyakran az országos áramellátó hálózatba kerül és/vagy az üzemén belül használják fel.

2.4.2. Az energiahatékonyságot befolyásoló külső tényezők

2.4.2.1. A hulladék típusa és tulajdonságai

A kezelő létesítménybe szállított hulladék jellege meghatározza az alkalmazható technikák körét, és a hatékony energia hasznosítás lehetséges mértékét. Az eljárások megválasztása során a hulladéknak mind a kémiai, mind a fizikai tulajdonságait figyelembe kell venni.

Az üzembe aktuálisan beérkező, illetve az égetőbe adagolt hulladék kémiai és fizikai tulajdonságait számos, az adott környezetre jellemző tényező befolyásolhatja, mint például:

- a hulladéktermelőkkel kötött szerződések (pl. ipari hulladék belekerülése a TSZH-ba)
- üzemén belül vagy kívül végzett kezelések, illetve gyűjtési/szelektálási rendszerek
- piaci tényezők, melyek folytán egyes hulladékok más egyéb hulladékkezelő rendszerekbe, vagy ezekből az égetőbe kerülnek

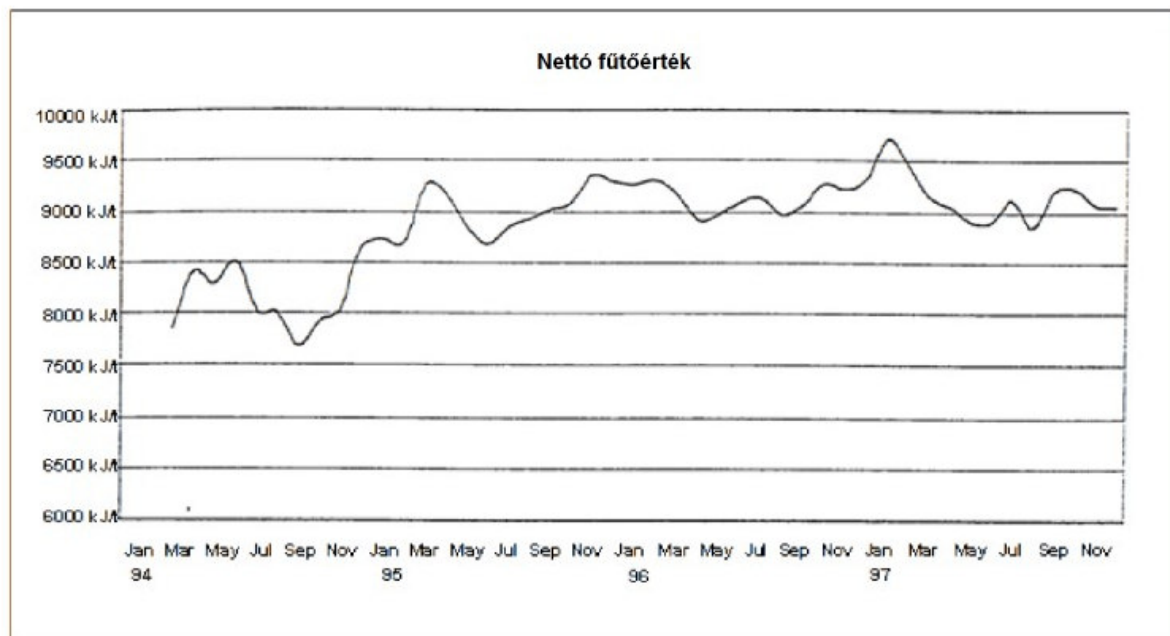
Vannak olyan esetek, mikor az üzemeltető csak nagyon korlátozott befolyással bír a beszállított hulladék jellemzőire, más esetekben ez a befolyás viszont akár erőteljes is lehet.

Az alábbi táblázat néhány hulladéktípus jellemző fűtőértékéről ad tájékoztatást:

Fogadott hulladék	Megjegyzések és példák	Hulladék fűtőértéke annak eredeti formájában (nedvességtartalommal együtt)	
		Szélső értékek GJ/t	Átlag GJ/t
Vegyes TSZH	Vegyes háztartási hulladék	6,3-10,5	9
Nagydarabos hulladék	Pl. hulladékégetőbe szállított bútorok stb.	10,5-16,8	13
TSZH-hoz hasonló hulladékok	Háztartási hulladékhöz hasonló de más forrásokból (pl. boltok, irodák stb.) származó hulladék	7,6-12,6	11
Hasznosítás után megmaradó TSZH	Komposztálás és egyéb hasznosítás után fennmaradó hulladék	6,3-11,5	10
Kereskedelmi hulladék	Boltokból, irodákból stb. elkülönítve gyűjtött hulladék	10-15	12,5
Csomagolási hulladék	Elkülönítve gyűjtött csomagolóanyagok	17-25	20

Hulladékból előkezeléssel kinyert tüzelőanyag	Települési és ahhoz hasonló, nem veszélyes hulladékokból előállított granulátumok és pelyhek	11-26	18
Termékspecifikus ipari hulladék	Pl. műanyag- és papíripari hulladékok	18-23	20
Veszélyes hulladék	„Vegyipari” vagy különleges kezelést igénylő hulladékok néven is ismert	0,5-20	9,75
Szennyvíziszapok	Szennyvízkezelő művekből	Ld. lejjebb	Ld. lejjebb
	Nyers (25% szárazanyag-tartalomig víztelenített)	1,7-2,5	2,1
	Rothasztott (25% szárazanyag-tartalomig víztelenített)	0,5-1,2	0,8

2.4.1 táblázat: A hulladékégetőbe érkező néhány hulladéktípus fűtőértékének szélső értékei és átlaga



2.4.1 ábra: 4 éven keresztül mért változások a hulladék fűtőértékében, egy települési hulladékégetőben

A hulladék fűtőértékének kiszámítása

Az égetési folyamatok hatékonyságának felmérésekor nem lehet figyelmen kívül hagyni az adott rendszer energiaáramlási viszonyait. Hulladékégetők esetében komplikált lehet a hatékonyság megfelelően pontos értékelése, mivel a legfontosabb energiatermelő input, azaz a hulladék fűtőértéke jelentős bizonytalanságok forrása lehet a számítások során.

A fűtőérték kiszámítására számos módszer létezik. A példában bemutatott számítási módszer települési szilárd hulladékot kezelő 50 (jobbára Németországban üzemelő) létesítményre az alábbi alsó fűtőértékeket eredményezte:

Mértékegység	Minimum	Átlag	Maximum
MJ/kg	8	10,4	12,6
MWh/t	2,2	2,9	3,5

2.4.2 táblázat: A hulladék számított alsó fűtőértékei 50 európai települési szilárd hulladék-égetőműre

Számítási példa:

Az alábbi egyenlet egy nagyon egyszerű, ugyanakkor megbízható (+/- 5% hibát megengedő) számítási módszert biztosít a hulladék fűtőértékének kiszámításakor. Az egyenlet figyelembe veszi a hőveszteségeket, és egyéb tényezőket is. A számításhoz szükséges adatok a hulladékégetők esetében általában rendelkezésre állnak. Az adatokat a meghatározó értékek (pl. gőzre vonatkozó paraméterek) méréséből vagy az ezekre vonatkozó számításokból származtatjuk.

$$NCV = (1,133 \times (m_{stw}/m) \times c_{stx} + 0,008 \times T_b)/1,085 \text{ (GJ/t)}$$

NCV = az elégetett hulladék alsó fűtőértéke, $m_{stw}/m \geq 1$ (GJ/t) esetén

ahol:

$$m_{stw} = m_{stx} - (m_f \times (c_f/c_{stx}) \times \eta_b)$$

m_{stw}	= a hulladékból keletkezett gőz mennyisége a megtermelt gőz (m_{st}) ugyanazon idő alatt, pl. évente (t/év)
m_{stx}	= adott idő, pl. egy év alatt termelt összes gőz mennyisége, (t/év)
m_f	= kiegészítő tüzelőanyag felhasznált mennyisége ugyanebben az időszakban, pl. évben (t/év)
m	= meghatározott idő, pl. egy év alatt elégetett hulladék tömege (t/év)
c_{stx}	= a rendszer nettó entalpiája, azaz a gőz entalpiája mínusz a kazánvíz entalpiája (GJ/t)
c_f	= a gőzfejlesztésben szerepet játszó kiegészítő tüzelőanyag fűtőértéke (GJ/t)
T_b	= füstgáz hőmérséklete a kazán elhagyása után, 4-12% oxigéntartalom mellett (°C)
0,008	= füstgáz specifikus energiatartalma (GJ/t x °C)
1,133 és 1,085	= regressziós egyenletekből származtatott állandók
η_b	= kazán hatásfok (kb. 0,80)

Megjegyzés: ez a számítási módszer csak a már meglévő üzemekre alkalmazható, új üzemek méretezése során nem használható. Azt is figyelembe kell venni, hogy az egyenlet 4-12%-os működési oxigén tartalom mellett is alkalmazható, miközben eredetileg 7-9%-os értékekre állították fel, éppen ezért a 7-9%-os tartományon kívül eső oxigénkoncentráció mellett üzemelő létesítmények esetében az együtthatókat a pontosság érdekében módosítani kell.

2.4.2.2. Az üzem telepítési helyének hatása a hőhasznosításra

A hulladékégetési eljárás lehetséges energiahatékonyságát a hulladék minősége és a technikai vonatkozások mellett a megtermelt energia külső felhasználási lehetőségei is nagymértékben befolyásolják. Az elektromos energia, gőz vagy hő előállítására alkalmas eljárások képesek az

égetés során keletkező hő nagyobb részének felhasználására, így ezekben a technológiákban kisebb a kondenzációs (hűtési) hőveszteség, ami egyébként csökkenti a hatékonyságot.

A hulladékégetés eredményeként létrejövő energiát általában úgy lehet a leghatékonyabban kihasználni, ha az égetési folyamatból származó hő segítségével folyamatosan távfűtési, gőztermelési stb. feladatokat látnak el, illetve ezeken kívül még elektromos áram előállítására is felhasználják azt. Az ilyen rendszerek kialakítása azonban nagymértékben függ az üzem telepítési helyének megválasztásától, különösen a szolgáltatott energia megbízható felhasználását tekintve.

A kizárólagos áramtermelés (vagyis amikor az üzem nem értékesít hőt) általánosan alkalmazott megoldás, és a hulladékégetésből nyerhető energia felhasználására olyan lehetőséget biztosít, amely kisebb mértékben függ a helyi viszonyoktól. A következő táblázat a hulladékégetők *lehetséges* hatékonyságára ad meg körülbelüli értékeket, különböző szituációkban. Az egyes üzemek esetében a valós értékek nagymértékben a helyi jellegzetességek függvényeként alakulnak, a táblázat tehát csupán összehasonlítási alapként szolgál, ahol a kedvező körülmények közt elérhető értékeket adjuk meg. A számítási módszerek bizonytalansága az összehasonlítást tovább nehezíti – jelen esetben nem számoltunk a kazánhatásfokkal (a veszteségek átlagosan 20% körül alakulnak), ami megmagyarázza, miért találunk egyes esetekben 100%-ot megközelítő értékeket (helyenként 100%-ot meghaladó adatok is szerepelnek):

Üzem típus	Potenciális energetikai hatékonyság a jelentések alapján ((hő+elektromos áram)/kimenő energia a kazánból)
Csak áramtermelés	17 – 30
Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (CHP)	70 – 85
Hőátadó állomások gőz és/vagy forró víz ellátási szolgáltatással kombinálva	80 – 90
Nagyméretű vegyi üzemek gőzellátása	90 – 100
Füstgázok nedvességtartalmát kondenzációval kinyerő CHP és hőtermelő üzemek	85 – 95
Füstgázok nedvességtartalmát kondenzációval kinyerő és hőszivattyút üzemeltető CHP és hőtermelő üzemek	90 – 100
Megjegyzés: A táblázatban szereplő adatok kiszámítása során a megtermelt hő és energia MWh értékeit egyszerűen összeadták, majd az összeget elosztották a kazán energia leadásával. Más —fontos— tényezőket a számítás nem vesz figyelembe, mint pl.: az eljárás energiaigényét (kiegészítő tüzelőanyagok, áramigény); az áram- és hőtermelés relatív CO ₂ értéke (pl. helyettesített termelés)	

2.4.3 táblázat: Potenciális energiakonverziós hatékonyság különböző hulladékégető-üzemtípusok esetében

A potenciális energetikai hatékonyság a saját hő- és energiafelhasználástól is függ. A saját felhasználás elhanyagolása egyes létesítményeknél 100% feletti számított hatékonyságot eredményezhet. A hatékonyság számítása során akkor is eltorzított eredményeket kapunk, ha a kazánban zajló hőcsere veszteségeit nem vesszük figyelembe (pl. a kazán 80%-os hatásfoka azt jelenti, hogy a füstgázban jelenlévő hő 20%-a nem hasznosul a gőztermelésben), ilyenkor a hatékonyságot a kazánban termelt gőz hőtartalmából számolják, és nem a hulladékból keletkező hő arányában adják meg).

Ahol a megtermelt energiára nincs külső igény, az energia egy részét helyben, magában az égetési folyamatban használják fel, ezáltal a külső energiaigény nagymértékben csökkenthető. Települési hulladékégetők esetében az égetés során keletkező energiának üzemben belül akár 10%-át is felhasználhatják.

Ilyen esetben a termelt gőz nem hasznosítható részét hűtőrendszerek segítségével kondenzálják, majd a kondenzvizet visszatáplálják a kazánba.

Ha a folyamatok helyszínét úgy határozzák meg, hogy azok megfelelően kapcsolódhassanak az energiaszolgáltató hálózatokhoz (vagy a belső, szinergikus felhasználókhoz), nagyobb lesz az esély a hulladékégető általános hatékonyságának növelésére.

2.4.2.3. Az energiaciklus kialakítása során figyelembe veendő tényezők

Az új telepítésű hulladékégetők helyi kialakítása során a jelentések szerint az alábbi tényezőket veszik figyelembe:

Tényező	Megfontolandó későbbi vonatkozások
Beérkező hulladék	Mennyiség és minőség Hulladék hozzáférhetősége, rendszeresség, szezonálisan változó szállítás A hulladék jellegének és mennyiségének lehetséges változásai Szelektív gyűjtés és hasznosítás hatásai
Energiakereskedelmi lehetőségek	Hő Lakossági célokra, pl. távfűtés Ipari célokra Saját felhasználás pl. folyamatok során, melegítésre Földrajzi korlátok, csővezetékes szállítás megoldhatósága Igények időbeli állandósága, szerződések időtartama A szolgáltatás elérhetőségére vonatkozó kötelezettségek, pl. rendelkezésre áll-e egyéb forrás, mikor az égetőmű leáll? Gőz/víz tulajdonságai: nyomás (normális/minimum), hőmérséklet, térfogatáram, kondenzvíz visszavezetésre kerül-e Igények szezonális változásainak jelleggörbéje Támogatások, melyek jelentősen befolyásolhatják a gazdasági mutatókat Hőfelhasználók vagyონrészesedése az üzem finanszírozásában – a szolgáltatói szerződés biztonsága Elektromos áram Országos hálózat vagy ipari hálózat (ritka), üzemben belüli felhasználás, vásárlói saját felhasználás (pl. szennyvíziszap kezelő üzem) Az elektromos áram ára jelentősen befolyásolhatja a befektetett összeget Támogatások vagy alacsony kamatú kölcsönök növelhetik a befektetést Műszaki követelmények: feszültség, áramerősség, elosztó hálózati kapcsolat hozzáférhetősége
Helyi viszonyok	Hűtőközeg megválasztása: levegő vagy víz Időben változó időjárási tényezők: hőmérséklet, páratartalom (minimum, maximum, átlag, tendenciák) Vízpára csóva elfogadhatósága (hűtőtorony) Hideg víz hozzáférhetősége – felszíni víz - Víz hőmérséklete és minősége - Szivattyúzható térfogatáram, szezontól függően - Engedélyezett hőmérséklet emelkedés

CHP	A két szolgáltatás szezontól függő aránya Az arány jövőben várható változásai
Egyéb	Választás az alábbiak közt: Energiatermelés növelése, befektetett költségek csökkentése, működés komplexitása, szolgáltatással kapcsolatos követelmények stb. Elfogadott zajszint (léghűtés) Rendelkezésre álló hely Építészeti megkötések

2.4.4 táblázat: A hulladékegetők energi ciklusának kialakítása során figyelembe veendő tényezők

2.4.3. A hulladékegetők energiahatékonysága

A hulladékegetők energiahatékonyságának összehasonlítása csak akkor lehetséges, ha ezeket az összehasonlításokat következetesen végezzük el. Különösen fontos az alábbiak szabványosítása:

- az összehasonlított területek pontos meghatározása, azaz: a folyamat mely részei szerepelnek/nem szerepelnek az összehasonlításban?
- számítási módszerek
- termelt és felhasznált energiák figyelembe vétele, pl. hő, gőz, elektromos áram, primer tüzelőanyagok, üzemben termelt energia újrafelhasználása stb.

A következő szakaszok számos hulladékegető gyakorlata alapján tipikusnak mondható energiatermelési (output) és energiafelhasználási (input) módozatokat mutatnak be.

2.4.3.1. Energiabevitel a hulladékegetőkbe

A hulladékból származó energia mellett a hulladékegető egyéb energiaforrásokat is felhasznál, melyeket figyelembe kell venni, amikor az üzem, mint teljes egység energiahatékonyságát kívánjuk kiszámítani.

Áramfelhasználás:

Az üzem áramfogyasztásának kiszámítása általában nem okoz gondot. Azokban az esetekben, mikor a hulladékegetők elektromos áram termelését gazdasági eszközökkel ösztönzik (pl. mint megújuló energiaforrást kezelik), előfordulhat, hogy a vásárolt és az üzem által szolgáltatott áram ára különbözik. Ilyenkor az üzemeltető gazdasági megfontolások alapján azt a megoldást is választhatja, hogy a hulladékegető által termelt összes elektromos áramot eladja, és saját felhasználásra inkább az országos szolgáltatóktól vásárol. Ebben az esetben a hulladékegetők gyakran elkülönítve kezelik a beérkező és kimenő elektromos áramot.

Gőz/hő/forró víz felhasználás:

A folyamatban sor kerülhet gőz (hő vagy forró víz) felhasználására. Ezek az üzemeken kívülről is érkehetnek, de belső forrásból is származhatnak.

Tüzelőanyagok:

A tüzelőanyagokat az üzem számos célra felhasználhatja. A hagyományos tüzelőanyagokat például az alábbi célokból égethetik:

- a tüztér optimális hőmérsékletének fenntartása (hozzájárulás a gőztermeléshez)

- a tüztér igény szerinti hőmérsékletre történő felfűtése a hulladék beadagolása előtt (részleges hozzájárulás a gőztermeléshez)
- füstgázok hőmérsékletének növelése (pl. füstgázmosás után) a zsákos porszűrő és a kémény korróziójának megakadályozására, illetve a füst láthatóságának csökkentésére
- égéslevegő előmelegítése
- füstgázok felmelegítése speciális kezelésekhez (pl. SCR, szövetszűrők)

Mikor a hulladék energetikai hasznosításának általános hatékonyságát vizsgáljuk, figyelembe kell vennünk, hogy egyes primer tüzelőanyagok hozzájárulnak a gőztermeléshez, mások viszont nem. Ennek figyelmen kívül hagyása félrevezető hatékonysági mutatókat eredményezhet, a primer tüzelőanyagok elégetéséből származó energia nem megfelelő jellemzése miatt. Például:

a támasztó tüzeléshez használt tüzelőanyagok a fenti felsorolás eseteit tekintve i. (teljesen) és ii. (részlegesen) fedezik a gőz előállításának energiaigényét (általában a kiegészítő tüzelőanyag felhasználás 50-70 százalékában), míg a tüzelőanyag a fenti lista ii. esetében (azaz a kiegészítő tüzelőanyag maradék 30-50%-a) valamint a fenti lista iii. és v. eseteiben nem járul hozzá a gőztermeléshez.

A hulladék mellett kiegészítő tüzelőanyagot (pl. szenet/kokszot) a gázosító üzemekben is felhasználhatnak, meghatározott kémiai összetételű és fűtőértékű szintézisgáz előállításához.

2.4.3.2. A hulladékégetők energiatermelése

Elektromos áram:

Az áramtermelés egyszerűen kiszámítható. A megtermelt elektromos áram egy része az üzemben belül is felhasználásra kerülhet.

Tüzelőanyagok:

Tüzelőanyagokat (pl. szintézisgázt) a gázosító/pirolízis üzemekben állítanak elő, a tüzelőanyagok külső felhasználóhoz kerülhetnek vagy üzemben belül használják fel őket, energiakinyeréssel (ez a gyakoribb eset), vagy anélkül.

Gőz/Forró víz:

A hulladék égetése során felszabaduló hőt gyakran hasznosítják olyan célokra, mint amilyen például a gőz vagy forró víz előállítása ipari vagy lakossági felhasználásra, az elektromos áram termelése külső felhasználóknak vagy az üzemben belüli hűtőrendszerek energiaellátása.

A CHP üzemek hőt is és elektromos áramot is termelnek. A hulladékégetőben fel nem használt gőzt/forró vizet külső felhasználók felé is továbbíthatják.

2.4.4. Az energiahasznosítás hatásfokának javítását szolgáló alkalmazott technikák

2.4.4.1. Hulladék előkezelése az égetés előtt

Az előkezelési technikák az energiahasznosítás szempontjából két nagy csoportra oszthatók:

- homogenizálás
- egyes anyagok kinyerése/leválasztása

A homogenizálás során az üzemben átvett hulladékot a beadagolt hulladék egyenletes égési tulajdonságainak biztosításához fizikai technikákkal összekeverik (pl. keverés és esetenként aprítás a bunkerben belül).

A **homogenizálás** legfontosabb eredménye a javuló folyamat-stabilitás, amely a további folyamatok zökkenőmentes működtetését teszi lehetővé: a kazánban megtermelt gőz egyenletesebb tulajdonságokkal rendelkezik, így nagyobb mennyiségű elektromos áram termelhető. Az általános energiahatékonyság csak korlátozott mértékben javítható, de elérhető bizonyos költségmegtakarítások és egyéb működési előnyökre is számítani lehet.

Az egyes anyagok **kinyerése/leválasztása** azt jelenti, hogy a tüztérbe adagolás előtt a hulladék bizonyos frakcióit eltávolítjuk.

Az alkalmazott technikák a hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagok gyártása során használt kiterjedt fizikai kezelésektől és a folyékony hulladékok speciális minőségi előírásoknak való megfeleltetéséhez szükséges keverésétől az olyan egyszerű válogatásig terjednek, amikor a darukezelő eltávolítja azokat a nagyobb darabokat (pl. betontömböket, nagyméretű fémtárgyakat) melyeket nem lehet elégetni.

E technikák alkalmazásából a következő előnyök származnak:

- homogenitás növekedése, főleg a bonyolultabb előkezelések esetében (ld. a fenti megjegyzéseket a homogenizálás előnyeiről)
- a nagyobb darabok eltávolítása – eltömődés, illetve ezáltal a nem tervezett leállások elkerülése
- lehetőség fluidágyas vagy egyéb technikák használatára, az égetés hatékonyságának növelésére

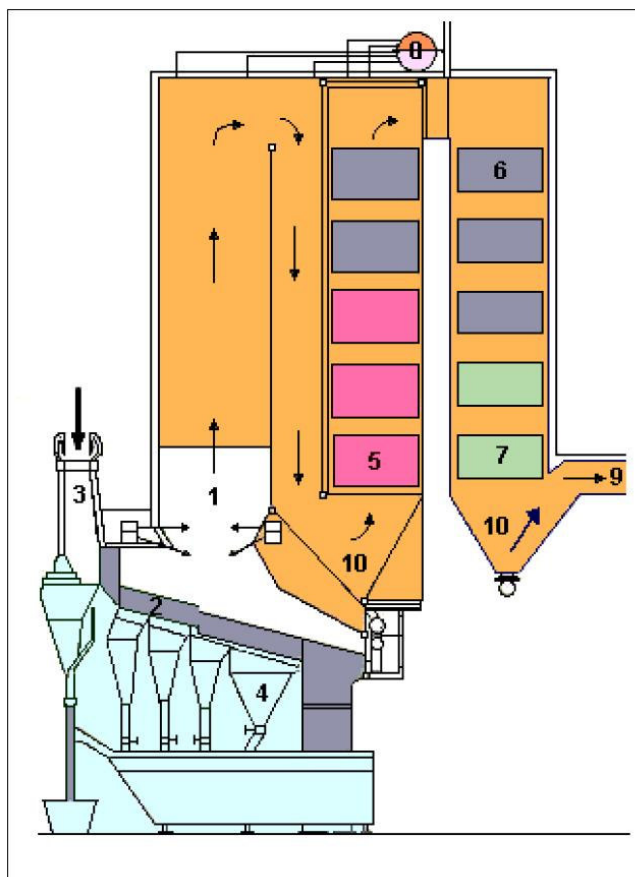
Az egyes anyagok kinyerése és leválasztása, illetve a hulladék homogenizálása jelentősen növelheti a hulladékégető üzem energiahatékonyságát. Ez annak köszönhető, hogy az ilyen eljárásokkal jelentősen megváltoztatható az égetési folyamatba végül bekerülő hulladék jellege, ennek segítségével lehetővé válik az égetési folyamatok szűkebb hulladéktartományra vonatkoztatott tervezése, ez pedig optimalizált (bár ezáltal kevésbé rugalmas) működéshez vezethet. Ugyanakkor egy részletesebb (jelen dokumentum alkalmazási körén túlmutató) értékelés esetében fontos figyelembe venni, hogy a tüzelőanyagként használt hulladék előkészítése maga is energiát igényel, illetve további kibocsátásokat eredményez.

(Megjegyzés: Jelen BREF alkalmazási köre nem terjed ki a hulladékégetőbe kerülést megelőzően alkalmazott (upstream) rendszerek ajánlására, melyek befolyásolhatják az égési jellemzőket és a fogadott hulladék energiatartalmát. Ugyanakkor a dokumentum figyelembe veszi azt a tényt, hogy az upstream rendszerek alapvetően befolyásolják az üzemben fogadott hulladék jellemzőit, ezáltal pedig a megvalósítható technikákat is.)

2.4.4.2. Kazánok és hőátadás

A csöves kazánokat általánosan alkalmazzák a forró füstgázok energiájának hasznosítására a gőz és forró víz előállítása során. A gőz vagy a forró víz a füstgázáramlás útjában elhelyezett csőkötegekben keletkezik. A tüztér határoló falainál, az üres huzamoknál és azon huzamoknál, ahol az elgőzöltetett és a túlhevítő csőkötegeket elhelyezik, általában vízfűtőes membránfalakat alkalmaznak.

A gőzfejlesztés során rendszerint lehetséges a 2.4.2 ábrán látható három fűtőfelület megkülönböztetése:



2.4.2 ábra: Gőzfejlesztő kazán önálló fűtőfelületeinek bemutatása

A 2.4.2 ábra (ld. fent) néhány elemének magyarázata:

7. Tápvíz-előmelegítő:

Ebben a zónában (csőkötegek formájában kialakított fűtőfelületen keresztül) a kazán tápvizét a füstgázok segítségével forrásponthoz közeli hőmérsékletre melegítik.

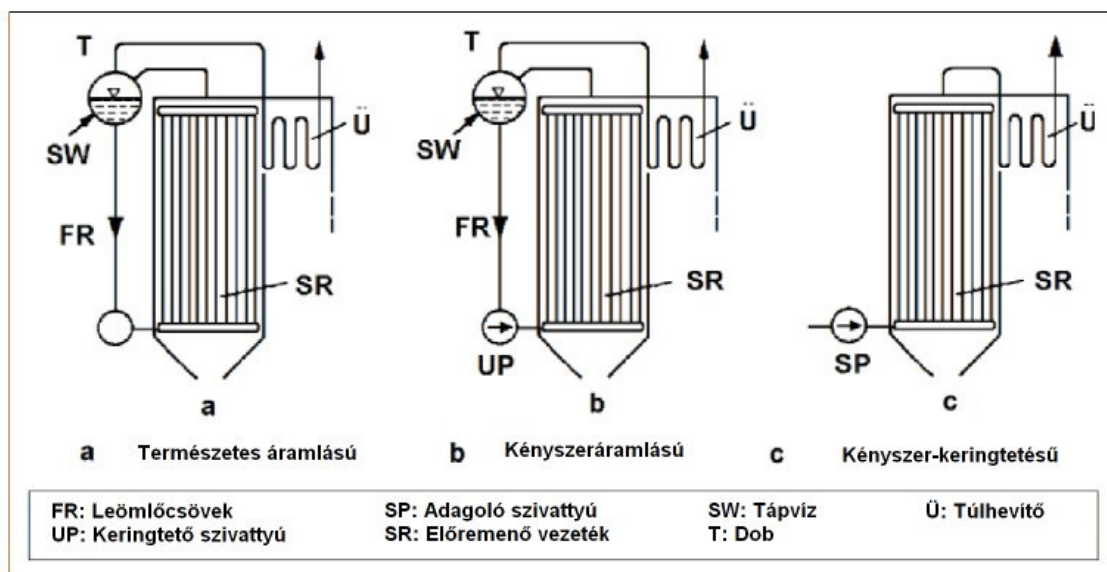
6. Elgőzölögtetés

Ebben a zónában (a membránfali és konvektív csőkötegek formájában kialakított fűtőfelületen keresztül) az előmelegítőtől érkező vizet a telített gőz hőmérsékletére hevítik.

5. Túlhevítés

Ebben a zónában az elgőzölögtetőből érkező telített gőzt (rendszerint csőkötegek formájában kialakított fűtőfelületen keresztül) túlhevítik a végső hőmérséklet eléréséig.

A hőátadó felületek kialakítása és összekapcsolása a cirkuláció szempontjából az alábbi három változat szerint történhet (ld. 2.4.3 ábra):



2.4.3 ábra: Kazánok alapvető típusai az áramlásviszonyok alapján

Természetes cirkulációjú: A víz/gőz tömegáram mozgását az elgőzölögtetőben a fűtött és nem fűtött csövekben lévő közegek közti sűrűségkülönbség biztosítja. A víz/gőz elegy a dobba kerül, ahol a víz és a gőz szétválik. A telített gőz ezután a túlhevítőbe kerül.

Kényszeráramlású (kazánon keresztül egyszer): Ebben a rendszerben a tápvizet az előmelegítőn, az elgőzölögtetőn és a túlhevítőn keresztül folyamatosan áramoltatják.

Kényszerkeringtetésű: Alapelveit tekintve megfelel a természetes cirkulációjú rendszernek, de az elgőzölögtetőben a keringést keringtető szivattyú is támogatja

Az igényelt gőzhőmérséklet kívánt értéken tartásához a keringtetéses kazánokban vízbefecskendezéses hűtést vagy felületi hűtést alkalmaznak. A hűtőrendszerek feladata a gőzhőmérséklet ingadozásainak ellensúlyozása. Ezek az ingadozások a hulladék egyenetlen beadagolásának, nem homogén tulajdonságainak, és a fűtőfelületek elszennyeződésének eredményeként jönnek létre.

A hatékony működéshez és a (csöveken belüli) korrózió, illetve a turbina meghibásodási kockázatának csökkentéséhez a kazán tápvizének és pótvizének megfelelő előkezelése alapvető fontosságú. Ha a gőzparamétereket növelni kívánjuk, jobb minőségű kazánvizet kell használnunk.

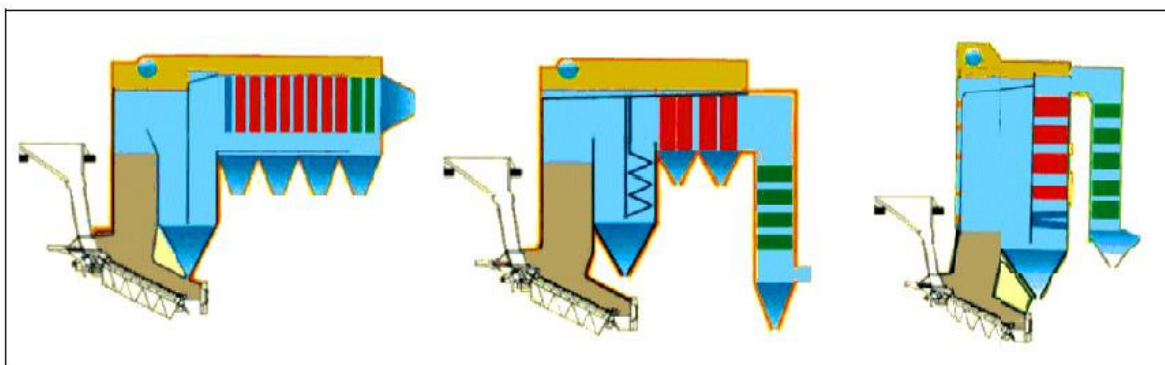
Hulladékégető berendezésekhez kapcsolt kazánok esetében a gőz tulajdonságainak meghatározásánál kompromisszumokra kényszerülünk. Ennek oka az, hogy bár a magasabb nyomású és hőmérsékletű gőz előállítása jobban hasznosítja a hulladékból felszabaduló energiát, az ilyen gőzjellemzők fokozott korróziót okozhatnak, különösen a túlhevítő felületeken és az elgőzölögtetőben. A települési hulladékégetőkben, amennyiben elektromos áramot is termelnek, általában 40 bar nyomású, 400°C-os gőzt állítanak elő, különösen TSZH és előkezelt hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag használata esetén. (Speciális, korrózió megelőzését szolgáló folyamatokban a gőz nyomása és hőmérséklete a 60 bar-t illetve 520°C-ot is elérheti). Amennyiben az üzem hőt termel, alacsonyabb értékeket mutató gőz vagy túlhevített víz előállítása is elégséges lehet. Mivel a primer tüzelőanyagokat égető erőművekben fejlesztett gőzhöz képest a hulladékégetőkben viszonylag alacsony paraméterű gőzt állítanak elő, ezekben az üzemekben szinte kizárólag természetes cirkulációjú kazánokat használnak.

A hulladékégetésre jellemző a füstgázok magas portartalma. A hőhasznosító zónában a porleválasztást a pernye gravitációs leválasztásán keresztül az alábbiak segítik: füstgázok alacsony sebessége, és a gázáram útjába helyezett akadályok (kanyarok)

A füstgázok magas hamutartalma a hőcserélő felületek elszennyeződésének hasonlóan magas kockázatát hordozza magában. Ez a hőcsere-folyamatok romlásához, emiatt pedig teljesítmény veszteséghez vezethet. A hőcserélő felületek megfelelő tisztán tartása éppen ezért fontos tényező. A tisztítás manuálisan, vagy automatikusan, sűrített levegőt illetve vízsugarat fecskendező lándzsákkal, kopogtatókkal, gőzsugaras koromfúvókkal, a füstgáz-áramba juttatott tisztító golyókkal (esetenként szemcsefúvásos tisztítással), hang- és rezgéshullámokkal vagy tartálytisztításra szolgáló eszközökkel végezhető el.

A hulladékégetőkben különféle kazán-kialakításokat alkalmazhatnak. A 2.4.4 ábrán balról jobbra haladva ezek az alábbiak:

- horizontális kazánok
- horizontális és álló kazán kombinációja
- álló (vertikális) kazánok



2.4.4 ábra: Kazánrendszerek áttekintése: a horizontális, a kombinált és az álló típus

A horizontális és álló rendszerekben bizonyos számú, elgőzöltető falakkal rendelkező üres kazánhuzamot hőcserélő kötegek követnek, ezek az elgőzöltető, a túlhevítő és tápvíz-előmelegítő részeként működnek. A beépítendő rendszer megválasztását az adott épület-kialakítás, a választott gőz paraméterek és a vevő igényei határozzák meg.

2.4.4.2.1. Kazánkorrózió

Az adott hőmérsékleten töltött minimum tartózkodási időkre és az oxigénellátásra vonatkozó előírások bevezetésével a hulladékégetők gőzfejlesztő kazánjaiban megnövekedett a korrózió.

A **korróziót** a kemencéből érkező füstgázok vegyi anyagai és a hamurészecskék okozzák. A korrózió leginkább az égésteret, az üres huzamok membránfalait és a túlhevítőt veszélyezteti.

Az **erózió** a felületek anyagának elkopása a felületre merőleges terhelés miatt, ezt főként a füstgázban lévő hamurészecskék okozzák. Az erózió ott a legnagyobb mértékű, ahol a gázok kénytelenek irányt változtatni.

A csövek elhasználódásáért a korrózió és a kopás együttesen felelősek. A korrózió a tiszta fémfelületeken jelenik meg. Amennyiben a korrózió termékei vékony film (oxidréteg) formájában lerakódnak a csövek felületén, ez védőréteggént működve lelassíthatja a korróziót. Amennyiben a védő oxidréteg az erózió miatt lekopik és ismét előbukkan a fém felülete, az egész folyamat újrakezdődik.

A korróziós folyamat összefüggő értelmezése azért bonyolult, mert a figyelembe vett folyamatok (fizikai, kémiai, égetéstechnikai, fémkohászati és kristálytani mutatók) egymást is befolyásolják.

A füstgázok okozta korrózióknak több típusa ismert:

Revésedési folyamat: magas hőmérsékleten bekövetkező korrózió

Kezdeti korrózió: vas-klorid réteg időben korlátozott megjelenése a „tisztá” acélon a beüzemelés során, még az első oxidréteg kialakulása előtt. Ez a reakció folyamatosan lezajlik a filmréteg erodálódását követően.

Oxigénhiányos korrózió: oxigénmentes füstgáz atmoszférában, FeCl_2 keletkezésén keresztül jön létre, pl. filmrétegek (oxidrétegek, szennyeződések vagy tűzálló szigetelés) alatt és a kemencében. A FeCl_2 a hulladékégetéshez használt hőmérsékleteken megfelelően illékony, ezért gáz állapotba kerül. Az ilyen típusú korrózió megjelenésének indikátora a CO (ez magyarázza a gyakori, de tévesen használt CO-korrózió elnevezést is). Az anyag és a filmréteg közti tartomány mikroszkopikus állapota döntő a korrózió szempontjából. Ezt a korrózió-típust egyes esetekben 30 bar feletti gőznyomáson is megfigyelték, de 40 bar feletti nyomásértékeknél gyakoribb. A korrózió mértéke a fém hőmérsékletével növekszik. A korrózió termékei hámló rétegeket formálnak.

Klór okozta korrózió magas hőmérsékleten: A klór akkor keletkezik, amikor az alkálil-kloridokra szulfát csoportok kapcsolódnak. A klór ezután megtámadja a vas- vagy ólom-hidroxidokat. Az ilyen jellegű korrózió azokban a hulladékégetőkben figyelhető meg, ahol a füstgáz hőmérséklete magasabb 700°C -nál, a csövek falai pedig 400°C -nál forróbbak. A korrózió terméke fekete, az anyaghoz szorosan kötődő réteg, amely vastagabb filmrétegekben higroszkópos vörös FeCl_3 -at tartalmaz.

Olvadtsók okozta korrózió: A füstgáz alkáli fémeket és hasonló összetevőket tartalmaz, melyek képesek eutektikus fémvegyületek létrehozására. Az eutektikus vegyületek olvadási pontja alacsonyabb, mint az eutektikus rendszert felépítő egyes elemeké. Ezek az olvadtsók igen reakcióképesek és az acélszerkezetek súlyos korrózióját okozhatják. Az eutektikus vegyületek reakcióba léphetnek a hőálló burkolatokkal és olyan vegyületeket hozhatnak létre ezekben, mint a kalszilit (KAlSiO_4), a leucit (KAlSi_2P_6), és a szanidin (KAlSi_3O_8), melyek mechanikusan tönkreteszik a burkolatot. A felszínen viszkózus olvadékok keletkezhetnek, amelyek a lerakódó anyagokból és a hőálló burkolat anyagából állnak (tűzálló falazat korróziója).

Elektrokémiai korrózió: a különböző fémek közti potenciálkülönbség kiegyenlítésén alapul. A vezető közeg folyékony, vagy olyan szilárd anyag, amelyik az adott hőmérsékleten megfelelő vezetőképességgel rendelkezik. A vezetőképesség növekszik a hőmérséklettel, a víz harmatpontján kondenzálódó víznél a legkisebb, a magasabb hőmérsékleten kondenzálódó kénsav esetében nagyobb és az olvadtsók esetében a legnagyobb.

Lerakódások alatti korrózió: Magas klórtartalmuk miatt (főleg CaCl_2 formában) a lerakódások higroszkóposak. A levegő páratartalma ezeket a vegyületeket oldja, és a fémen az oldódás jelei tűnnek fel.

Harmatponti korrózió: mikor a hőmérséklet a sav harmatpontja alá esik, a hideg felületeken nedves kémiai korrózió jelenik meg. Az ilyen korrózió a hőmérséklet emelésével illetve a megfelelő fémek használatával kiküszöbölhető.

A valóságban, termodinamikai szempontból vizsgálva, bizonyos mértékű korrózióval elkerülhetetlenül számolnunk kell. A korrózióvédelem csak arra szolgál, hogy a korrózió okozta károkat elfogadható szintre csökkentse. A korrózió okainak kiküszöbölése konstrukciós és üzemeltetési megoldásokon keresztül lehetséges. Az üzemeltetési paraméterek javításán keresztül megvalósított korrózióvédelemre leginkább a gőzfejlesztőben van lehetőség. Az alacsony hőmérsékleti és nyomásértékek, a hosszú reakcióidő a fűtőfelületekre kerülés előtt, a füstgáz sebességének csökkentése és a sebességprofil egyenletessé tétele mind sikeresen csökkenthetik a korróziót. A fűtőfelületeket védőburkolattal, préselt és bordázott szigetelőanyagokkal, és terelő lapokkal védhetjük meg.

A kazán tisztítás intenzitásának meghatározása során kompromisszumokra kényszerülünk, mert a lehető legjobb hőátadást (fémcsőfelület) és az optimális korrózióvédelmet egyaránt biztosítanunk kell.

2.4.4.3. Az égéslevegő előmelegítése

Az égéslevegő előmelegítése különösen a nagy nedvességtartalmú hulladékok égetésénél jelenthet előnyt. Az előmelegített levegő a hulladékot szárítja, így elősegíti a begyulladást. A melegítéshez szükséges energiát a hulladékégetés során termelődő hő felhasználásával, hőcserélő rendszeren keresztül is biztosíthatjuk.

Elektromos áram termelés esetén a primer égéslevegő előmelegítése pozitív hatással van az általános energiahatékonyságra.

2.4.4.4. Vízhűtéses rostélyok

A rostély vízhűtésére a rostély védelem érdekében van szükség. A vizet, mint hűtőközeget arra használják, hogy az égő hulladékágyban termelődő hőt felvegye és a folyamat más részeiben történő felhasználáshoz továbbítsa. Általános gyakorlat, hogy a hőt visszavezetik a folyamatba, és az égéslevegő előmelegítésére (primer és/vagy szekunder égéslevegő), vagy a kondenzátum fűtésére használják. Egy másik lehetséges megoldás, amikor a vízhűtéses rendszert közvetlenül a kazánkörbe integrálják, és elgőzöltetőként használják.

A vízhűtéses rostélyokat akkor használják, mikor a hulladék fűtőértéke magasabb, jellemzően 10 MJ/kg felett. Alacsonyabb fűtőérték mellett az ilyen rostélyok alkalmazhatósága korlátozott. A települési hulladékok fűtőértékének Európa-szerte tapasztalható növekedése nyomán a vízhűtéses rostélyokat is egyre több helyen alkalmazzák.

A vízhűtéses rostélyok használatát más tényezők is indokolhatják, ezeket a 2.3.1.2.5. pontban részleteztük.

2.4.4.5. A füstgázok kondenzációja

Az égetés során keletkező füstgázok víztartalma a tüzelőanyagban található szabad vízből keletkező vízpárából és a hidrogén oxidációja során felszabaduló reakció vízből tevődik össze, ehhez járul még az égéslevegő nedvességtartalma. Hulladékok égetése esetében a

kazánt és az előmelegítőt elhagyó füstgáz víztartalma rendszerint 10-20% közt változik, a víz 50-60°C-os harmatpontjához igazodva. Amikor a kazánt gőzzel tisztítják, a füstgáz víztartalma akár a 25%-ot is elérheti.

A minimális száraz gáz hőmérséklet ezen a ponton szokványos anyagokból készült kazánoknál 130-140°C. Ezt a hőmérsékletet a füstgáz SO₃- és H₂O-tartalmára való tekintettel legtöbbször úgy határozzák meg, hogy az meghaladja a savak harmatpontját.

Az alacsonyabb hőmérsékleti értékek korróziót eredményezhetnek. A kazán termikus hatásfoka (gőz vagy forró víz előállítása hulladékégetésből származó hővel) ilyen körülmények közt 85% körül alakul, az elégetett hulladék fűtőértékétől függően. Ha azonban a füstgáz több energiát hordoz, az a füstgázban lévő vízgőzből adódik, melynek fajlagos kondenzációs hője kb. 2 500 kJ/kg, illetve kb. 1 kJ/(kg°C) a száraz gáz fajhője.

A távfűtésből visszavett víz, melynek hőmérséklete a rendszer kialakításától függően 40-70°C közt változhat, közvetlenül felhasználható a füstgáz hűtésére és vízpára-tartalmának kondenzálására. Az ilyen rendszereket általánosan alkalmazzák a biomasszát égető üzemekben, ahol a tüzelőanyag igen magas víztartalma miatt a víz harmatpontja a füstgázban 60-70°C között van.

Példa: Stockholm/Hogdalen (Svédország)

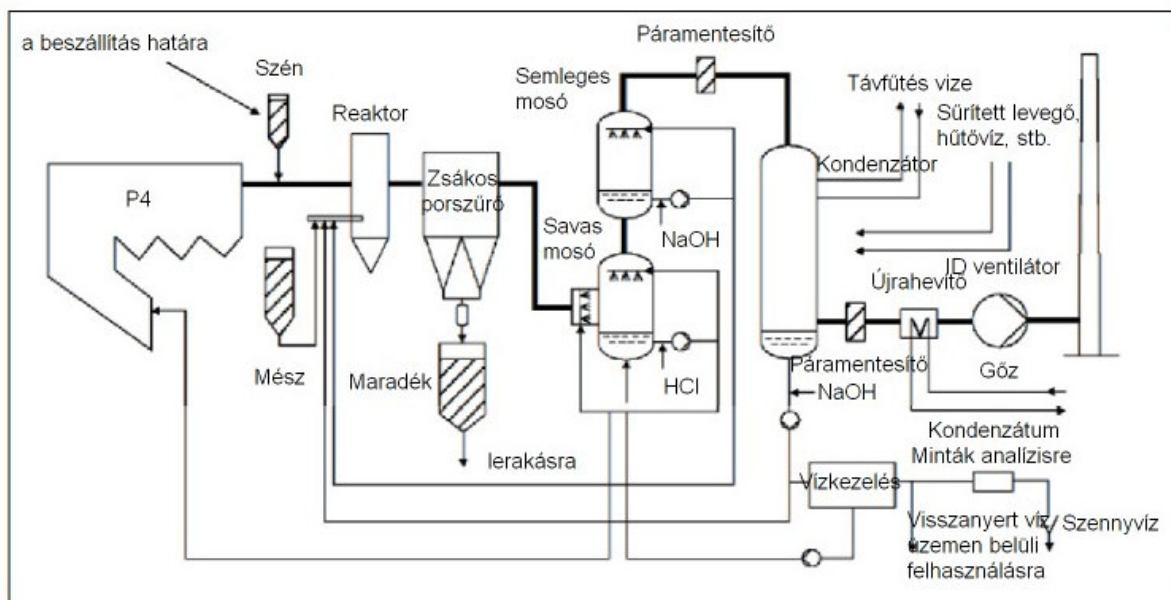
A svéd Stockholm/Hogdalen hulladékégetőben a fent bemutatott megoldást három hagyományos rostélytüzeléshez kapcsolódó gőzkazán és egy cirkulációs fluidágyhoz kapcsolódó gőzkazán rendszerében alkalmazzák. A hagyományos rostélytüzelésből származó füstgázokat gőzsugaras tisztítású, hulladékégetésből származó hőt hasznosító kazánokban kb. 140°C-ra hűtik. Hűtőközegként a távfűtésből visszavett vizet használják.

A füstgázkezelés minden kazán esetében száraz tisztítással kezdődik, melynek során a füstgázba egy reaktorban méshidrátport injektálnak, és a füstgázokat az adszorbenssel elkeverik. A savas szennyező anyagok reakcióba lépnek a mésszel, a reakció során szilárd sók keletkeznek, melyeket aztán szövet szűrő (zsákos porszűrő) segítségével, a pernyével és a felesleges mésporral együtt eltávolítanak. A végső reakció a szűrő zsákján, a szilárd anyag rétegben megy végbe. A fluidágyas kemencéhez kapcsolódó kazán reaktora ettől némileg eltérő felépítésű, mivel a szövetszűrőből recirkuláltatott port enyhén nedvesítik, mielőtt összekeverik a friss mésszel, majd a füstgázba injektálják.

A második tisztítási fázisban nedves tisztítási rendszereket (füstgázmosást) alkalmaznak. Itt a füstgázt telítik, és a maradék savas gázokat —főképp a hidrogén-kloridot (HCl) és a kén-dioxidot (SO₂)— eltávolítják. A füstgázmosót elhagyó telített gáz hőmérséklete 60°C körül van. A füstgázt csöves kondenzátorba szívják, ahol a távfűtési rendszerből visszatérő víz segítségével 40-50°C-ra hűtik. A rostélytüzelésű kemencékhez kapcsolt mindhárom kazán ugyanahhoz a füstgázmosó rendszerhez csatlakozik, a fluidágyas kemence kazánja viszont saját füstgázmosóval rendelkezik.

Mikor a visszatérő víz hőmérséklete 40°C (ami ebben az üzemben tipikusnak mondható, bár az Európa legnagyobb részére jellemző időjárási viszonyokkal összehasonlítva igen alacsony hőmérséklet), a kondenzátorban további 14% hőenergia nyerhető vissza, amennyiben viszont a visszatérő víz hőmérséklete 50°C, ez az érték csak 7%. Szélsőséges esetekben, mikor a visszatérő víz hőmérséklete eléri a 60°C-ot, nincs lehetőség extra hőhasznosításra.

A Stockholm/Hogdalen üzem esetében az elszívó ventilátorba illetve a kéménybe kerülés előtt a füstgázokat újrahevítik, ehhez néhány MW teljesítményű alacsony nyomású gőzt használnak fel. Az üzemelés újrahevítés nélkül, nedves ventilátor és kémény alkalmazásával is megoldható.



2.4.5 ábra: Szennyezés megelőzés és kiegészítő hőhasznosítás a füstgázok vízpára-tartalmának kondenzálásával, a Stockholm/Hogdalen CHP hulladékegységben

Ezen az egyszerűsített példán jól látható, hogy a kondenzáció csak akkor hatékony, ha a víz füstgázban mérhető harmatpontja és a hűtővíz (általában a távfűtésből visszatérő víz) hőmérséklete közti különbség kellően nagy. Amennyiben ez a feltétel nem teljesül, hőszivattyúk alkalmazása is lehetséges (ld. lejjebb).

Megjegyzendő, hogy ebben az esetben a távfűtésből visszatérő, lehűlt víz biztosítja a füstgázok kondenzációjának energetikai háttérét. Ez a megoldás csak hűvös klímájú területeken, többnyire Észak-Európában jöhet szóba.

2.4.4.6. Hőszivattyúk

A hőszivattyúk fő feladata az energia átalakítása adott hőfokszintről egy magasabb hőfokszintre. A hulladékegységekben három különböző hőszivattyú típust használnak. Ezeket a most következő pontokban mutatjuk be, példákkal együtt.

2.4.4.6.1. Kompresszoros hőszivattyúk

Ez a legismertebb hőszivattyú típus. Ezt használják például a hűtőgépekben, légkondicionálókban, fagyasztókban, páratlanítókban, de a föld, a víz és a levegő energiájának fűtéshez való felhasználásához szintén hőszivattyúkat alkalmaznak. A szivattyút rendszerint villanymotor működteti, de nagyobb létesítményekben gőzturbina által működtetett kompresszorokat is használhatnak.

Zárt rendszerekben valamilyen hűtőközeget (pl. R134a) kondenzátoron, expanziós szelepen, elpárologtatón és kondenzátoron keresztül áramoltatják. A kompresszor a hűtőközeget összesűríti, amely emiatt magasabb hőmérsékleten kondenzálódik (kondenzátor), ennek során a hőt a távfűtőrendszerben keringtetett víznek adja le. Az expanziós szelepnél az anyag alacsony nyomáson kitágul, elpárolog, ezáltal a füstgáz kondenzátorból érkező vízből alacsonyabb hőmérsékleten is képes hőt felvenni. A folyamat eredményeként a füstgáz kondenzátor vizében alacsony hőmérséklet mellett jelenlévő energia magasabb hőmérsékleten a fűtési rendszerbe kerül. Tipikus hulladékégetési feltételek mellett a kimenő hő és a kompresszor által felhasznált energia aránya (hasznosított hőenergia:befektetett energia) akár az 5-ös értéket is elérheti. A kompresszoros hőszivattyúk a füstgázok energiájának nagy részét képesek hasznosítani.

2.4.4.6.2. Abszorpciós hőszivattyúk

A kompresszoros változathoz hasonlóan eredetileg az abszorpciós hőszivattyúkat is hűtés céljára fejlesztették ki. A kereskedelmi hőszivattyúk vízzel működnek, a vizet zárt körben áramoltatják generátoron, kondenzátoron, elpárologtatón és abszorberen keresztül. Sűrítés (kompresszió) helyett az áramlást az tartja fenn, hogy a vizet az abszorberben egy sóoldat, rendszerint lítium-bromid abszorbeálja. A hígított vizes sóoldatot a generátorba szivattyúzzák. Itt a vizet forró víz vagy alacsony nyomású gőz segítségével elpárologtatják, majd a kondenzátorban magas hőmérsékleten kondenzálják. A hő a távfűtő rendszerben áramló vízbe kerül. A koncentrált sóoldat visszakerül az abszorberbe. A folyamat a rendszerben uralkodó nyomás és a folyadékok (azaz a víz és a lítium-bromid) gőznyomásának egymáshoz viszonyított arányával szabályozható.

A rendszer áramfogyasztása igen alacsony —mindössze az abszorber és a generátor közti kisteljesítményű szivattyú működtetése igényel elektromos energiát— ezenkívül kevés mozgó alkatrészt tartalmaz. A hasznosított hőenergia és az abszorpciós folyamatba befektetett energia aránya általában 1.6 körül alakul.

2.4.4.6.3. Nyílt rendszerű hőszivattyúk

A harmadik hőszivattyú típust néha nyílt rendszerűnek nevezik, lényege az, hogy a kondenzátort elhagyó füstgáz víztartalmát hő- és nedvességcserélő segítségével csökkentésük, közvetítő közegként levegőt használva.

A kondenzátorban lévő füstgáz magas víztartalma magasabb harmatpontot, illetve ezen harmatpont és a távfűtésből visszavett víz harmatpontja közti nagyobb különbséget eredményez.

2.4.4.6.4. A különböző hőszivattyúk példa-adatai

Az alábbi táblázat adatai 3 különböző svéd üzemből származnak, a fentiekben bemutatott hőszivattyúk közül minden üzem mást-mást használ.

Amint az a táblázatból is látható, a hőszivattyúk működtetése elektromos áramot igényel, ezért a nettó villamos energia termelés csökken, ugyanakkor a hőtermelés növekszik.

	1. példa	2. példa	3. példa
Hőszivattyú típusa:	Kompresszoros	Abszorpciós	Nyílt rendszerű
Nettó hőtermelés hőszivattyúval	82	80	81
Nettó hőtermelés hőszivattyú nélkül	60	63	70
Hőtermelési értékek közti különbség	+37%	+28%	+16%
Nettó villamos energia termelés hőszivattyúval	15	15	0
Nettó villamos energia termelés hőszivattyú nélkül	20	19	0
Villamos energia termelési értékek közti különbség	-25%	-21%	0
Az adatok számításakor a felhasznált energiát 100-nak vették, tehát minden megadott érték százalékban értendő. A 3. példában nem termelnek elektromos áramot. Forrás: Az adatok 3 svéd üzemből származnak			

2.4.5 táblázat: A hő- és energiatermelés értékei közti különbséget bemutató példa-adatok, különböző hőszivattyú típusokra

2.4.4.7. Füstgáz hasznosítás

A (rendszerint tisztított) füstgáz egy részét (kb. 10-20 térfogatszázalékát) —általában portalanítás után— a tüztérbe vezetett szekunder levegő kiváltására használják.

A technika a jelentések szerint csökkenti a füstgázokkal távozó hőből adódó hőveszteséget, a és a folyamat energiahatékonyságát 0,75-2%-kal növeli. Egyes esetekben a primer NO_x-kibocsátás csökkenése is tapasztalható volt.

Az áramlás lassítása a recirkulációs csövekben hatékony korrózió-csökkentő módszernek bizonyult.

2.4.4.8. Füstgázok újrahevítése a füstgáztisztító berendezések működési hőmérsékletére

Egyes légszennyezést csökkentő berendezések hatékony működése a füstgázok újrahevítését igényli, ilyenek például az SCR berendezések és a zsákos porszűrők, melyek általában 250°C, illetve 120°C körüli hőmérsékleteket igényelnek.

A füstgázok újrahevítéséhez szükséges energia a következő forrásokból származhat:
külső energiaforrások (pl. elektromos fűtés, gáz vagy olajégők)
a folyamatban keletkező hő felhasználása (pl. turbina megcsapolásokból)

Az adott berendezés után a hő elvezetésére elhelyezett hőcserélők csökkentik a külső forrásból származó energia iránti igényt. Ezt a megoldást azokban az esetekben használják, mikor a folyamat következő lépésében nem igényel olyan magas hőmérsékletet, mint amekkora az előző berendezésből kilépő füstgázé volt.

2.4.4.9. Füstcsóva láthatóságának csökkentése

Egyes területeken a hulladékegetők látható füstjével kapcsolatban jelentős érzékenység tapasztalható. Bizonyos technikák (pl. a füstgázmosás) szintén növeli a füstgáz nedvességtartalmát, így annak potenciális láthatóságát is. Az alacsonyabb környezeti hőmérséklet és a magas páratartalom szintén növeli a füst kondenzációjának, vagyis láthatóvá válásának kockázatát.

A láthatóság csökkentésének egyik módja füstgázok hőmérsékletének emelése, ez a kiengedett anyagok diszperzióját is javítja. A füstgáz nedvességtartalmától és a légköri viszonyoktól függően a füstgáz láthatósága jelentősen csökken, ha a füst hőmérséklete a kémény elhagyásakor 140°C körüli.

A füstgázok nedvességtartalmának csökkentése szintén csökkenti a láthatóságot. Ezt alternatív füstgáztisztítási eljárások alkalmazásával (pl. füstgázmosás mellőzésével) illetve kondenzáló füstgázmosó rendszerekkel lehet elérni, mely utóbbiak leválasztják a vizet a füstgázból (ld. 2.4.4.5. szakasz).

2.4.4.10. A gőz-víz kör hatékonyságának javítása és az ehhez kapcsolódó egyéb vonatkozások

A gőz-víz kör megválasztásának általában sokkal nagyobb hatása van a létesítmény energiahatékonyságára, mint a rendszer egyes elemeinek hatásfokának javítása, ezért ez a legjobb lehetőség arra, hogy a hulladékból kinyerhető energia mennyiségét növelhessük.

Az alábbi táblázat által bemutatott példában egy települési hulladékból energiát előállító üzem olyan technikáiról kapunk információkat, melyekkel az energia-hasznosítás hatásfoka növelhető. A táblázat a technikák „súlyozását” is megadja. Az üzem, amelyre a kiszámított értékek vonatkoznak, csak elektromos áramot termel.

Technika	Nettó megtermelt energia mennyiségének növekedése (megközelítőleg) és egyéb előnyök	Hátrányok
Gőznyomás növelése	40 bar helyett 60 bart alkalmazva 3%	növekvő beruházási költségek korróziós veszély enyhe növekedése
Vákuum csökkentése a turbina kivezetésénél (a vákuum javítására pl. vízhűtési kondenzátor) használható)	20 mbar-os csökkentés esetében 1-2%	beruházási költségek jelentős növekedése (légkondenzátor terület: +10%, 120 és 110 mbar közti nyomáson, 15°C léghőmérséklet mellett)
Szekunder levegő melegítése	0,7-1,2%	Bonyolultság és költségek növekedése, ha két ventilátort alkalmaznak
Levegő melegítés 2 lépésben (pl. 2 turbinacsapolás)	1-1,5%	költségnövekedés helyigény növekedése
Kilevegőztető hőmérsékletének emelése	130°C helyett 140°C-t alkalmazva 0,9%	tápvíz-előmelegítő méretének és költségének növekedése

Kondenzátum melegítése	0,5-1,2%	berendezés és csővezetékek költségének növekedése nem feltétlenül vonatkozik a kisméretű TG berendezésekre (ld. lejjebb!) korróziós problémák léphetnek fel, különösen az átmeneti szakaszokban (indítás, leállás stb.)
Füstgáz egy részének hasznosítása	0,75-2% a száraz O ₂ 1%-os csökkentésénél ----- NO _x -szint csökkenése 100 mg/Nm ³ értékben	beruházási költségek növekedése az O ₂ mennyiségének egyéb módszerekkel való csökkentése miatt a füstgáz kevésbé alkalmas a felhasználásra korróziós problémák léphetnek fel, különösen az átmeneti szakaszokban (indítás, leállás stb.)
Füstgáz hőmérsékletének csökkentése a kazán kimeneténél	190°C és 140°C közt 0,4-0,7%, 10°C-os hőmérséklet-csökkenés esetében	a kazán kimeneti hőmérsékletét a füstgáztisztító rendszer típusának megfelelően határozzák meg
Szelektív nem-katalizátoros redukció (SCNR) alkalmazása SCR helyett a NO_x leválasztásához	3-6%, a felhasznált eljárásoktól függően	ld. az SCR és SCNR de-NO _x módszerek alkalmazásáról folyó vitákat
A turbógenerátor optimális megválasztása	1-2%, azonnali Hosszabb időn át sokkal nagyobb különbség mutatkozik, ha alacsony a hozzáférhetőség	Egyes TG berendezések nagyobb hatékonyságot mutatnak névleges értékek mellett üzemben, de megbízhatóságuk kisebb hozzáférhetőség és/vagy rugalmasság részleges terhelés esetén
A füstgáz oxigéntartalmának 1%-os csökkentése (a 6-10%-os tartományban)	1-2% növekedés	alacsonyabb O ₂ tartalom mellett növekedhet a CO mennyisége az alacsony oxigéntartalom növelheti a korrózióvesztést

2.4.6 táblázat: A gőz-víz kör hatékonyságának javítása és az ehhez kapcsolódó egyéb vonatkozások

2.4.5. Gőzgenerátorok és gyorsűtés (kvencs) veszélyes hulladékot égető üzemekben

A veszélyes hulladék égetéséből származó gázok hűtésére Európában jobbra két módszert használnak. E módszerek alapvető előnyeit és hátrányait mutatjuk be a következő táblázatban:

Gáz hűtő rendszer	Előnyök	Hátrányok
Hőhasznosító kazán	jó hatásfokú energiakinyerést tesz lehetővé (70-80% gőzzé alakítható) alacsonyabb vízfogyasztás, kevesebb víz kezelése szükséges	a kazánban felléphet a dioxin újraképződésének fokozott kockázata a kazán rendszer miatti járulékos befektetési és fenntartási költségek
Gyorsűtés	dioxin újraképződésének veszélye alacsony a levegőbe történő kibocsátások járulékos dioxin-ellenőrzésére nincs akkora szükség a technika alkalmazásával lehetővé válik a hulladékok szélesebb skálájának kezelése, illetve magasabb halogén vagy sótartalmú hulladékok égetése	csak igen korlátozott energiakinyerés lehetséges magasabb vízfogyasztás nagyobb mennyiségű víz kezelése válhat szükséges

2.4.7 táblázat: A gyorsűtés és a hőhasznosítással egybekötött hűtés közti főbb különbségek összefoglalása

Hőhasznosító kazánok veszélyes hulladékokat égető létesítményekben:

A forró füstgázokat **gőzgenerátorban** (vagy **kazánban**) hűtik le, melynek kapacitása a létesítménytől függően 16 MW és 35 MW közt változhat. Az előállított gőz nyomása 14 és 40 bar, hőmérséklete pedig 207 és 385°C között van. Irányszámként elfogadható, hogy egy teljes felszereltségű létesítmény általában átlagosan 4-5 tonna gőzt termel egy tonna elégetett hulladékból, ami 70-80%-os hőhatékonyságnak (gőz energiatartalma a hulladék energiatartalma ellenében) felel meg. A legtöbb elektromos áramot termelő létesítmény rendelkezik **tápvíz-előmelegítővel** és **túlhevítővel**. A veszélyes hulladék kezelését végző hulladékégetőkben a gőzgenerátorok hatékonyságát egy sor tényező befolyásolja, ideértve a füstgáz összetételét és a lerakódások képződésének lehetőségét a hőcserélő felületeken. Ennek jelentős kihatása van az alkalmazott építőanyagokra és a kialakításra, valamint a felszerelés működési élettartamára és teljesítményére.

Egyes létesítményekben az elektromos áramot gőzmeghajtású turbinával állítják elő. Az elektromos áramot a hulladékégető vagy saját rendszerében hasznosítja, vagy külső félnek adja el. A gőzt ipari folyamatokban való közvetlen felhasználásra is továbbíthatják, pl. vegyi anyagok gyártása során, vagy egyéb hulladékkezelési folyamatokban használják fel, de a távfűtésben is felhasználható. A fenti megoldások kombinációja is alkalmazható.

Gyorshűtés:

Vannak olyan létesítmények, amelyek nem rendelkeznek kazánnal, itt a füstgázok hőmérsékletét rendkívül nagy sebességű gyorshűtéssel csökkentik (pl. 1 100°C-ról 100°C-ra, kevesebb, mint egy másodperc alatt). A gyorshűtés megakadályozza a dioxin-képződést, illetve szükségtelenné teszi egy kiegészítő dioxin eltávolító rendszer beállítását. A gyorshűtést végző berendezéseket „kvencselőnek” nevezzük, elsősorban olyan üzemekben alkalmazzák őket, ahol erősen halogénezett anyagokat tartalmazó, igen heterogén hulladékokat kezelnek. A megoldás korlátozza az energiahasznosítás lehetőségeit.

2.4.6. Példa az energiahasznosításra fluidágyas hulladékégetőkben

A fluidágyas égetőművek különböző kialakítása és mérete hatással van a kazán működési jellemzőire és a megtermelt energia mennyiségére és típusára. Az alábbi két példa körülbelüli értékeket mutat be az eltérő méretű hulladékégetőkre:

1. 15-30 MW hőt és alacsony nyomású gőzt előállító kazánok:

Az ebbe a méretkategóriába eső, fluidágyas kemencékhez kapcsolódó kazánok évente kb. 35 000-40 000 tonnányi előkezelte hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagot használ fel. A tüzelőanyagot kereskedelmi hulladék, bontási hulladék és szelektíven gyűjtött háztartási hulladék alkotja. A rendszer egy nagyjából 150 000 lakosú város összes ilyen jellegű hulladékát hasznosítani tudja. A kazán kb. 150 GWh hőt termel, amely az iparban vagy távfűtési célokra hasznosítható.

Az ekkora kazánok működtetése nagyon hasonló az 50-100 MW-os, klasszikus hőerőművekben használt kazánokéhoz. A kazán működési jellemzői stabilak és ingadozásoktól mentesek, ami a szétválogatott hulladékból készült, ellenőrzött minőségű tüzelőanyagoknak és a nehéz fluidágyának köszönhető.

Megfelelő energia-felhasználó rendelkezésre állása esetén a rendszer energiahatékonysága a 70-90%-os értékeket is elérheti.

A forgó fluidágyas hulladékégetőket 10-55 MW-os hőkapacitásra (termikus kapacitás) és az ehhez elégetendő hulladék tekintetében technológiai soronként 22 000-167 000 tonnás átmenő

kapacitásra tervezik. A hulladék energiája gőzgenerátorokban hasznosul, a gőzt a helyi igényektől függően elektromos áram és/vagy hő termelésére használják fel. A hőhatékonyság 80% körüli, míg az áramtermelési hatékonyság tipikusan 25% körül alakul.

2. 50-100 MW-os áramtermelő erőművek

Ha a hulladékégetés hőjét hasznosító kazán mérete >30MW, a megtermelt hőenergia mennyisége miatt nehézségekbe ütközhet a megfelelő felhasználó megtalálása. Ha az üzem elektromos áramot is termel, a hőhasznosító kazán gazdaságossága leginkább az áram, és nem a hő árától fog függeni.

Jól meghatározott, ellenőrzött minőségű tüzelőanyagok mellett az áramtermelési hatékonyság viszonylag magas lehet, adott esetben, jellemzően 450-500°C-os gőzhőmérsékletnél akár a 30-35%-ot is elérheti

2.5. ALKALMAZOTT FÜSTGÁZKEZELÉSI ÉS ELLENŐRZŐ RENDSZEREK

2.5.1. *A füstgázkezelési technikák alkalmazásának összefoglalása*

A füstgázkezelési rendszereket önálló eljárások kombinálásával hozzák létre, ezen eljárások teljes füstgázkezelési rendszert alkotnak. Ez a fejezet a füstgázkezelési folyamatot felépítő egyes eljárásokat mutatja be, azon anyagok alapján csoportosítva, melyekre az eljárások elsősorban épülnek.

A 2.5.1 táblázat a települési hulladékégetésben alkalmazott egyes füstgázkezelési rendszerekről mutat be összefoglaló adatokat. Az alkalmazott rendszerek egyensúlya különböző hulladékáramok esetén eltérő. A táblázatban szereplő technikákat a 2.5 fejezet későbbi részeiben mutatjuk be részletesebben.

Különböző füstgázkezelési rendszereket alkalmazó TSZH égetőművek száma									
	Száraz szorpciós eljárás (szövetszűrővel)	Félszáraz tisztítási eljárás (szövetszűrővel)	Nedves tisztítási eljárás	Száraz és nedves eljárások kombinációja	Félszáraz és nedves	Csak elektrofilter	Csak szövetszűrő	SNCR de-NO _x	SCR de-NO _x
Ausztria			2					használják	használják
Belgium	2	9	8		1			használják	használják
Dánia	7	17	6			1	1	használják	
Franciaország	13	25	45			19		használják	
Németország	5	16	30	2	5		1	17	42
Nagy-Britannia	1	9				1		használják	
Magyarország		1							
Olaszország	26	6	3	8	4				
Hollandia		1	5		4			3	használják
Norvégia	4	1	3						
Portugália		3							
Spanyolország	1	7							
Svédország	5	1	7	2			2	használják	használják
Svájc		1	29						használják
Összesen	64	95	138	12	14	21	4	23	43 (200-ból) ³

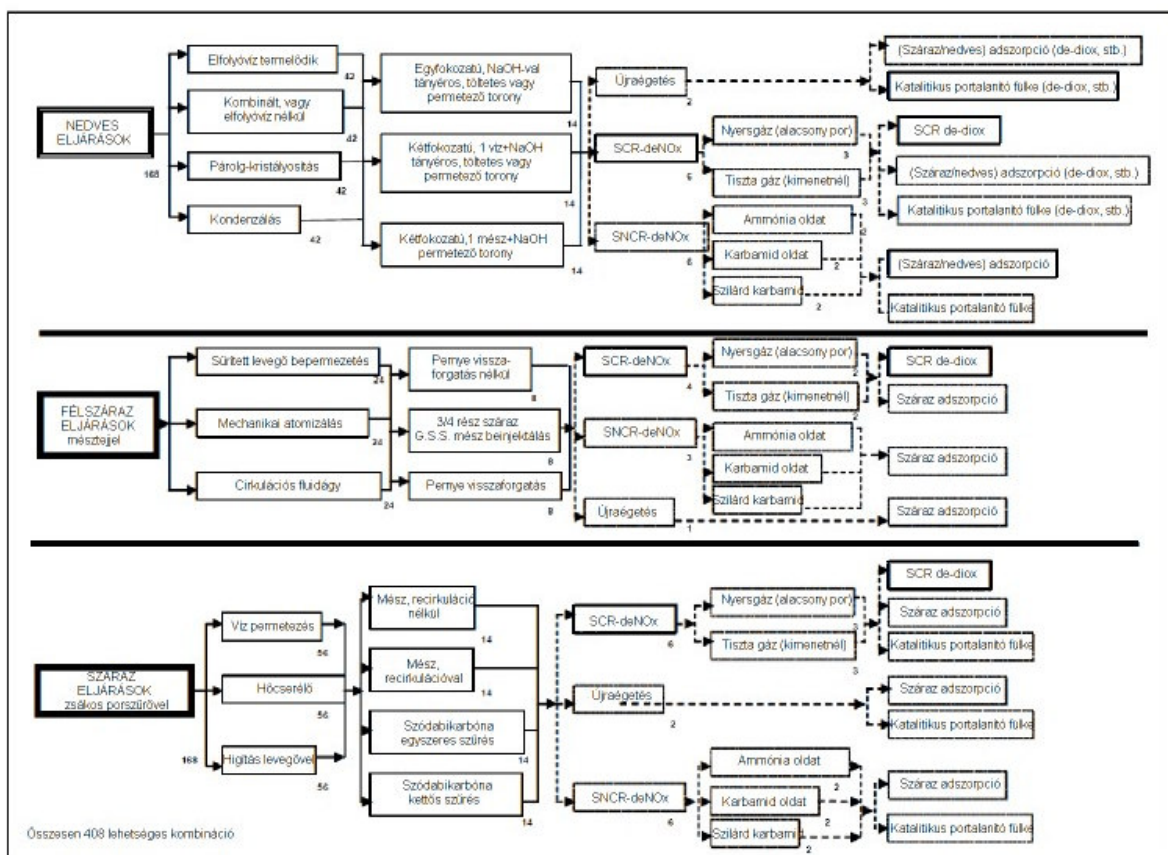
Megjegyzések:

1. Az összes adat (kivéve az SCR-re vonatkozókat) a TWG-nek leadott adatokból származik – 1. és 2. táblázat és TWG megjegyzések
2. A füstgázkezelési eljárások egyéb kombinációit is alkalmazzák, de ezek nem szerepelnek ebben a táblázatban
3. A FEAD által az EIPPCB felé benyújtott adatok szerint a kb. 200 vizsgált TSZH égetőműből 43 használ SCR-t
4. A belga adatok csak a flamand részre, és csak Brüsszelre vonatkoznak
5. a „használják” arra utal, hogy a technikát alkalmazzák – az üres mezők azt jelentik, hogy nem állt rendelkezésre adat

2.5.1 táblázat: Európai TSZH égetőművekben alkalmazott legfontosabb füstgáztisztítási technikák összefoglalása (2000/2001)

2.5.2. A kombinált füstgáztisztítási lehetőségek általános áttekintése

Adott füstgáztisztítási rendszerben az egyes összetevők kombinációjára azért kerül sor, hogy egy teljes körű, hatékony rendszert hozzanak létre a füstgázban található szennyező anyagok kezelésére. Számos külön folyamat és kialakítás létezik, melyek sokféleképp kombinálhatók. Az alábbi diagram a különböző lehetőségekre, illetve ezek lehetséges kombinációira mutat be példát. A diagramban bemutatott technikák alapján elméletileg összesen 408 féle különböző kombinált rendszer kialakítása lehetséges:



2.5.1 ábra: A füstgáztisztítási rendszerek lehetséges kombinációinak áttekintése

2.5.3. A porkibocsátás mérséklésének technikái

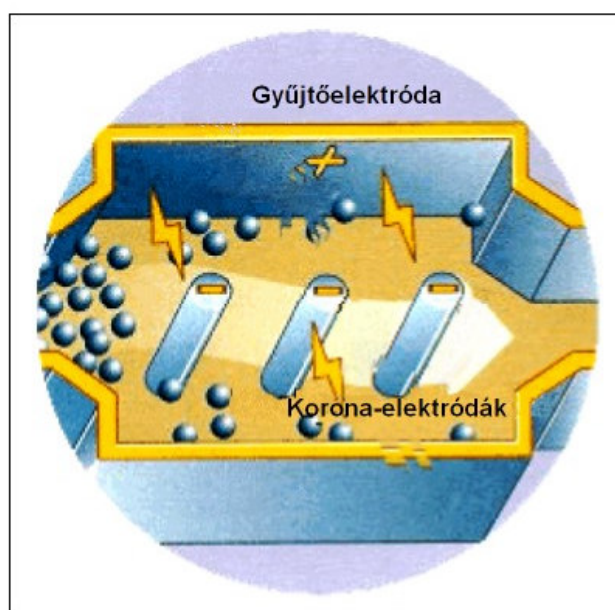
A por eltávolításához használandó füstgáztisztító berendezés megválasztása legnagyobb mértékben a következők függvénye:

- a füstgázban lévő részecskék mennyisége
- a részecskék átlagos mérete
- a részecskék méretének megoszlása
- a gáz térfogatárama
- a füstgáz hőmérséklete
- a füstgáztisztítás teljes folyamatában használt egyéb berendezésekkel való kompatibilitás (pl. teljes körű optimalizálás)
- a kibocsátott füstgázban engedélyezett koncentrációk

A fentiek közül egyes paraméterek csak ritkán ismertek (pl. a részecskék méretének megoszlása vagy az átlagos részecske-méret), itt csak empirikus adatok állnak rendelkezésre. A rendelkezésre álló kezelési opciók illetve a leválasztott frakció ártalmatlanításának lehetőségei szintén befolyásolhatják a füstgáztisztítási rendszer megválasztását, pl. ha van lehetőség a pernye kezelésére és felhasználására, akkor a pernye, ahelyett, hogy egy helyre kerülne a többi füstgáztisztítási maradékkal, elkülönítve is gyűjthető.

2.5.3.1. Elektrosztatikus porleválasztók (elektrofilterek)

Az elektrosztatikus porleválasztókat elektrofiltereknek is nevezik. Az elektrofilterek porleválasztási hatékonysága leginkább a por elektromos ellenállásától függ. Amennyiben a porréteg elektromos ellenállása 10^{11} - 10^{12} Ω cm körüli értékek fölé emelkedik, a leválasztási hatékonyság csökken. A porréteg elektromos ellenállását a hulladék összetétele szabja meg. Az ellenállás tehát a hulladék összetételétől függően igen gyorsan változhat, különösen veszélyes hulladékok égetése során. A hulladékban lévő kén (illetve a víztartalom, 200°C alatti üzemhőmérsékleten) a füstgázban SO_2 (SO_3) formában megjelenve gyakran a porréteg ellenállásának csökkenését eredményezi, javítva ezáltal a por lerakódását az elektromos mezőben.



2.5.2 ábra: Elektrosztatikus porleválasztó működési elve

A finom por és a füstködök leválasztásának hatékonyságát olyan berendezések javíthatják, melyek az elektromos mező hatását a füstgázban cseppek képződésével fenntartják (az elektrofilter elé kapcsolt kondenzációs és nedves elektrosztatikus porleválasztók, kondenzációs elektrosztatikus porleválasztók, elektrodinamikus venturi mosók, ionizált vízbepermetezéses hűtők).

Az elektrofilterek jellemző működési hőmérséklete 160 - 260°C . Magasabb hőmérsékleten (pl. 250°C felett) ritkán használják őket, mert a magas hőmérséklet növelheti a PCDD és PCDF képződésének (és kibocsátásának) veszélyét.

2.5.3.2. Nedves elektrosztatikus porleválasztók

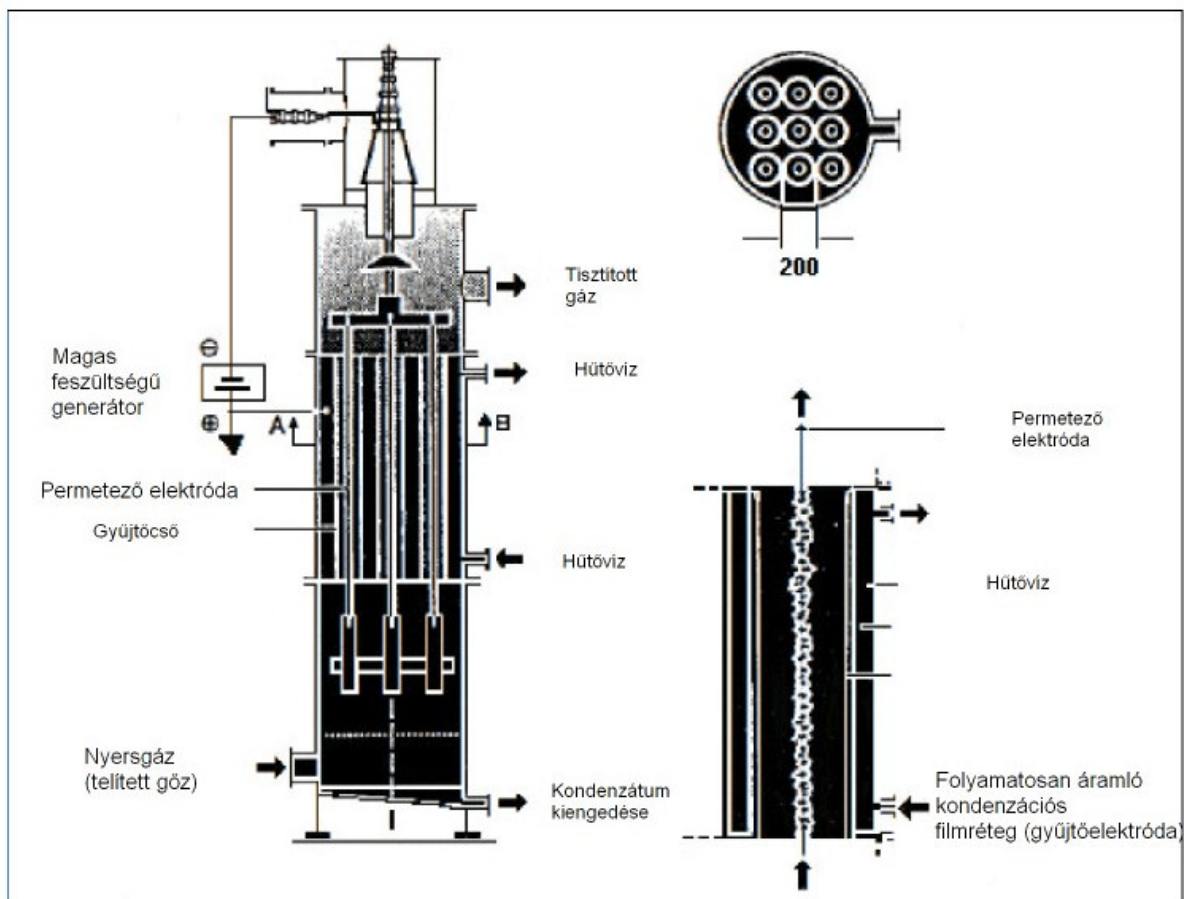
A nedves elektrosztatikus porleválasztók működési elve ugyanaz, mint az elektrofiltereké, de a nedves rendszerű berendezésekben a gyűjtőelektródákon lerakódó port valamilyen folyadékkal, rendszerint vízzel öblítik le. Az öblítést folyamatosan vagy szakaszosan végezhetik. A technika kielégítő eredményeket mutat akkor is, mikor az elektrosztatikus porleválasztóban nedves vagy alacsony hőmérsékletű füstgázokat kezelnek.

2.5.3.3. Kondenzáción alapuló elektrosztatikus porleválasztók

A füstgázmosókat a nagyon finom szemcséjű, szilárd, folyékony vagy tapadós részecskék leválasztására használják, például a veszélyes hulladékot kezelő égetőművekben keletkező füstgázok esetében. A hagyományos nedves elektrosztatikus porleválasztókkal szemben a füstgázmosókban a gyűjtőfelületet kötegekben elhelyezkedő műanyag csövek alkotják, melyeket kívülről vízzel hűtenek.

A port tartalmazó füstgáz hőmérsékletét először gyors hűtéssel, víz közvetlen befecskendezésével harmatpontra csökkentik, majd vízpárával telítik. Ahogy a gáz a gyűjtőcsövekben haladva tovább hűl, a csövek belső felületén a kicsapódó pára vékony, sima folyadékfilmet alkot. Ezt elektromosan földelik, így passzív elektróda (gyűjtőelektróda) jön létre.

A részecskék a csövek középvonalában felfüggesztett koronaelektróda és a folyamatosan áramló kondenzációs filmréteg közti elektromos mező hatására rakódnak le. A lerakódó port a gyűjtőfelületről ugyanakkor a kondenzációs réteg folyamatosan eltávolítja. A módszerrel még a vízben nem oldódó porok és a nehezen nedvesedő korom is eltávolíthatók. A folyamatosan megújuló nedves réteg megakadályozza a *szikrázást* (az elektródák közti elektromos kisülést) okozó száraz foltok és a letapadás kialakulását. A kisülések megakadályozása révén a koronaelektródában nagyobb feszültség alkalmazható, így lehetővé válik a megnövelt hatékonyságú porleválasztás, állandó teljesítményszint mellett (ld. 2.5.3 ábra).



2.5.3 ábra: Kondenzáción alapuló elektrosztatikus porleválasztó

2.5.3.4. Ionizációs füstgázmosók

Az ionizációs füstgázmosók (Ionisation Wet Scrubber – IWS) feladata különböző szennyező anyagok eltávolítása a füstgázáramból. Az IWS működése az alábbi elveken alapul:

- részecskék elektrosztatikus töltése, füstködök (részecskeméret: kisebb, mint $5\ \mu\text{m}$) esetében alkalmazott, elektrosztatikus vonzáson alapuló leválasztás
- durva (részecskeméret: nagyobb, mint $5\ \mu\text{m}$) szilárd és folyékony részecskék függőleges leválasztása
- veszélyes, korrozív és bűzös gázok abszorpciója

Az IWS rendszer az elektrofilter és a töltetes füstgázmosó torony kombinációja. A jelentések szerint kevés energiát használ, és magas hatékonysággal választja le a részecskéket, mind a mikrométer alatti (szubmikron), mind az afeletti tartományban.

A toronyban minden mosási fázis előtt egy magasfeszültségű zónát iktatnak be. A magasfeszültségű zónában a füstgázban lévő részecskék (porok, füstködök, szubmikron részecskék) ionizálódnak. A negatív töltésű részecskék ellenkező töltést gerjesztenek a nedves töltőanyag és a lehulló vízcseppek semleges felszínén. Emiatt a részecskék megtapadnak ezeken a felszíneken és kimoshatók a töltetrétegből. Ezt „tükörtöltésen alapuló vonzásnak” (Image/Force attraction) is nevezhetjük, ahol a vonzó hatás a töltések influálásán alapul.

[Az image force attraction kifejezés jelentését magyarul inkább körülírni lehet: elektromos megosztáson alapuló vonzás vagy kölcsönhatás, ahol a jelenség alapja a „megosztás”, vagyis a vezető tárgyban a külső töltés hatására kialakuló töltésszétválás (töltés-elmozdulás). A ford.]

A veszélyes, korrozív és bűzös gázokat ugyanabban a mosófolyadékban nyeletik el, ahol kémiai kötésbe kerülnek, ezután a mosó szennyvizével eltávolíthatóak.

Az ionizációs füstgázmosók egy másik típusa Venturi csövet használ. A Venturi csőben fellépő nyomásváltozások nyomán a finom részecskék mérete megnövekszik, majd az elektróda töltéssel látja el őket. A részecskéket vastag rétegben bepermetezett vízcseppek gyűjtik össze, melyek gyűjtőelektródként szolgálnak.

2.5.3.5. Szövetszűrők

A zsákos porszűrőknek is nevezett szövetszűrőket a hulladékégetőkben széles körben alkalmazzák. A szövetszűrők a részecskék igen széles mérettartományában rendkívül jó hatásfokú szűrést tesznek lehetővé. 0,1 mikrométer alatti részecske-méreteknél a hatékonyság csökken, viszont az ebbe a tartományba eső részecskék mennyisége a hulladékégetőkben keletkező füstgázban viszonylag alacsony. A technológia alkalmazása alacsony porkibocsátást eredményez. A zsákos porszűrők elektrosztatikus porleválasztóval és füstgázmosóval is kombinálhatóak.

A hatékony működéshez a szűrő anyagát a füstgáz és a por jellemzőinek, illetve a folyamathőmérsékletnek a figyelembe vételével kell megválasztani. A szűrő anyagának ellenállónak kell lennie a hőhatásokkal illetve fizikai és kémiai behatásokkal (pl. hidrolízis, savak, lúgok, oxidáció) szemben. A szűrési felület nagyságát, azaz a szűrési sebességet a gáz térfogatárama határozza meg.

A működési élettartamot, valamint az energia és karbantartási igényt a szűrő anyagát érő mechanikai és hőterhelés határozza meg.

Folyamatos működés mellett a részecskék lerakódása miatt a szűrőnél növekvő nyomáscsökkenés lép fel. Száraz szorpciós eljárások alkalmazása esetén a szűrő anyagán kialakuló porréteg elősegíti a savak eltávolítását. Általánosságban a szűrőnél fellépő nyomáskülönbség megfigyelésével jelezhető a tisztítás szükségessége. Javíthatatlan károsodás esetén (például amikor a szűrő anyagában eltávolíthatatlanul lerakódó por miatt fokozódó nyomásvesztés lép fel), vagy az élettartam lejártakor a szűrőt cserélni kell. A szűrőzsák élettartamának szabályozására számos lehetőség áll rendelkezésünkre: nyomásesés ingadozás, vizuális vagy mikroszkópos analízis stb. A szűrőzsák esetleges szivárgását a megnövekvő kibocsátások vagy a folyamat bizonyos zavarai jelzik.

A száraz szorpciós eljárások alkalmazása az olyan porokra korlátozódik, melyek magas hőmérsékleten (300-600°C) higroszkóposak, és ezen a hőmérsékleten tapadóssá válnak. Az ilyen porok a leválasztó berendezésen lerakódást képeznek, melyeket működés közben a hagyományos tisztítási technikákkal nem lehet hatékonyan eltávolítani, ezért eltávolításukhoz ultrahangos vibrációra lehet szükség. Ezek a porok komplex sókból származhatnak, pl. foszfort, ként vagy szilíciumot tartalmazó hulladékok égetése esetén.



2.5.4 ábra: Példa szövetszűrő kialakítására

2.5.3.6. Ciklonok és multiciklonok

A ciklonok és multiciklonok a részecskéket a gázáramból centrifugális erő segítségével választják le. A multiciklon és ciklon közti különbség az, hogy az előbbi számos kisebb ciklontestből áll. A gázáram tangenciális irányban lép be a leválasztóba, és egy közepén elhelyezkedő nyíláson keresztül hagyja el azt. A szilárd részecskék folyamatosan a ciklon külső fala felé sodródnak, ahol a port összegyűjtik, majd eltávolítják.

A ciklonok önmagukban nem képesek biztosítani a modern hulladékégetők esetében megkövetelt kibocsátási szinteket, viszont a többi füstgáztisztítási lépést megelőző előpormentesítőként fontos szerepet töltenek be. A ciklonok energiaigénye általában alacsony, mivel a ciklonban nem lép fel nyomáscsökkenés.

A ciklonok előnyei közt meg kell említeni, hogy széles hőmérséklet-tartományban üzemelnek és igen robusztus felépítésűek. A ciklonokban fellépő erózió, különösen azokon a pontokon, ahol a tisztítatlan füstgázok visszaverődnek a falakról, akkor okozhat problémákat, ha a füstgáz szilárd részecskékkel erősen szennyezett, különösen ott, ahol a fluidágyas kemencéből az ágy anyagát alkotó részecskék kijuthatnak. A cirkulációs fluidágyaknál általában ciklont használnak az ágy anyagának leválasztására és visszajuttatására a kemencébe.

2.5.4. Savas gáz-kibocsátások (pl. HCl , HF , SO_x) mérséklésének technikái

A savas gázokat a füstgázból rendszerint lúgos reagensekkel választják le. A füstgáztisztítás során az alábbi eljárásokat alkalmazzák:

száraz eljárások:	A füstgázba a szorpciós adalékanyagot (pl. mészhidrát, nátrium-bikarbonát) száraz por formájában juttatják be, a reakciótermék pedig szintén száraz
félszáraz eljárások	Az eljárásban, melyet néha félnedvesnek is neveznek, a szorpciós adalékanyagot vizes oldat formájában (pl. mésztej), vagy szuszpenzióként (pl. híg iszap) juttatják be a füstgázba. A vizes fázis elpárolog, és száraz reakciótermékek keletkeznek. A reagens jobb kihasználásának érdekében a maradékanyag visszajuttatható a rendszerbe. A technika egyik változatát alkotják a „flash dry” (porlasztva szárító) eljárások, ahol a füstgázba annak gyors lehűlését okozva vizet fecskendeznek, a reagenst pedig a szűrő bemenetnél adagolják be.
nedves eljárások	A füstgázt vízbe, hidrogén-peroxidba és/vagy a reagens egy részét tartalmazó mosóoldatba (pl. nátrium-hidroxid oldatba) vezetik. A keletkező reakciótermékek folyékonyak.

2.5.4.1. A kén-dioxid és a halogének eltávolítása

A kén-dioxidot és a gáznemű halogéneket kémiai vagy fizikai elven működő szorpciós adalékanyagok befecskendezésével, és füstgázokkal való érintkeztetésével távolítják el a füstgázokból. A technikától függően a reakciótermékek oldott vagy száraz sók.

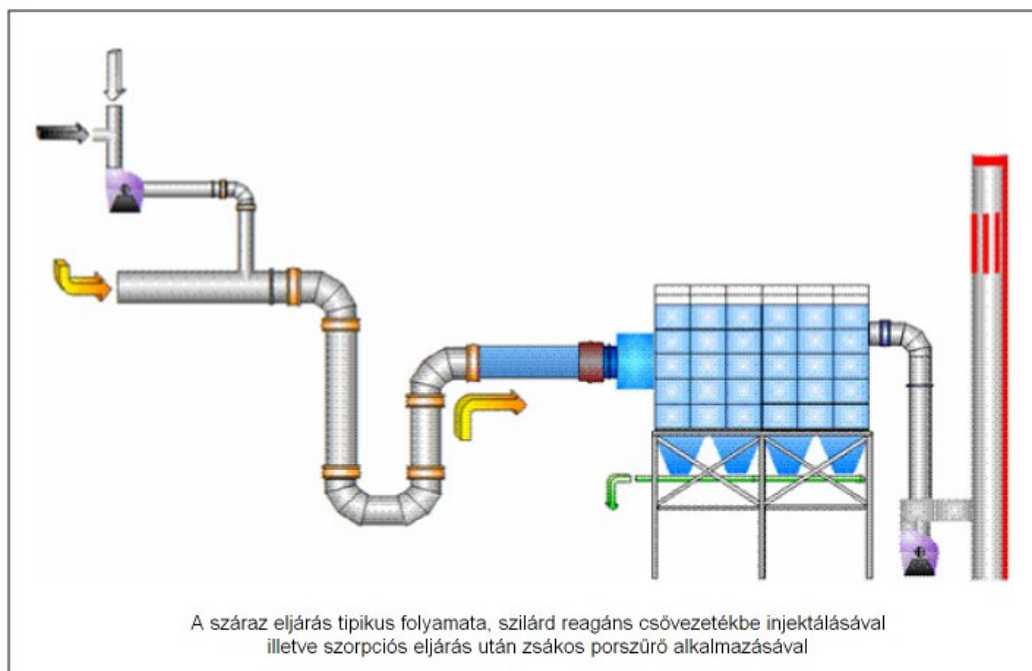
Száraz rendszerek

A száraz szorpciós eljárásokban az abszorpciós adalékanyagot (általában meszet vagy nátrium-bikarbonátot) száraz por formájában juttatják be a reaktorba. A reagens dózisa a hőmérséklettől és a reagens típusától függ. A mész esetében jellemző dózis a leválasztandó anyag sztöchiometrikus mennyiségének két-háromszorosa, nátrium-bikarbonátnál ez az arány alacsonyabb. Erre a kibocsátási határértékeknek való megfelelés érdekében van szükség, különféle bemeneti koncentrációk mellett. A reakciótermékek szilárd halmazállapotúak, ezeket a következő fázisban, rendszerint zsákos porszűrő segítségével a füstgázból le kell választani.

A mészhidrát (vagy egyéb reagens) túlادagolása a maradékok mennyiségének növekedését eredményezi, hacsak a reagenst nem vezetik vissza a rendszerbe, ilyenkor a reakcióba nem lépő frakció visszakerül az eljárásba, és ennek megfelelően csökkenthető a sztöchiometrikus arány.

Amennyiben előzetes leválasztásra (pl. elektrosztatikus porleválasztó alkalmazására) nem kerül sor, a részecskéket az elhasznált reagenssel és a reakciótermékekkel együtt távolítják el. A szövetszűrőkön képződő reagens réteg hatékonyan biztosítja a füstgáz és az adszorbens érintkezését.

Ezen technika alkalmazása mellett a füst ritkán válik láthatóvá.



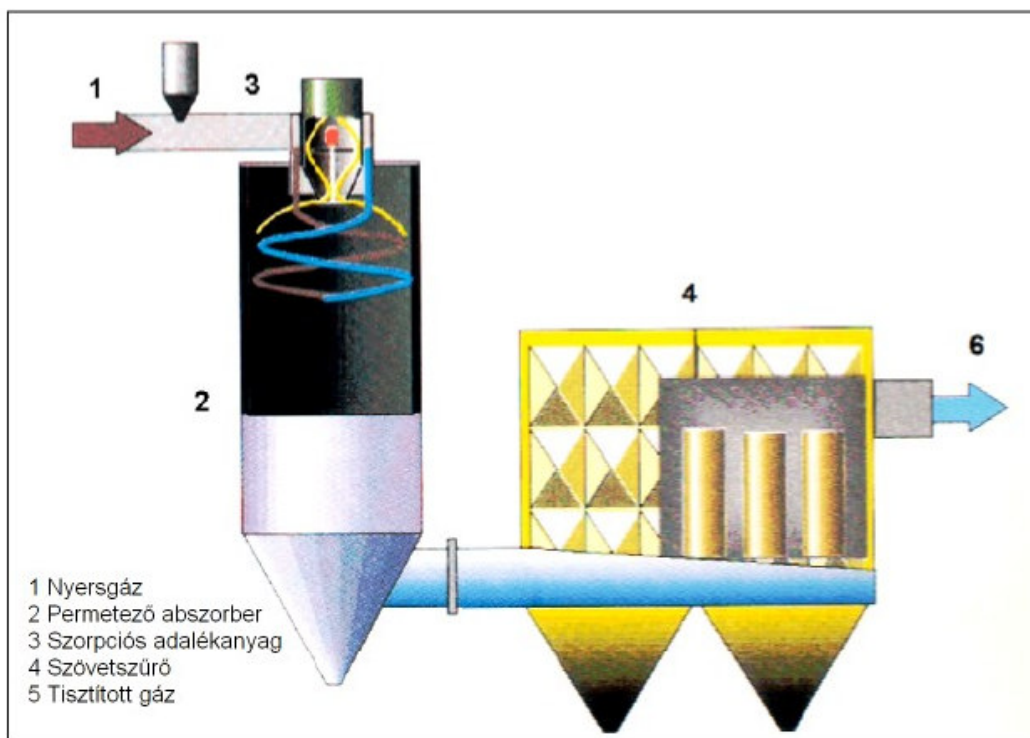
2.5.5 ábra: A füstgázt szállító csővezetékbe reagenst injektáló, a szorpció eljárás után zsákos porszűrőt alkalmazó száraz füstgáztisztítási rendszer sematikus ábrája

Félszáraz rendszerek

Az eljárást néha félnedvesnek is nevezik. Permetezéssel történő abszorpció esetén az abszorbenst szuszpenzió vagy oldat formájában egy permetező rendszerű reaktorban a forró füstgázba fecskendezik (ld. 2.5.6 ábra).

Ez az eljárás a füstgázok hőjét használja az oldószer (víz) elpárologtatására. A folyamat során szilárd reakciótermékek keletkeznek, melyeket a következő fázisban, pl. zsákos porszűrő segítségével por formájában le kell választani a füstgázból. Az ide tartozó eljárások rendszerint a szorpció adalékanyag 1,5-2,5-szeres túladagolását igénylik.

Ezeknél az eljárásoknál a folyamatban a szövetszűrő is fontos szerepet játszik. A technika alkalmazásánál a füstgáz szintén csak ritkán válik láthatóvá.



2.5.6 ábra: Permetezéssel történő abszorpció működési elve

Létezik olyan eljárás is, amely a rendszeresen alkalmazott száraz és félszáraz rendszerek közt helyezkedik el. Ezt néha „flash dry” (porlasztva szárító) rendszernek is nevezik. Ezekben a rendszerekben a zsákos porszűrőn felgyülemelő szilárd anyag egy részét a bevezetésnél visszajuttatják a füstgázba. Az összegyűjtött pernye és a reagens elegyében szabályozott mennyiségben vizet adagolnak, így biztosítva, hogy az elegy folyékony maradjon és ne váljon tapadóssá illetve ne képződjék benne csapadék. Az eljárás nem igényel mosótornyot vagy iszapkezelést (ld. a félszáraz rendszereket) és nem képződik szennyvíz (zagy) (ld. a nedves rendszereket).

A reagens újrafelhasználása csökkenti az eljárás reagens-igényét és a keletkező szilárd maradék mennyiségét. Az eljárásra jellemző sztöchiometrikus arány 1,5-2 közt változik. A reagens újrafelhasználása a száraz és félszáraz rendszerekben is megoldható.

Nedves rendszerek

A nedves füstgáztisztítási eljárások különböző mosó-típusokat alkalmazhatnak, ilyenek például:

- vízsugaras mosó (jet scrubber)
- rotációs (forgó permetezéssel) mosó
- venturi mosó
- száraz mosótorny
- permetezéssel mosó
- nedvesített töltetes mosó

A mosófolyadék (amennyiben csak vizet fecskendeznek be) erősen savas (rendszerint pH 0-1), a leválasztási folyamat során képződő savak miatt. A HCl-t és HF-t a füstgázmosás első fokozatában eltávolítják. Az első fokozat szennyvizét kevés friss víz, és a mosó csapolás hozzáadása mellett számos alkalommal újra felhasználják, hogy a savas gázok

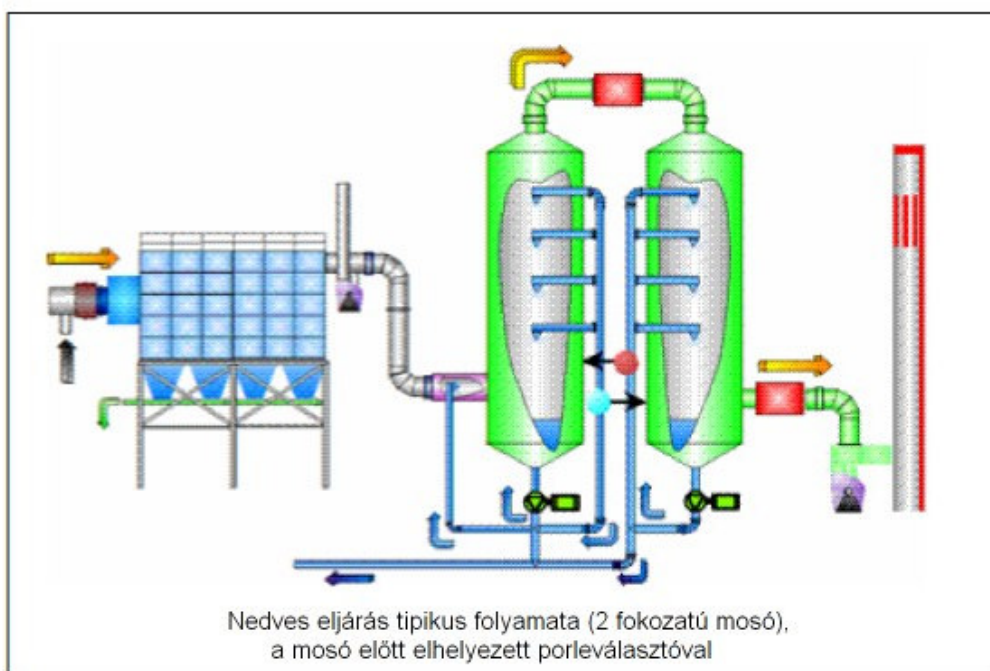
leválasztásának hatékonyságát fenntartsák. Ebben a savas közegben az SO_2 leválasztása csak alacsony hatásfokon működik, ezért egy második mosófokozatra van szükség az eltávolításához.

A kén-dioxid eltávolítása olyan mosófokozatban zajlik, ahol a pH értékeket maró lúgoldat vagy mésztej hozzáadásával közel semleges vagy lúgos szinten tartják (általában pH 6-7). Technikai okokból ez a folyamat egy külön fokozatban zajlik, ahol a fentiekén kívül további HCl- és HF-eltávolítás zajlik.

Amennyiben a kezelt hulladék jódot és brómot tartalmaz, akkor azt kéntartalmú hulladékkal együttégetve a jód és a bróm a füstgázból leválasztható. A kénvegyületek mellett ilyenkor vízzoldható bróm- és jódsók keletkeznek, melyeket a nedves SO_2 füstgáztisztítási eljárás során le lehet választani. Az elemi bróm és jód leválasztása ezenkívül redukzív mosófokozatok specifikus alkalmazásával javítható (szulfit oldat, biszulfit oldat). Bármilyen füstgáztisztítási technikát alkalmazzunk is, mindig legyünk tisztában vele, hogy mely hulladékok tartalmazznak jódot vagy brómot.

Ha a nedves füstgáztisztítási eljárásokban semlegesítő anyagként mésztejet vagy mészpórt használunk, vízben oldhatatlan maradék formájában szulfát (mint gipsz), karbonátok és fluoridok halmozódnak fel. Ezeket az anyagokat a szennyvíz sótartalmának csökkentése, és ezen keresztül a füstgázmosó rendszeren belüli lerakódások képződésének megakadályozása érdekében el lehet távolítani. A tisztítási folyamat maradékai (pl. gipsz) újrahasznosíthatóak. Maró lúgoldat alkalmazása esetén ilyen veszély nem áll fenn, mert a keletkező reakciótermékek vízzoldhatók. NaOH használatakor (a víz keménységétől függően) CaCO_3 keletkezhet, ami megint csak lerakódásokhoz vezethet a mosórendszerben. Ezeket a lerakódásokat savazással rendszeresen el kell távolítani.

Az alábbi ábra egy tipikus kétfokozatú füstgázmosó működését mutatja be. A mosófokozatok száma rendszerint 1 és 4 közt változik, minden reaktortartály több fokozatot foglal magába:



2.5.7 ábra: Kétfokozatú füstgázmosó, a mosó előtt elhelyezett porleválasztóval

A füstgázmosók szennyvize

A mosás hatékonyságának megőrzéséhez és a füstgázmosó rendszer eltömődésének megakadályozásához a mosófolyadék egy részét szennyvíz formájában a mosókörből el kell távolítani. Ezt a szennyvizet speciális kezelésnek kell alávetni (semlegesítés, nehéz fémek kicsapátása) mielőtt belső felhasználásra, vagy kibocsátásra kerülne. A higany eltávolítása különös figyelmet igényel. A illó higanyvegyületek (mint pl. a HgCl_2) a füstgáz hűtése során kicsapódnak, és a füstgázmosóban képződő szennyvízben feloldódnak. A higany célzott megkötésére beadagolt reagensek segítségével ezek a vegyületek a folyamatból eltávolíthatóak.

Egyes hulladékégetőkben a keletkező szennyvizet a gyorsűtés során felhasználva, füstgázba történő porlasztás útján elpárologtatják, porszűrő alkalmazása mellett.

2.5.4.2. Közvetlen kénmentesítés

A fluidágyas eljárásokban a kénmentesítés abszorbensek (pl. kalcium vagy kalcium/magnézium vegyületek) közvetlen égéstérbe adagolásával végezhető. Adalékanyagként mészkőport, kalcium-hidrátot és dolomitport használnak. A rendszer az égéstér után végzett kénmentesítéssel is kombinálható.

A befecskendezők és a befecskendezés sebessége befolyásolják az abszorbensek eloszlását, ezen keresztül pedig a kén-dioxid leválasztását. A keletkező reakciótermékek egy része a tüztér után elhelyezett szűrőberendezések segítségével eltávolítható, de nagy részük a salakban marad. A közvetlen kénmentesítés ezért kihatással lehet a salak minőségére is.

A közvetlen kénmentesítés számára ideális körülményeket a ciklon rendszerű kemencékben uralkodó állandó hőmérsékleti viszonyok mellett találjuk meg.

A jelentések szerint a közvetlen kénmentesítés önmagában alkalmazva nem eredményezi a 2000/76/EK irányelvben meghatározott kibocsátási határértékeknek való megfelelést. A magából a füstgáztisztításból származó maradékok mennyisége viszont csökkenthető, ezáltal az ártalmatlanítási költségek mérsékelhetők.

A szennyező anyagok abszorpciója (és adszorpciója) fluidágyas (cirkulációs fluidágyas) reaktorban is lehetséges, ahol a maradékok és a reagensek nagy mennyiségben visszajuttathatók az égéstérbe. A füstgázok recirkulációja a gáz áramlását egy minimum szint felett tartja, a fluidágy örvénymozgásának fenntartása érdekében. Az ágy anyaga a füstgázból zsákos porszűrő segítségével távolítható el. Víz befecskendezésével a felhasznált abszorbensek mennyisége (ezáltal pedig a keletkező maradékok mennyisége) jelentősen csökkenthető.

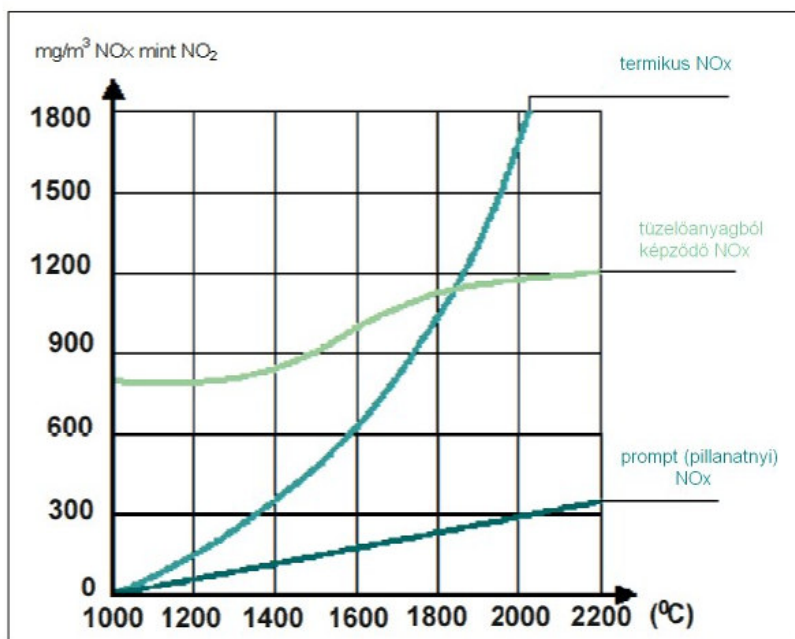
2.5.5. Nitrogén-oxid kibocsátások mérséklésének technikái

A nitrogénből háromféle úton keletkezhetnek oxidok (NO_x):

- termikus NO_x -képződés: Az égés során a levegőben található nitrogén egy része nitrogén-oxidokká oxidálódik. Ez a reakció jelentősebb mértékben csak 1300°C feletti

hőmérsékleten játszódik le. A reakciósebesség a hőmérséklettel exponenciálisan nő, és egyenesen arányos az oxigén mennyiségével.

- tüzelőanyagból képződő NO_x : Az égetés során a tüzelőanyagban lévő nitrogén egy része oxidálódik, nitrogén-oxidok keletkeznek
- prompt (pillanatnyi) NO_x -képződés (gyökök révén): A légköri nitrogén a CH -gyökökkel reakcióba lépve is oxidálódhat, ilyenkor átmenetileg HCN képződik. Az oxidációnak ez a mechanizmusa a hulladékégetés során viszonylag kevésbé fontos.



2.5.8 ábra: A hőmérséklet hatása a különböző NO_x -képződési mechanizmusokra a hulladékégetés során

2.5.5.1. A NO_x csökkentés elsődleges technikái

A NO_x képződése a kemencében zajló folyamatok szabályozásával csökkenthető:

- légszelektív kialakulásának megakadályozásával (azaz fölös mennyiségű nitrogén bejutásának megakadályozásával)
- a túlságosan magas kemence hőmérsékletek kialakulásának megakadályozásával (ideértve a lokális forró pontokat is)

2.5.5.1.1. Levegőellátás, gázok keverése és hőmérséklet-szabályozás

Az egyenlőtlen hőmérséklet okozta hőmérsékleti grádiensek megjelenésének elkerülése érdekében biztosított, megfelelően elosztott primer és szekunder levegőellátás, melynek segítségével megakadályozható a magas hőmérsékletű zónák, és ezáltal a fokozódó NO_x termelődés kialakulása, széles körben alkalmazott és fontos primer módszere a NO_x csökkentésének.

Bár a szerves anyagok oxidációjához megfelelő mennyiségű oxigén jelenléte szükséges (az alacsony CO és VOC kibocsátás érdekében), a túlzott mennyiségű levegő a légköri nitrogén járulékos oxidációját, tehát NO_x további képződését okozhatja.

A gázok megfelelő keverése és a hőmérséklet szabályozása szintén fontos elemei a NO_x csökkentésének.

2.5.5.1.2. Füstgáz-recirkuláció

A technika a szekunder égéslevegőt nagyjából 10-20%-át recirkuláltatott füstgázokkal helyettesíti. A NO_x -képződés csökkenését az okozza, hogy a recirkuláltatott füstgázok oxigéntartalma alacsony, a képződő füstgázok hőmérséklete ezáltal mérséklődik, ez pedig a képződő nitrogén-oxid mennyiségének csökkenésével jár.

2.5.5.1.3. Oxigén-befecskendezés

Az oxigén befecskendezése —akár tiszta oxigén, akár oxigénben dúsított levegő formájában— biztosítja az égéshez szükséges oxigént, miközben csökkenti a járulékosan a rendszerbe jutó nitrogén mennyiségét, amely egyébként további NO_x -képződést okozhatna.

2.5.5.1.4. Lépcsős tüzelés

Egyes esetekben primer módszer gyanánt lépcsős tüzelést is alkalmaznak. A módszer abból áll, hogy a primer reakciózónákban az oxigénellátást csökkentik, a későbbi égetési zónákban pedig a keletkező gázok oxidálásához növelik a levegő (ezáltal az oxigén) mennyiségét. Az ilyen technikák a szekunder zónában hatékony levegő/gáz keveredést igényelnek, a CO (és a tökéletlen égés egyéb termékei) kellően alacsony szinten tartásához.

2.5.5.1.5. Földgáz befecskendezés (füstgáz-utánégetés)

Az égetőben keletkező NO_x mennyiségének szabályozására a kemencében a rostély fölé földgázt juttathatnak be. Települési hulladékégetőkre két különböző, földgázt használó eljárást dolgoztak ki:

- utánégetés – háromfázisú folyamat, melyet a NO_x N_2 -gázzá alakítására dolgoztak ki: a primer égési zóna felett elkülönülve elhelyezkedő utánégető zónába földgázt juttatnak be.
- metán alapú de- NO_x eljárás – ebben a technikában a földgázt közvetlenül a primer égési zónába juttatják a NO_x -képződés megakadályozására.

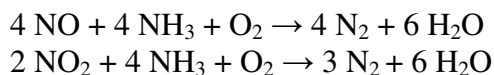
2.5.5.1.6. Víz befecskendezése a kemencébe/lángba

A víz megfelelően megtervezett és alkalmazott befecskendezése akár a kemencébe, akár közvetlenül a lángba csökkentheti a forró pontok hőmérsékletét a primer égési zónában. A csúcshőmérsékletek csökkenése mérsékelheti a termikusan képződő NO_x -mennyiségét.

2.5.5.2. A NO_x csökkentés másodlagos technikái

A 2000/76/EK irányelv a napi NO_x -kibocsátás határértékét nitrogén-dioxidban kifejezve 200 mg/m^3 értékben szabja meg a tisztított füstgázban. Az előírásnak való megfelelés érdekében rendszeresen alkalmaznak szekunder módszereket. Az ammónia vagy ammónia származékok (pl. karbamid) redukáló szerként való alkalmazása a legtöbb eljárás esetében sikeresnek bizonyult. A füstgáz nitrogén-oxidjai alapvetően a NO és a NO_2 , ezeket a redukáló szerek N_2 gázzá és vízpárává redukálják.

A redukció reakcióegyenletei:

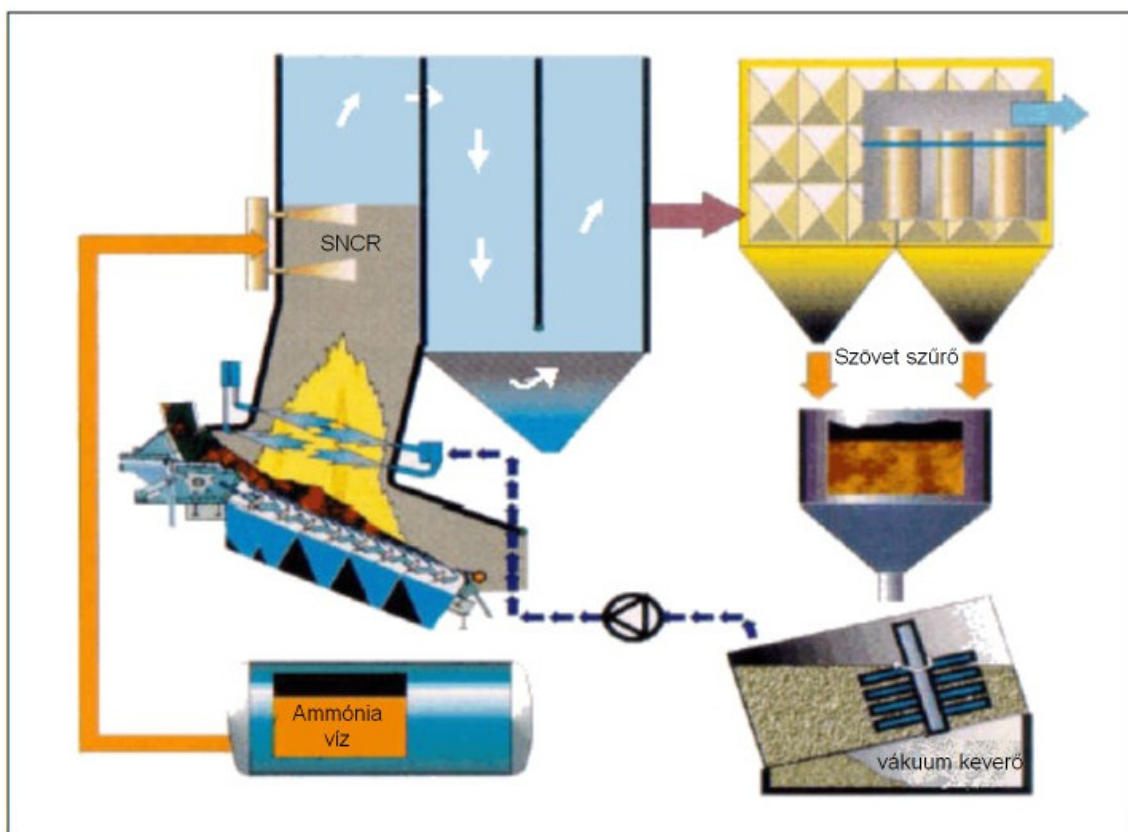


A nitrogén füstgázból történő eltávolítása során két eljárás érdemel figyelmet: a szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR) és a szelektív katalitikus redukció (SCR).

A vizes oldatokban mind az ammóniát, mind a karbamidot felhasználják. Az ammóniát biztonsági okokból általában 25%-os oldatban hozzák forgalomba.

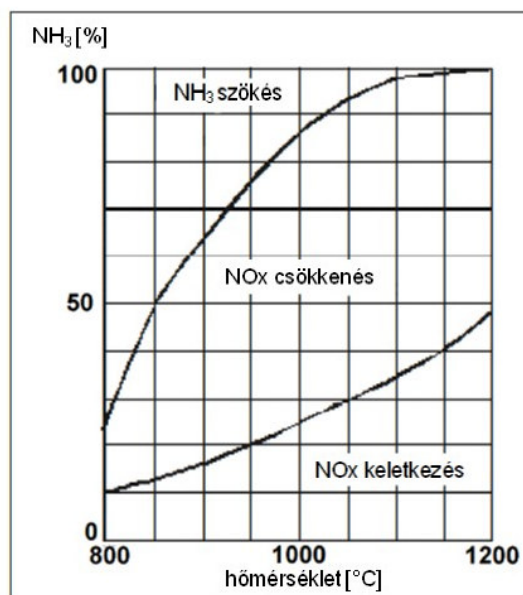
2.5.5.2.1. Szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR)

Az SNCR eljárásban a nitrogén-oxidokat ($\text{NO} + \text{NO}_2$) szelektív nem-katalitikus redukcióval távolítják el. Az ilyen típusú eljárásban a redukálószer (rendszerint ammóniát vagy karbamidot) a kemencébe fecskendezik, ahol az reakcióba lép a nitrogén-oxidokkal. A reakció 850 és 1 000°C közti hőmérsékleten játszódik le, e hőmérséklet-tartományon belül pedig lassabb és gyorsabb reakciósebességű zónák alakulnak ki.



2.5.9 ábra: SNCR eljárás működési elve

A nitrogén-oxidok SNCR eljárással végzett, 60-80%-ot meghaladó redukciójához nagyobb mennyiségű redukálószer bejuttatása szükséges. Ez viszont ammónia kibocsátáshoz vezethet, amit ammónia szökésnek is neveznek. A NO_x -redukció, az ammónia szökés és a reakció-hőmérséklet összefüggéseit a 2.49 ábra mutatja be:



2.5.10 ábra: NO_x-redukció, termelés, ammónia szökés és a reakció-hőmérséklet összefüggései az SNCR eljárásban

A 2.49 ábrán látható, hogy pl. 1 000°C körüli reakció-hőmérsékleten a NO_x redukciója 85% körül lenne, 15%-os ammónia szökés mellett, ezenkívül ezen a hőmérsékleten további NO_x képződne (kb. 25%) a befecskendezett ammónia elégetése során.

A 2.49 ábrán az is megfigyelhető, hogy magasabb hőmérsékleten (ammónia használata mellett) a NO_x redukció mértéke magasabb, és míg az ammónia szökés alacsonyabb mértékű, az ammóniából termelődő NO_x mennyisége nő. Magas hőmérsékleten (>1 200°C) már magának az NH₃-nak az oxidációjából keletkezik NO_x. Alacsonyabb működési hőmérsékletek mellett a NO_x kevésbé hatékonyan redukálható, és az ammónia szökés nagyobb mértékű.

Az ammóniával végzett redukcióval összehasonlítva a karbamid alkalmazása az SNCR eljárásban viszonylag nagyobb mértékű N₂O-kibocsátást eredményez.

Az égetőtéren belüli hőingadozásokat okozó változó terhelés mellett az ammónia optimális felhasználásához az NH₃-t érdemes lehet több szinten befecskendezni.

Füstgázmosás alkalmazása esetén a felesleges ammónia a mosóban leválasztható. A mosó szennyvizéből az ammónia desztillációval visszanyerhető és visszajuttatható az SNCR rendszerbe.

Az SNCR eljárás optimalizálásához fontos a füstgázok és a NO_x redukálásához használt anyagok hatékony elkeverése, illetve a megfelelő tartózkodási idő biztosítása ahhoz, hogy a NO_x-redukció reakciói végbemehessenek.

Pirolízis és gázosítás esetében az SNCR optimalizálását a redukálószernek a szintézisgáz-égető zónába történő befecskendezése biztosítja, megfelelően szabályozott hőmérséklet és hatékony gázkeveredés mellett.

2.5.5.2.2. Szelektív katalitikus redukció (SCR)

Az SCR olyan katalitikus folyamat, ahol levegővel elkevert ammóniát (redukálószer) juttatnak a füstgázba, majd a gázt katalizátoron áramoltatják át (a katalizátor rendszerint valamilyen rács, pl. platina, ródiium, titán-dioxid, zeolit). A katalizátoron való áthaladás során az ammónia reakcióba lép a NO_x -szal, és nitrogén valamint vízpára keletkezik.

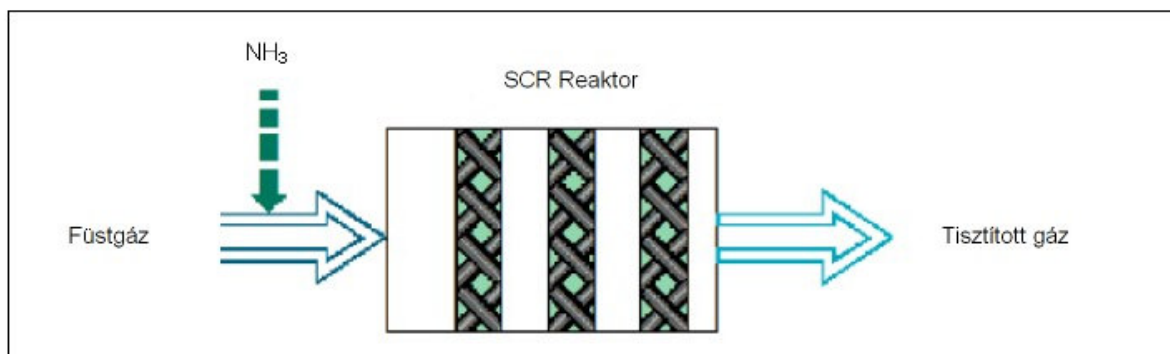
A megfelelő hatékonyság biztosításához a katalizátor általában 180 és 450°C közti hőmérsékletet igényel. A hulladékegetőkben használt rendszerek többsége jelenleg 230-300°C-os hőmérséklet-tartományban dolgozik. 250°C alatt nagyobb mennyiségű katalizátor szükséges, ami az eltömődés és a katalizátor-mérgezés veszélyével jár. Egyes esetekben hőszabályozós megkerülő szelepeket használnak az SCR egység károsodásának megakadályozására.

Az SCR eljárás magas, többnyire 90% feletti NO_x -redukciót biztosít a redukálószeresztöchiometrikus arányhoz közeli adagolása mellett. A hulladékegetésben az SCR rendszereket többnyire a „tisztá” gázoknál alkalmazzák, vagyis portalanítás és a savas gázok eltávolítása után. Emiatt a füstgázokat általában újra kell hevíteni az SCR rendszer által megkövetelt reakció-hőmérséklet biztosításához, ami viszont növeli a füstgázkezelő rendszer energiaigényét. Ugyanakkor, ha az füstgáz SO_x mennyiségét az SCR egység bemeneténél már megfelelően alacsony szintre lecsökkentették, az újrahevítés mérsékelhető, sőt, el is hagyható. A kiegészítő energiaigények fedezésére hőcserélőket is használnak.

A nedves füstgázkezelési rendszerek után a cseppeket a katalizátoron belüli sólerakódások képződésének megakadályozására el kell távolítani. A gyulladásveszély miatt fontosak a megfelelő biztonsági intézkedések, pl. megkerülő szelepek, CO-ellenőrzés stb.

Az alacsony hőmérsékleten végzett SCR a sók (főleg az ammónium-klorid és az ammónium-szulfát) képződése miatt a katalizátor regenerálását igényli. A regenerálás kritikus fontosságú, mert a sók szublimációja miatt egyes szennyező anyagok —HCl, SO_2 , NO_x — mennyisége a füstgázban meghaladhatja a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó határértékeket.

Az SCR-t egyes esetekben közvetlenül az elektrosztatikus porleválasztó után helyezik el, hogy a füstgázok újrahevítési igényét csökkentsék vagy akár meg is szüntessék. Az ilyen megoldás esetében figyelembe kell venni a PCDD/F képződés kockázatát az elektrosztatikus porleválasztóban (főleg azokban az esetekben, mikor a porleválasztó 220-250°C-ot meghaladó hőmérsékleten üzemel). Ilyenkor megnőhet a PCDD/F kibocsátások mennyisége a porleválasztó maradékában, illetve ezek koncentrációja a porleválasztóból az SCR egységbe tartó gázáramban. Az SCR egység a PCDD/F bontására is felhasználható. A többszintes SCR rendszerek kombinált NO_x és PCDD/F kezelést biztosítanak.



2.5.11 ábra: SCR rendszerek működési elve

A reaktorból kikerülő füstgázokat gáz-gáz hőcserélőbe irányíthatják, ahol a belépő gázokat előmelegítik, egyrészt, hogy a katalizátor működési hőmérsékletét fenntarthassák, másrészt, hogy a bevitt energia egy részét megmentsék.

2.5.6. *Higanykibocsátások mérséklésének technikái*

2.5.6.1. Elsődleges technikák

A higany rendkívül illékony, ezért szinte kivétel nélkül mindig a füstgázáramban jelenik meg. A Hulladékégetési Irányelvben meghatározott kibocsátási határérték $0,05 \text{ mg/m}^3$, de egyes uniós tagállamokban $0,03 \text{ mg/m}^3$ -es napi átlagos kibocsátást engedélyező határértékek vannak érvényben. A nemzeti hulladékégetési jogszabályok egyes országokban (pl. Ausztria, Németország) folyamatos mérést írnak elő. A létesítmények többsége —főleg csúcsterhelés esetén— higanyra specializált gáztisztítási eljárások nélkül nem képes megfelelni ezeknek a határértékeknek.

A higany kibocsátásokat csak azok a primer technikák akadályozzák meg, melyek lehetőség szerint megakadályozzák vagy szabályozzák a higany jelenlétét a hulladékban:

- a nehézfémeket, pl. elemeket, akkumulátorokat, fogászati amalgámokat tartalmazó hulladékok hatékony szelektív gyűjtése
- a hulladéktermelők értesítése arról, hogy a higanyt el kell különíteni
- a potenciálisan higanyt tartalmazó hulladékok azonosítása és/vagy az ilyen hulladékok átvételének korlátozása
- mintavételezés és elemzés útján (ahol ez lehetséges)
- célzott mintavételezési/elemezési kampányokkal
- ahol gyakrabban fogadnak higanytartalmú hulladékot – az ilyen hulladék szabályozott beadagolása, a mentesítő rendszer túlterhelésének elkerülése érdekében

2.5.6.2. Másodlagos technikák

A higany 357°C -on teljesen elpárolog és a füstgázban a kemencén, illetve a kazánon való áthaladás után is gázállapotban marad. A szervesetlen higany sókra (többnyire Hg^{2+} , kloridok formájában) és az elemi higanyra másképp hat a füstgázkezelés, ezért mindkét alak viselkedését figyelembe kell venni.

A higanymentesítés módszerének megválasztása a beadagolt hulladék mennyiségétől és az elégetett anyag klórtartalmától függ. Magasabb klórtartalmú hulladékok esetében a higany a tisztítatlan füstgázban inkább ionos formában lesz megtalálható, ezeket az ionokat a füstgázmosó eltávolítja. Ezt főleg szennyvíziszap égetését végző hulladékégetők esetében érdemes figyelembe venni, ahol a tisztítatlan füstgáz klórtartalma igen alacsony lehet. Ha azonban a (száraz) szennyvíziszap klórtartalma eléri a 0,3% tömegszázalékot vagy annál magasabbra emelkedik, a füstgázban lévő higanynak csak 10%-a lesz jelen elemi formában, ezért ha csak a higany ionok eltávolítását végzik el, a teljes higany kibocsátás még mindig eléri a 0,03 mg/m³-t.

A fémes higanyt a füstgázból az alábbi módszerekkel lehet eltávolítani:

- ionos formába hozás oxidálószerrel hozzáadásával, majd leválasztás a füstgázmosóban. A szennyvíz olyan szennyvízkezelő üzembe kerülhet, ahol elvégzik a nehézfémek leválasztását, és a higanyt stabilabb formába hozzák (pl. HgS), ami alkalmasabb a végleges ártalmatlanítás céljaira, vagy
- közvetlen leválasztás kénezett aktív szénrel, kemencekoksszal vagy zeolittal

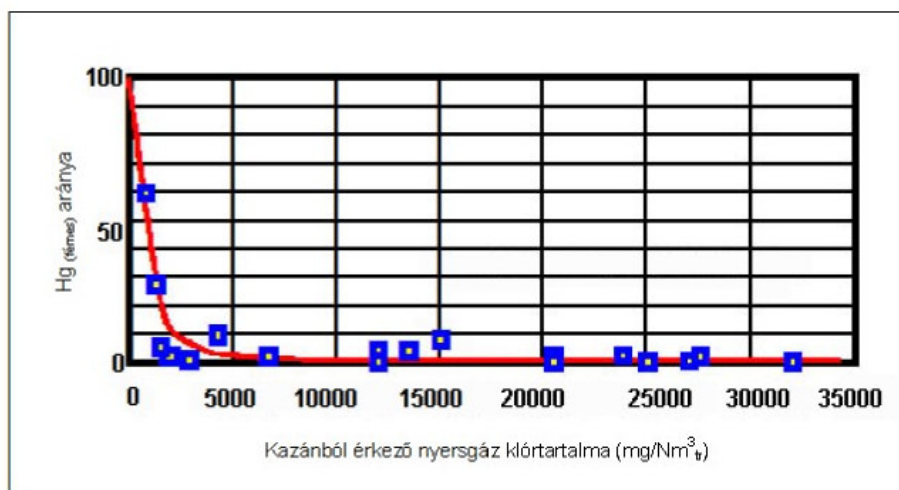
Egyes eredmények szerint a kén-dioxidnak a kemencében mészkőporral végzett semlegesítése csökkentheti a fémes higany mennyiségét is, ezáltal növelve a füstgáz higanymentesítésének hatásfokát.

A települési és veszélyes hulladékot égető üzemekben az átlagos hulladék klórtartalma rendes üzemelési körülmények között általában elég magas annak biztosításához, hogy a higany legnagyobb részét ionos formában legyen jelen a füstgázban. Bizonyos speciális hulladékok égetése esetében azonban ez a helyzet változhat, és szükségessé válhat a fémes higany fentiekben bemutatott leválasztása.

Magas higanytartalmú hulladékok:

A magas higanytartalmú hulladékok veszélyes hulladékokat égető üzemekben végzett kezelése során a 99,99%-os hatékonyságú higany leválasztás csak akkor biztosítható, ha a higanytartalmú hulladék mennyiségének megfelelő arányban magas klórtartalmú hulladékot is égetnek. Az ilyen üzemekre a többfokozatú füstgáztisztítási eljárások használata jellemző. Az ionos higany nagyarányú (pl. >99,99%-a) jelenlétét a kazán tisztítatlan füstgázában (még a nedves füstgáztisztítás előtt) a magas klórtartalmú hulladékok jelenléte okozza, ami hozzájárul a füstgáz teljes higanymentesítéséhez.

A magas klórtartalmú hulladékadagok (a beadagolt hulladék kb. 4%-a) által biztosított nagy mennyiségű klór a higany nagyfokú kloridizációjához vezet, ami a higany csaknem 100%-os leválaszthatóságát eredményezi. Alacsonyabb mennyiségű klór mellett a higany leválaszthatóságának mértéke gyorsan csökken.



2.5.12 ábra: A higanykibocsátás és a tisztítatlan füstgáz klórtartalmának kapcsolata veszélyes hulladékot égető üzemekben

2.5.7. Technikák egyéb nehézfémek kibocsátásainak mérséklésére

Az egyéb nehézfémek az égetés során többnyire nem-illékony oxidokká alakulnak és a pernyével együtt eltávolíthatók, emiatt a legfontosabb ide tartozó technikákat a portalanításról szóló részben tárgyaltuk (ld. 2.5.3.)

A jelentések szerint aktív szén is használnak a nehézfém kibocsátások csökkentésére.

2.5.8. Technikák a szerves szénvegyületek kibocsátásainak mérséklésére

A levegőbe történő szerves szénvegyület-kibocsátások csökkentésének legfontosabb eszköze a hatékony égetés.

A hulladékégetőkből származó füstgáz nyomokban a legkülönbözőbb szerves vegyületeket tartalmazhatja, mint ideértve az alábbiakat is:

- halogénezett aromás szénhidrogének
- policiklikus aromás szénhidrogének (PAH)
- benzol, toluol, xilol (BTX)
- PCDD/F

A PCDD és PCDF prekursor vegyületekből a füstgázban a kemence elhagyása után képződhetnek. A prekursor vegyületek lehetnek például poliklórozott bifenilek (PCB), poliklórozott difenil-metánok (PCDM), klór-benzolok és hidroxiklór-benzolok.

A PCDD és a PCDF katalitikus reakciók során, szervesetlen klórvegyületekből, fém- pl. réz-oxidok jelenlétében, szénből vagy szénvegyületekből is kialakulhatnak. Ezek a reakciók főleg a pernyében vagy a szűrőporban játszódnak le, 200 és 450°C-kozt.

A hulladék égetése során az elméletek szerint az alábbi három módon keletkezhet dioxin/furán:

1. PCDD/F kialakulása olyan klórozott szénhidrogénekből, melyek eleve jelen voltak a kemencében, vagy ott keletkeztek
2. újbóli keletkezés az alacsonyabb hőmérsékleti tartományokban (a kazánokban és a száraz elektrofilterekre különösen jellemző folyamat)
3. a hulladékban jelenlévő PCDD/F nem tökéletes lebontása

A füstgázok optimális kiégetése a prekursor vegyületek legnagyobb részét tönkretetheti, így a PCDD/PCDF prekursorokból való keletkezése visszaszorul.

A 2000/76/EK irányelv által dioxinokra és furánokra együttesen előírt kibocsátási határérték $0,1 \text{ ng/m}^3 \text{ TEQ}$. A határérték betartásához többek között adszorpciós eljárások és oxidációs katalizátorok állnak rendelkezésünkre. Az oxidációs katalizátorok a jelentések szerint az NH_3 szökésből eredő és a CO-kibocsátásokat is csökkentik.

A szerves szénhidrogén kibocsátások további por és aeroszol leválasztással is csökkenthetők, mivel ez a szennyező anyag típus szívesen adszorbeálódik a finom porfrakció szemcséin, de kényszerhűtés (kondenzáció) is alkalmazható erre a célra.

2.5.8.1. Adszorpció aktív szén reagenseken áramlásos gázosító rendszerekben

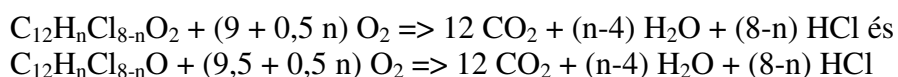
A gázáramba aktív szenet adagolnak, melyet a gázáramból a későbbiekben zsákos porszűrővel választanak le. Az aktív szén a higany és a PCDD/F vonatkozásában magas adszorpciós kapacitással rendelkezik.

A különböző aktív szén típusok adszorpciós hatékonysága eltérő, ez valószínűleg a szénrészecskék speciális tulajdonságainak köszönhető, melyeket viszont a gyártás határoz meg.

2.5.8.2. SCR rendszerek

Az SCR rendszereket a NO_x redukálására használják (ld. a folyamat leírását a 2.5.5.2.2. pontban). Az SCR a gáz-halmazállapotú PCDD/F vegyületeket is ártalmatlanítja, ebben az esetben viszont az SCR rendszert ennek a feladatnak megfelelően kell kialakítani, mivel itt általában nagyobb, több szinttel rendelkező SCR-re van szükség, mint a de- NO_x folyamatokban. A PCDD/F vegyületek lebomlása 98-99,9%-os hatékonysággal zajlik.

A folyamat során lejátszódó legfontosabb reakciók:



2.5.8.3. Katalitikus bevonattal ellátott zsákos porszűrők

A zsákos porszűrőket vagy impregnálják a katalitikus anyagokkal, vagy a katalizátort a rostgyártás során közvetlenül a szerves anyaggal keverik. Az ilyen szűrőket a PCDD/F kibocsátások csökkentésére használják.

A gáz-halmazállapotú PCDD/F vegyületeket a szénrészecskéken való adszorpció helyett (mint pl. a szénport a gázáramba juttató rendszerekben) a katalizátor felületén is le lehet bontani. A részecskékhez kötött PCDD/F frakció a porleválasztás során eltávolítható. A katalizátor a higanyra nincs hatással ezért a modern kibocsátási határértékeknek való megfelelés rendszerint kiegészítő technikák alkalmazását igényli (pl. aktív szén vagy kén reagensok használata).

A PCDD/F vegyületek hatékonybontásához, illetve annak megakadályozásához, hogy ezek a vegyületek a zsák anyagán adszorbeálódjanak, a szűrőzsákba érkező gáz hőmérsékletének meg kell haladnia a 190°C-t.

2.5.8.4. Szén adszorbensek elégetése

A szenet számos hulladékégetőben használják a dioxinok (és a higany) adszorbeálására. Ahol az eljárás gondoskodik a higany megfelelő hatékonyságú eltávolításáról (vagyis hogy nagyobb arányban távolítsák el a higanyt, mint annak beérkezési aránya, így kerülve el a cirkulációt és a higany kibocsátásokat), lehetőség nyílik rá, hogy az üzem az összes dioxin-kibocsátást az adszorbeált PCDD/F vegyületek elégetésével (a kemencébe való visszajuttatással) csökkentse. A higany kiegészítő eltávolítását általában alacsony pH-n működő füstgázmosó biztosítja, de az alacsony HCl-tartalmú füstgázáramok esetében az eljárás nem távolítja el elég hatékonyan a higanyt a füstgázból.

Példaként az alábbi anyagok elégetését említhetjük:

- álló ágyas adszorberek adszorbensei
- áramlásos rendszerek aktív szén adszorbensei
- füstgázmosók dioxin adszorbeálására és a „memória jelenség” megakadályozására használt, szénnel impregnált betétei [a memória jelenség leírását ld. a 2.5.8.5. pontban. A ford.]

Egyes kommunális hulladékégetőkben a helyi szabályozás nem engedélyezi az adszorbensek elégetését.

2.5.8.5. Szénnel impregnált műanyagok használata PCDD/F adszorpció folyamatokban

Kiváló korrózió ellenállásuknak köszönhetően a füstgáztisztítási rendszerek építése során gyakran alkalmaznak műanyagokat. A rendszert 60-70°C-on működő füstgázmosókban a PCDD/F vegyületek adszorbeálódnak ezeken a műanyagokon. Amennyiben a hőmérséklet akár csak néhány °C fokkal is emelkedik, vagy a gáz dioxin-koncentrációja csökken, a műanyagban adszorbeált PCDD/F vegyületek ismét a gázba kerülhetnek, ezáltal növelhetik a levegőbe történő kibocsátást („memória jelenség”). A hőmérséklet emelkedése esetén a legnagyobb arányú deszorpcióra az alacsonyabb klórtartalmú PCDD/F vegyületek esetében számíthatunk, az ilyen vegyületek a füstgázmosót elhagyó gázokban a TEQ növekedését okozhatják.

A szénnel impregnált polipropilén töltetek alkalmazása a mosótornyokban lehetőséget nyújt a PCDD/F vegyületek szelektív adszorpciójára (a higany a töltetekben nem adszorbeálódik). Bizonyos idő eltelte után a töltet anyaga telítődik, a töltetet ezért rendszeresen el kell távolítani, ártalmatlanítás, vagy ahol ez engedélyezett, kemencében történő elégetés céljából.

A füstgázmosók leválasztási hatékonysága a 6-10 ng TEQ/m³ tartományba eső bemeneti koncentrációk esetében a jelentések szerint 60-75%-os. Ez az impregnált töltet anyagok alkalmazása nélkül 0-4 % lenne. A kísérleti üzem során (1 év) nem volt tapasztalható az adszorpciós hatékonyság csökkenése.

A fentiekben bemutatott létesítményhez hasonló üzemek 2-3 ng TEQ/m³-es kibocsátási koncentrációkat képesek biztosítani, ez viszont önmagában nem felel meg a 2000/76/EK irányelv által előírt 0,1 ng/m³-es határértéknek. A technika extenzívebb töltetes toronyban, és/vagy dioxinra specializált, a füstgázmosó előtt vagy után alkalmazott füstgáztisztítási technikákkal kombinálva is használható, a teljes körű PCDD/F megfelelés biztosításához (illetve a beüzemelés során és a megkerülő szakaszokban működő füstgáztisztítási technikáknál).

2.5.8.6. Álló (nyugvó) ágyas adszorberek

Az aktív szén használó mozgó ágyas adszorbereket másodlagos tisztítási eljárásként alkalmazzák a települési és a veszélyes hulladékok égetése során. Az ilyen adszorpciós rendszerek használata a füstgázban rendkívül alacsony koncentrációban jelenlévő anyagok hatékony leválasztását is lehetővé teszi. A mozgó ágyas adszorberekben a koksizálási eljárásokban keletkező lignit kokszt használják.

A hulladékegetésben nedves és száraz kokszt ágyakat egyaránt alkalmaznak. A nedves rendszerekben ellenáramú vízzel mossák át a kokszt. Ennek során a reaktor hőmérséklete csökken és a felhalmozódott szennyező anyagok egy része lemosódik a szűrőről. Mikor kokszt vagy szén helyett aktív lignitet használnak, nincs szükség a füstgáz előmelegítésére (hogy hőmérséklete a sav harmatpontja fölé kerüljön), az ilyen rendszer akár „nedves” vagy vízzel telített füstgázok esetében is hatékonyan alkalmazható – az aktív lignit adszorber közvetlenül a füstgázmosó után is elhelyezhető.

A füstgázok kohókokszon (1,25-5 mm szemcse nagyságú finom kokszon) haladnak át. A kohókokszt a szennyeződéseket az adszorpció és a szűrés elve alapján működve választja le. A rendszer segítségével szinte az összes, kibocsátások szempontjából fontos füstgáz-összetevő leválasztható, különös tekintettel a sósav, fluorsav, kén-oxidok, és nehézfémek (pl. higany) maradékaira. A leválasztás néha olyan hatékonysággal működik, hogy a szennyező anyagok mennyisége a kimutathatósági határérték alá kerül.

A mozgó ágyas rendszerek alapvető tulajdonsága, hogy a nagy mennyiségű aktív szénnek köszönhetően minden kibocsátás szempontjából fontos anyag esetében magas hatékonyságú leválasztást tesznek lehetővé, így a működésből adódó egyenetlenségek (égetés, mozgó ágyas rendszer előtt végzett füstgáztisztítás) nem járnak hátrányos hatásokkal.

A füstgázt az elosztó ágy fölött elhelyezkedő aktív szén rétegbe az ágyhoz tartozó több tölcserpáron keresztül vezetik be. A gáz a rendszerben alulról felfelé áramlik, míg a kokszt az adszorberben felülről lefelé halad, így biztosítható a gáz ideális eloszlása az adszorber teljes keresztmetszetében, illetve az adszorber kapacitás optimális kihasználása, a lehető legkisebb aktív szén felhasználás mellett.

Az ipari méretekben üzemelő (települési és veszélyes hulladékot égető) létesítmények működési tapasztalatai szerint a kibocsátási értékek, különösen a dioxinok és furánok esetében messze a 200/76/EK irányelvben megszabott határértékek alatt maradnak.

Az ilyen eljárások alkalmazása során a szénzsűrő begyulladásának elkerülése érdekében biztosítani kell a hőmérséklet és a CO-szintek folyamatos monitoringját. Bizonyos idő eltelte után a zsűrő telítődik, ilyenkor el kell távolítani és újjal kell helyettesíteni.

2.5.8.7. Füstgázok gyorsűtése (kvencselés)

A technika alkalmazása során a mosóban a füstgázokat az égetés hőmérsékletéről közvetlen hűtéssel 100°C alá hűtik. A technikát néhány veszélyes hulladék-égetőben használják. A gyorsűtés segítségével elkerülhető, hogy a füstgázok hőmérséklete olyan tartományba essen, amely járulékos újbóli PCDD/F keletkezést indukálna.

A mosót úgy kell kialakítani, hogy képes legyen kezelni a magas részecske (és egyéb szennyező anyag) terheléssel a mosófolyadékba érkező füstgázokat.

Gyorsűtésre egy- vagy többfokozatú füstgázmosókat alkalmazhatnak, a későbbi fokozatokat néha hűtik, hogy a füstgázokkal eltávozó vízpára okozta vízvesztéseket csökkentsék.

Ebben a rendszerben nem használnak kazánt, és az energia visszanyerés a forró mosófolyadékok hőleadására korlátozódik.

2.5.9. Üvegházhatású gázok kibocsátásainak mérséklése (CO₂, N₂O)

Az üvegházhatású gázok kibocsátása alapvetően két módon csökkenthető:

- az energianyerés és az energiabiztosítás hatékonyságának fokozásával
- a CO₂-kibocsátások füstgáztisztításon alapuló szabályozásával

Amikor a füstgázokban lévő szén-dioxidot NaOH-dal reagáltatják, nátrium-karbonát (szóda) gyártására nyílik lehetőség.

2.5.9.1. Dinitrogén-oxid kibocsátások megakadályozása

A hulladékégetés során dinitrogén-oxid az alábbi módokon keletkezhet:

- alacsonyabb égéshőmérsékletek mellett (ez különösen 850°C alatt válik érdekessé)
- SNCR rendszerek de-NO_x használata során (különösen abban az esetben, mikor reagensként karbamidot használnak)

A mind a NO_x-, mind a N₂O-termelődés minimumra szorítását biztosító optimális hőmérséklet a jelentések szerint a 850-900°C közé eső tartományban van. Olyan körülmények közt, ahol az utóégető kamrában a hőmérséklet meghaladja a 900°C-ot, alacsony N₂O-kibocsátásokat mértek. Ily módon, amennyiben az égetés hőmérséklete meghaladja a 850°C-t, a modern égetőművekben általában az SNCR jelenti a N₂O kibocsátások egyetlen jelentősebb forrását.

Amennyiben nem szabályozzák megfelelően, az SCNR, főleg karbamid alkalmazása esetén, megnövekedett dinitrogén-oxid kibocsátást okozhat. Hasonlóképpen dinitrogén-oxid olyan eljárásokban is képződhet, melyek a sztöchiometrikus arány alatti mennyiségben használnak oxigént (pl. gázosítás és pirolízis), illetve bizonyos körülmények közt akár fluidágyas kemencékben is.

A dinitrogén-oxid kibocsátások elkerülése érdekében az alábbi technikák használhatók:

- az SNCR reagens felhasználásának csökkentése az SNCR eljárás optimalizálásával
- az SNCR reagens bejuttatásához optimális hőmérsékleti tartomány kiválasztása
- áramlási modellek alkalmazása a befecskendező fúvókák optimális elhelyezéséhez
- olyan kialakítás, amely biztosítja a gáz és a reagens hatékony keveredését a megfelelő hőmérsékleti zónában
- sztöchiometrikus arány feletti kiegészi zónák a dinitrogén-oxid oxidálásához
- ammónia alkalmazása karbamid helyett az SNCR berendezésekben

2.5.10. A veszélyes hulladék égetőkben használt füstgázkezelési eljárások áttekintése

Ez az alfejezet az Európában található kereskedelmi veszélyes hulladék-égetőkben alkalmazott füstgázkezelési technikákat tekinti át. Az egyes füstgázkezelési technikák részletes bemutatását ld. a 2.5. fejezet megelőző pontjaiban.

A gőzgenerátor vagy a gyorsűtés után a füstgázok a füstgáztisztítási szekción haladnak át. A létesítmények közel 40%-ában a füstgáztisztítás első lépésében a gázokat a **vízbepermetezéssel hűtik**, vagy más technikát alkalmaznak a füstgáz további hűtésére és a szennyvíz elpárologtatására (azokban a létesítményekben, melyek nem bocsátanak ki szennyvizet). Más létesítményekben csak köztes gyorsűtésre kerül sor, hogy a füstgázok hőmérsékletét lecsökkentsék (pl. 250-ről 60°C-ig) a további kezelésekhöz.

A füstgázban lévő szennyező anyagok koncentrációjának csökkentésére különböző technikák állnak rendelkezésünkre, ezeket az alábbiakban mutatjuk be.

A füstgázmosókat a füstgázokban lévő savas komponensek eltávolítására is használják (mint például az alábbiakban tárgyalt Cl, S). A létesítmények csaknem 80%-a rendelkezik savas és lúgos füstgázmosó rendszerrel, ezek közül 30% speciális összetevők (pl. Br, I, Hg) eltávolítására alkalmas mosórendszereket is alkalmaz. A maradék 20% mészhidrát vagy bikarbonát beinjektálásán alapuló **száraz füstgázmosót** használ.

A füstgázok por- és nehéz fém tartalmának csökkentésére **elektrosztatikus porleválasztókat** és **zsákos porszűrőket** használnak:

- a létesítmények 54%-a rendelkezik száraz elektrosztatikus porleválasztóval (egy létesítmény használ nedves elektrosztatikus porleválasztót)
- a létesítmények 70%-a rendelkezik zsákos porszűrővel
- a létesítmények 25%-a kombinálja a két technikát
- egy olyan létesítmény van, amely két zsákos porszűrőt üzemeltet

Az elektrosztatikus porleválasztó rendszereket általában a füstgázmosók bemeneténél helyezik el, hogy csökkentsék a mosófolyadékba jutó szilárd anyagok mennyiségét, de rendszerint nem alkalmazzák őket azokban a száraz vagy félszáraz kezelő rendszerekben, ahol zsákos porszűrőket használnak, mert a zsákos porszűrők önmagukban is biztosítják a pormentesítést.

A dioxinok levegőbe történő kibocsátásának mérséklésére a következő technikákat alkalmazzák:

- **aktív szén** (vagy alternatív reagens, pl. barnaszén koks) beadagolása a zsákos porszűrő előtt (a létesítmények 67%-ában)

- **nyugvó ágyas aktív szén szűrő** (a létesítmények 17%-ában); ez akár száraz, akár nedves rendszerben történhet, alternatív reagensként barnaszénkoks is használható
- egy létesítmény alkalmaz **SCR-t** kimondottan a dioxinok és egyéb szerves anyagok, illetve az NO_x mennyiségének csökkentésére.

A nagyon hirtelen gyorshűtést használó, de kazánnal nem rendelkező létesítményekben a dioxin mennyiségének csökkentésére nincs külön berendezés (8%), mert a dioxinok mennyisége a füstgázokban a gyorshűtés miatt nagyon alacsony. Ha a gyorshűtés után a füstgázokat elektrosztatikus porleválasztóba vezetik, a dioxinok újbóli képződésének veszélye miatt a füstgáz hőmérséklete nem haladhatja meg a 220°C -ot.

Az NO_x kibocsátások csökkentéséhez:

- a létesítmények 29%-a **SCR** vagy **SNCR** technikát alkalmaz (ezek szinte valamennyien Németországban működnek)
- három létesítmény használ SNCR technikát és
- négy létesítmény használ SCR technikát.

A létesítmények 58%-a specifikus NO_x -csökkentési technika nélkül is megfelel a 2000/76/EK irányelv által előírt 200 mg/m^3 -es kibocsátási határértéknek. A maradék 42% jelenleg nem rendelkezik kimondottan erre a célra használt NO_x eltávolító rendszerrel és pillanatnyilag nem felel meg az előírt kibocsátási határértéknek.

2.5.11. Füstgázkezelés iszapot égető hulladékégetőkben

A füstgáztisztító rendszer megválasztása nagymértékben függ a hulladék összetételétől és gyakran hasonló a települési hulladékégetőkben alkalmazott rendszerekhez, mindenesetre iszap égetése esetén mindig külön figyelmet kell fordítani a nitrogén-oxidok (NO_x) és a higany eltávolítására.

Két Hollandiában üzemelő fluidágyas égetőműben a NO_x -kibocsátásokat az égetés során befecskendezett ammóniával csökkentik (SNCR). A rendszer használatával a leválasztás nélkül $100\text{--}200 \text{ mg/m}^3$ körül alakuló kibocsátási koncentrációs értékek 70 mg/m^3 alá csökkenthetők.

Az iszapégetési eljárásokban a higany többnyire fémes állapotban szabadul fel. A települési hulladékégetésben, a kommunális hulladék magasabb klórkonzentrációjának köszönhetően a higany rendszerint ionos állapotban jelenik meg (többnyire kloridként). A fémes higany eltávolítása a füstgázokból komplikáltabb, mint az ionos higanyé. A higany kibocsátások mérséklésének technikáit a 2.5.6. pontban mutatjuk be.

2.6. SZENNYVÍZKEZELÉSI ÉS SZABÁLYOZÁSI TECHNIKÁK

2.6.1. A szennyvíz lehetséges forrásai

A hulladékégetőkben az alábbi helyeken számolhatunk szennyvízkibocsátásokkal:

- ipari szennyvíz

Ipari szennyvíz jelentősebb mennyiségben rendszerint csak a nedves füstgázkezelési rendszerekben keletkezik. Az egyéb (száraz és félszáraz) füstgázkezelési rendszerek általában nem termelnek szennyvizet. A nedves rendszerek esetében szintén léteznek olyan eljárások, ahol a keletkező víz végül nem kerül ki a létesítményből (ld. később).

- a pernye gyűjtése, kezelése és (nyílt színi) tárolása során keletkező szennyvíz

Ebből a szennyvíztípusból biztosítható a nedves salakkihordók vízszükséglete, ezért rendszerint nem kerül ki a létesítményből. Ilyenkor azonban fontos a szennyvíz számára a megfelelő tárolási (és kezelési) kapacitás biztosítása, hogy a tárolt mennyiségben a csapadék nyomán jelentkező fluktuációk kezelhetők legyenek. A fel nem használt szennyvíz kezelésére a következő megoldások használatosak: kibocsátás rendelkezésre álló ipari szennyvíz-kezelő rendszerbe, kibocsátás a helyi csatornarendszerbe és/vagy speciális ártalmatlanítás. Az ilyen típusú szennyvizet, amennyiben a minősége megfelelő, a füstgázkezelés során újból fel lehet használni, rendszerint ülepitést, szűrést stb. alkalmazó kezeléseket után.

- egyéb, kevésbé specifikus ipari szennyvíz áramok

Ilyen lehet például a víz/gőz kör szennyvize (amely a kazán tápvizének előkészítése, a kazán leengedése és a hűtővíz kiengedések során keletkezik). Üzemi körülmények között az ilyen vízáramokat számos esetben újból fel lehet használni az égetés és a füstgázkezelés során (pl. mint pótvizet), így nem keletkeznek környezeti kibocsátások. A szennyvíz hasznosítása a félszáraz vagy nedves füstgázkezelésben viszont csak akkor lehetséges, ha a víz minősége az adott célnak megfelel, egyébként a vizet (rendszerint magas sótartalma miatt) el kell vezetni a rendszerből.

- kommunális szennyvíz

A vécékben, konyhákban és a takarítási műveletek során keletkezik, általában a csatornarendszeren keresztül a kommunális szennyvízkezelő telepre kerül. Más lehetőség híján szeptikus tartályban is tárolhatják. Mivel ez a szennyvíztípus nem specifikus a hulladékégetésre, jelen dokumentum a kezelését nem tárgyalja.

- tiszta csapadékvíz

Ez a víztípus ott keletkezik, ahol a csapadékvíz nem szennyezett felszínekre hullik, mint pl. tetők, szervízutak, parkolók stb. Ez a víz rendszerint a „tiszta” vízgyűjtő rendszerbe kerül, ahonnan közvetlenül vagy nyelőkutakon keresztül a helyi felszíni vizekbe vezetik. Az utakról vagy parkolókból származó csapadékvíz előkezelést igényelhet.

- szennyezett csapadékvíz

Ez a szennyvíztípus akkor keletkezik, amikor a csapadék szennyezett felszínekre (kirakodási területek stb.) hullik. Rendszerint a tiszta csapadékvízről elkülönítve kezelik, felhasználás vagy kibocsátás előtt előtisztításra szorulhat.

- használt hűtővíz

A vízkondenzációs hűtést alkalmazó, azaz gőzturbinával elektromos áramot termelő üzemek hűtőkapacitás-igénye a hulladékégető létesítmények közül messze a legnagyobb. Az üzem kialakításától függően számos különböző hűtővíz áram kibocsátását kell megoldani, úgymint:

- a gőzturbinához kapcsolt kondenzátor konvekciós hűtése során keletkező hűtővíz
- a kondenzációs hűtés során a párologtató vízhűtéses rendszerből lejövő hűtővíz
- különböző egyéb berendezések hűtést igénylő részei után összegyűjtött hűtővíz (hulladék surrantó, hidraulikus rendszerek, sztripperek)

Mivel ezek a hűtővíz-típusok nem specifikusak a hulladékégetésre, kezelésüket az Ipari Hűtőrendszerek BREF tárgyalja.

- szennyvíziszap részleges előszárítása során kondenzációból keletkező szennyvíz

Ez a szennyvíz típus tipikusan a szennyvíziszap égetése során keletkezik, bár az is előfordulhat, hogy kondenzálás helyett a szárítás során keletkező gőzt a hulladékégető füstgázában elpárologtatják. Ennek a szennyvíznek a KOI értéke általában magas, és jelentős koncentrációban tartalmaz nitrogént (többnyire NH_3 formájában), illetve olyan egyéb szennyező anyagokat, melyek a kezelt iszapban jelen voltak. A kezelés szűk keresztmetszetét a magas nitrogén-tartalom határozza meg, ebben az esetben nitrogén sztrippelés alkalmazására lehet szükség, bár itt fennáll a vízkövesedés kockázata, és a technológia használata járulékos energiaigényeket jelent. A szennyvízből nyert ammónia-oldat ebben az esetben visszakerülhet a kemencébe, ahol az SNCR de- NO_x technológiában használják fel.

2.6.2. A szennyvíz-képződés csökkentésének alapelvei

A hulladékégetésből származó szennyvizek képződésének csökkentése az alábbi alapelveken alapul:

1. Optimális égetési technológia alkalmazása

Az optimális égetési technológia alkalmazása nem csak az égetési folyamat stabilitása szempontjából fontos, hanem a vízbe történő kibocsátások ellenőrzésének is lényeges lépése, legalábbis ott, ahol nedves eljárásokat használnak (egyéb folyamatokra ez nem vonatkozik, mert szennyvíz-kibocsátás a nem-nedves eljárásokban általában nem jelenik meg). A tökéletlen égés negatívan befolyásolja a füstgáz és a pernye összetételét, mert növeli a szennyező és/vagy mérgező szerves összetevők mennyiségét, ez pedig hatással lehet a füstgázmosóból kikerülő szennyvíz minőségére is.

2. Vízfogyasztás és szennyvízkibocsátás csökkentése

Az alábbiakban néhány példát mutatunk be ennek megoldására:

- a szennyvíz lehető legnagyobb mértékű hasznosítása a nedves (füstgázmosó) vagy félszáraz füstgázkezelési rendszerekben, az üzemeltetési jellemzők hatékony szabályozásával kombinálva. Ennek segítségével csökkenthető a kiengedett szennyvíz ammónia-tartalma
- a nedves füstgázkezelési rendszerekből származó szennyezett szennyvíz járulékos hűtése (ld. még a 2.4.4.5. pontot, a kondenzációs füstgázmosókról) nyomán kevesebb víz távozik a füstgázokkal, így csökken a vízfogyasztás. Ezzel a kialakítással megszűnhet a hűtővíz-fogyasztás.
- szennyvízmentes füstgázkezelési technológia alkalmazása (pl. félszáraz vagy száraz szorpciós rendszerek)

- a leeresztett kazánvíz felhasználása a füstgázmosóban
- laboratóriumi szennyvíz kezelése a füstgázmosóban
- szennyvízmentes salakkihordók alkalmazása
- nyitott salak tárolók csurgalékvizének felhasználása a nedves salakkihordókban
- tetőkről és egyéb tiszta felszínekről származó tiszta csapadékvíz közvetlen felhasználása
- elkülönített vízelvezetés, kitett felületek nagyságának csökkentése a hulladék tárolása és kezelése során (pl. fedett területek)

3. Megfelelés a vonatkozó, vízbe történő kibocsátásokra érvényes előírásoknak

Egyes eljárásokat nagymértékben befolyásolhatnak a helyi körülmények, ennek tipikus példája a füstgázmosókban keletkező nagy sótartalmú szennyvíz. Felszíni vízbe történő kibocsátás esetében szükséges lehet a hígítási tényezők stb. figyelembe vétele is. Az ilyen döntések tehát alapvetően befolyásolhatják a hulladékegyesítési eljárások kialakítását, különösen a füstgázokat és a szennyvizet kezelő rendszerek megválasztása tekintetében.

4. Vízelvezető rendszerek optimális működtetése

A szennyvízkibocsátást csak a kezelési rendszer optimális működtetésével lehet csökkenteni.

A szennyvíztároló rendszer pufferolását biztosító megfelelő tárolókapacitás az üzemeltető számára biztosítja a szükséges reakcióidőt, amennyiben a folyamatokban zavarok jelentkeznének.

2.6.3. A füstgázkezelési rendszerek hatása a szennyvízre

A szennyvíz termelése a füstgázkezelési rendszer megválasztásától függ. A legtöbbször használt füstgázkezelési lehetőségek a következők:

1. száraz füstgázkezelés
2. félszáraz füstgázkezelés
3. nedves füstgázkezelés
 - a) a mosó szennyvizének fizikai/kémiai kezelésével
 - b) a mosó szennyvizének a technológiában végzett elpárologtatásával
 - c) a mosó szennyvizének elkülönítve végzett elpárologtatásával

A fenti lehetőségek közül csak a 3(a) esetben kell kibocsátandó szennyvízárammal számolnunk. A 3(a) rendszerű füstgázmosókból származó szennyvizek kezelését a most következő pontok tárgyalják, a szennyvíz elpárologtatásának technikáival együtt (3b és 3c megoldások).

2.6.4. Nedves füstgázkezelési rendszerek szennyvizének feldolgozása

A nedves füstgázkezelési rendszerek technológiai szennyvize a szennyező összetevők széles skáláját tartalmazza. A szennyvíz mennyisége és koncentrációi a hulladék összetételének és a nedves füstgázkezelési rendszer kialakításának függvényében alakulnak. A nedves füstgázkezelési rendszerek szennyvizének hasznosítása a keletkezett szennyvíz mennyiségének jelentős csökkenését, viszont ennek kapcsán a szennyvízben lévő a szennyező anyagok koncentrációjának növekedését eredményezheti.

A nedves füstgázkezelési rendszerek szennyvizének kezelésére három fontosabb módszert alkalmaznak:

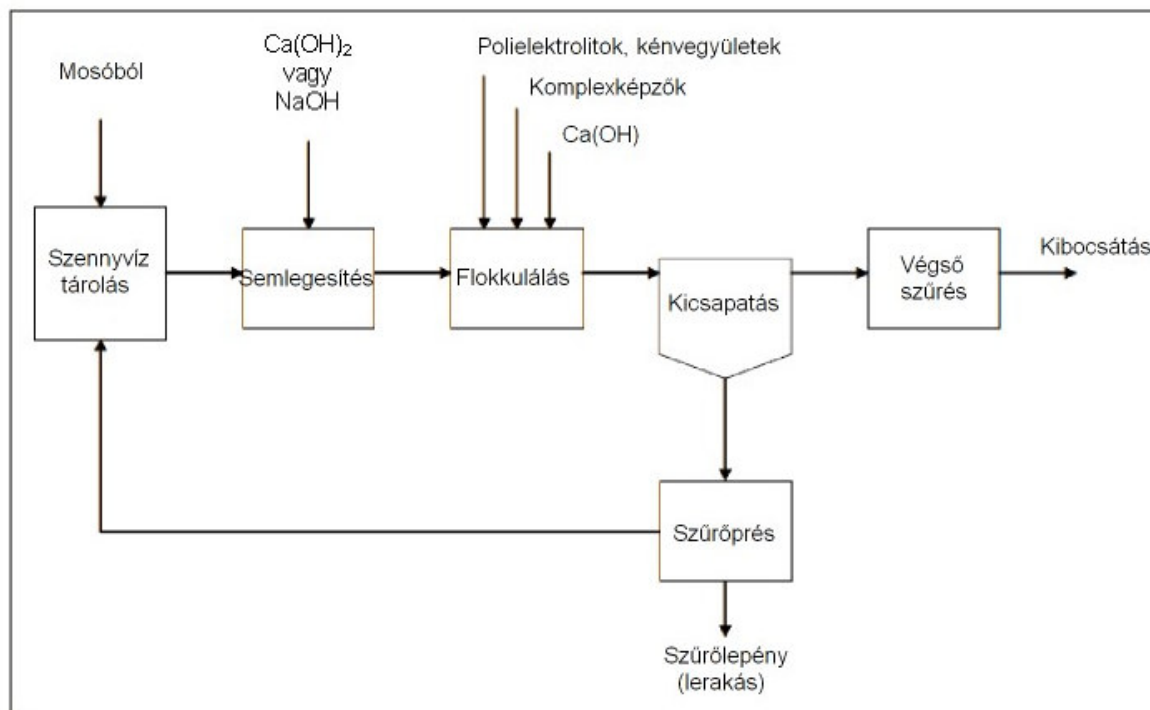
- **fizikai-kémiai tisztítás**, pH korrekción és ülepítésen alapul. Az eljárás során oldott sókat tartalmazó, kezelt szennyvízáram keletkezik. Amennyiben nem párologtatják el (ld. lejjebb), ki kell bocsátani
- **elpárologtatás a hulladékégetési folyamatban**, porlasztva szárítással, félszáraz füstgázkezelési rendszerben vagy egyéb olyan rendszerekben, ahol zsákos porszűrőt alkalmaznak. Ebben az esetben az oldott sók a füstgázkezelési rendszer szilárd maradékába kerülnek. Szennyvízkibocsátás nincs, csak ami a füstgázokkal együtt elpárolog (a részleteket ld. a 2.6.4.7.1. pontban)
- **a szennyvíz elkülönített elpárologtatása**. Ebben az esetben az elpárologtatott vizet kondenzálják, de mivel az így nyert víz rendszerint igen tiszta, további kezelés nélkül is kibocsátható (vagy újra felhasználható) (a részleteket ld. a 2.6.4.7.2. pontban).

A fenti technikák részleteit a következő pontok tárgyalják. A technikák közül néhányat a „A szennyvíz és hulladék gáz kezelési/gazdálkodási rendszerek a vegyiparban” BREF is bemutat.

Amennyiben de-NO_x technikaként SNCR-t alkalmaznak, ahol ezután nedves füstgázkezelést is használnak, NH₃ sztrippelés válhat szükségessé.

2.6.4.1. Fizikai-kémiai kezelés

Az ipari szennyvíz fizikai-kémiai kezelését végző egység tipikus felépítését a 2.6.1 ábra mutatja be:



2.6.1 ábra: Nedves füstgázkezelési rendszerből származó szennyvíz fizikai-kémiai kezelésének folyamatábrája

A bemutatott folyamat az alábbi lépésekből áll (amelyekből vagy csak bizonyos elemeket alkalmaznak, vagy akár az összeset egyszerre is)

- a szennyvíz semlegesítése
- a szennyező anyagok flokkulálása (derítés I.)
- a keletkező iszap ülepítése (derítés II.)
- az iszap víztelenítése
- a szennyvíz szűrése (utótisztítás)

Az egyéb lépések magukban foglalhatják az alábbiakat:

- kicsapatás (pl. nehézfémek)
- koaguláció
- pH- és hőmérséklet-szabályozás

A semlegesítésre gyakran meszet alkalmaznak, ami a szulfidok és szulfátok (gipsz) kicsapódását eredményezi. Ahol engedélyezett a szulfidok/szulfátok felszíni vizekbe történő kibocsátása, a mész helyett nátronlúg (NaOH) is használható, ez a technika jóval kisebb mennyiségű iszaplepeny képződésével jár.

A nehézfém vegyületek eltávolítását flokkulálást követő kicsapattal végzik. A nehézfém vegyületek oldékonysága pH 9-11 közt igen alacsony. pH 11 felett a nehézfém vegyületek ismét oldatba vihetők. Megjegyzendő, hogy a nikkel és kadmium leválasztásához optimális pH eltér a többi nehézfém esetében ajánlott értéktől.

A két (vagy több) lépcsős semlegesítés javítja a kiengedett szennyvíz pH-jának (savassági értékeinek) szabályozhatóságát és stabilitását. Az első lépésben durva semlegesítés zajlik, főleg a füstgázmosó első, savakat leválasztó fokozatából érkező szennyvíz esetében. A második lépés a pH pontos beállítása. A megfelelő szennyvíztárolás kapacitás (mint felhasználható pufferkapacitás) elősegíti az égetési folyamat okozta ingadozások időben történő kiegyenlítését.

A nehézfémek hidroxid vegyületeinek flokkulációja flokkulálószer (polielektrolitok) és FeCl_3 hozzáadásával zajlik. A komplexképző anyagok beadagolása a higany és egyéb nehézfémek további eltávolítását teszi lehetővé.

A fluoridok kicsapattása 8-9 közé eső pH értékeket igényel.

A kicsapattás rendszerint ülepítő tartályokban vagy lamellás leválasztókban zajlik.

A keletkező iszapot általában szűrőprésben víztelenítik. Így a felhasznált vegyszerek és egyéb körülmények függvényében 40-60%-os szárazanyagtartalom érhető el.

Amennyiben szükséges, a keletkező szennyvíz szűréséhez (utótisztításához) homokszűrőket és/vagy aktív szén szűrőt használhatunk. A homokszűrők közvetlen hatása leginkább a lebegő szilárd anyagok leválasztásában jelenik meg, de ez a nehézfém koncentrációkat is csökkenti. Az aktív szénnel végzett szűrés különösen hatékony a PCDD/F, PAH stb. vegyületek mennyiségének csökkentésére. Az aktív szén betétet rendszeresen cserélni kell. A gyakorlatban egyéb szűrőrendszerek is ismertek (pl. tárcsás szűrők).

A szennyvizek fizikai-kémiai tisztítása az üzemeltető részéről különös figyelmet igényel, mivel az alkalmazott rendszerek igen érzékenyek.

2.6.4.2. Szulfidok

A flokkuláció során gyakran alkalmaznak szerves reagenseket (pl. polielektrolitokat). A komplexképző anyagok és szulfidok (pl. Na_2S , trimerkaptán) hozzáadása a higany és egyéb nehézfémek további leválasztását teszi lehetővé.

A szulfidok használata, a vegyszerek toxicitása miatt speciális biztonsági intézkedéseket igényel. Használatuk egyik előnye a többi komplexképző anyaghoz viszonyított olcsóságuk.

2.6.4.3. Membrántechnológia

A sókat és mikroszennyeződések tartalmazó szennyvizek kezelésének egyik módszere a membránszűrés. A technika különösen nagyobb mennyiségű, alacsony sókoncentrációjú szennyvíz-áramok esetében hatékony. Magasabb sókoncentrációk mellett a technika energiaigénye rohamosan növekszik.

A hulladékégetésből származó ipari szennyvizek sótartalma magas, akár a 10 tömegszázalékot is elérheti, emiatt a technika alkalmazása jelentős többlet-energiafogyasztással jár.

A visszamaradó, oldott sókat magas koncentrációban tartalmazó vizet megfelelő helyen el kell vezetni.

2.6.4.4. Ammónia sztrippelés

SNCR de- NO_x technika alkalmazása esetén a füstgázmosó szennyvize ammónia vegyületeket tartalmaz. Az ammónia koncentrációja az SCNR de- NO_x egység működési körülményeitől függ. Az ammónia koncentrációjától függően a szennyvíz esetében érdemes lehet sztrippelés technikát alkalmazni.

Az ammónia sztrippelés egységet legnagyobbbrészt egy fűtött desztillációs oszlop alkotja. A pára lecsapódik, és ammónia-oldat keletkezik. Bár az ammónia koncentrációja jobbára alatta marad a kereskedelemben kapható termékekének, az oldat az SNCR eljárásban újra felhasználható.

Az ammónia sztrippelés a pH 11-12,5 értékre emelését, valamint gőz felhasználását igényli. Mész-alapú semlegesítéssel kombinálva a jelentések szerint nő a lerakódások kialakulásának kockázata.

2.6.4.5. A füstgázmosó rendszer első és utolsó fokozatából származó szennyvizek elkülönített kezelése

A füstgázmosó első fokozata (vagy fokozatai) rendszerint nagyon alacsony pH értékek mellett üzemel. Ilyen körülmények közt a füstgázból specifikusan a HCl-t távolítják el. Az utolsó fokozatban SO_2 eltávolítása zajlik, semleges pH mellett.

Ha ezt a két szennyvíz áramot elkülönítve kezeljük, a szennyvízkezelés minden folyadékáramra optimalizálhatóvá válik, és az SO_2 mosó szennyvizéből újrafelhasználható gipsz kinyerésére nyílik lehetőség.

Az első fokozat szennyvizét mésszel semlegesítik, majd a szokványos flokkulációval és kicsapattal eltávolítják belőle a nehézfém vegyületeket. A kezelt szennyvizet, mely legnagyobb mennyiségben CaCl_2 -t tartalmaz, összekeverik az utolsó fokozat szennyvizével, amely viszont $\text{Na}_2\text{SO}_{3/4}$ -ben gazdag. Ennek eredményeként gipsz és főleg NaCl -t tartalmazó szennyvíz keletkezik.

A helyi körülményektől függően ezt a sós vizet vagy kiengedik, vagy elpárologtatják. A párologtatás nyomán NaCl , vagyis konyhasó keletkezik.

Mivel a sót elválasztják a füstgázkezelés szennyvizében megjelenő egyéb maradék anyagoktól, a maradék anyagok mennyisége jelentősen csökkenthető – az egyetlen maradék a kicsapott nehézfém vegyületek iszapja.

2.6.4.6. Anaerob biológiai kezelés (szulfátok elemi kénné alakítása)

A kezelt szennyvíz kibocsátásakor az egyik gondot a vízben maradó szulfát tartalom jelentheti, mivel a szulfátok problémákat okozhatnak a betonból készült csatornarendszerekben. E problémák megoldására a hulladékégetésből származó szennyvizek kezelésére anaerob biológiai kezelést dolgoztak ki.

A szennyvízben lévő szulfátok anaerob baktériumok segítségével reaktorban szulfidokká redukálhatók. A reaktor magas szulfid tartalmú szennyvizét egy második reaktorban kezelik. Ebben a második reaktorban a szulfidokat biológiai oxidációnak vetik alá, melynek során aerob környezetben elemi kénné alakulnak. Az aerob fázisban gondoskodni kell a megfelelő mennyiségű oxigén biztosításáról, máskülönben elemi kén helyett tioszulfátok keletkeznek, melyek korlátozzák a szennyvíz ártalmatlanítási lehetőségeit.

Ezt követően a kén laminált leválasztóban eltávolítják a szennyvízből. Az összegyűjtött iszapot dekanterben víztelenítik, itt a kén lepény formában leválasztható, majd egyéb célokra felhasználható. A megmaradó szennyvíz a füstgázmosóban újrafelhasználható és/vagy kiengedhető.

A jelentések szerint a technológia alkalmazása veszélyes hulladékok kezelése esetén nehézségeket okozhat.

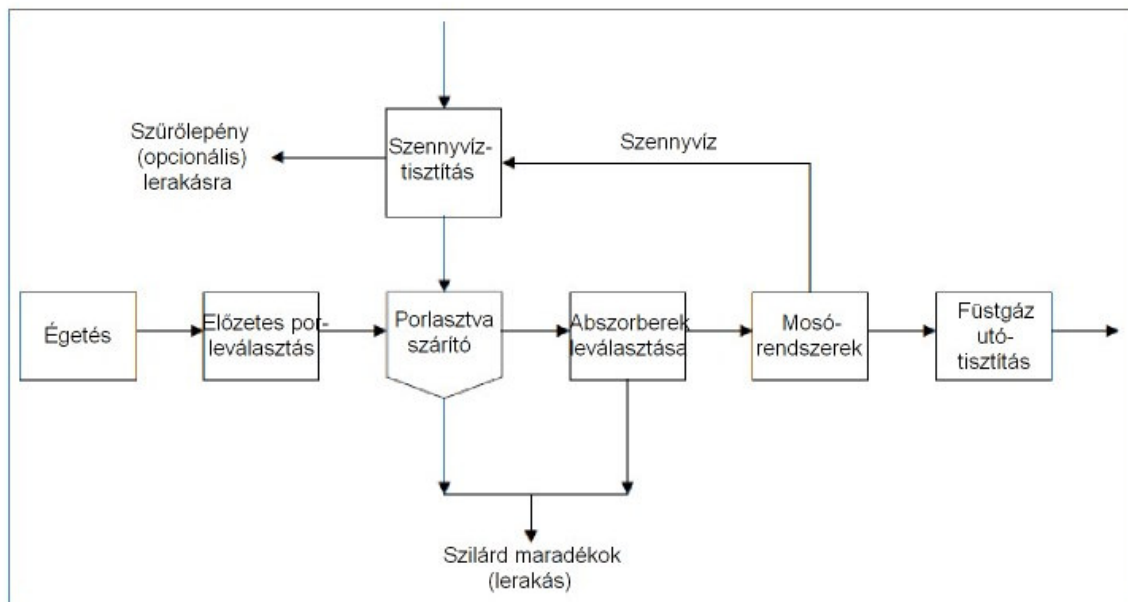
2.6.4.7. Ipari szennyvizek elpárologtató rendszerei

Ha az oldott sók (kloridok) kibocsátása nem elfogadható megoldás, a szennyvizet el kell párologtatni. Erre leginkább két megoldást alkalmazhatunk:

- folyamat közbeni elpárologtatást
- elkülönített elpárologtatást

2.6.4.7.1. Folyamat közbeni elpárologtatás

Ebben a kialakításban a szennyvizet porlasztva szárítóval visszaforgatják a folyamatba. A 2.6.2 ábra áttekintést ad a folyamat kialakításáról:



2.6.2 ábra: Füstgázmosó szennyvizének folyamaton belüli elpárologtatása

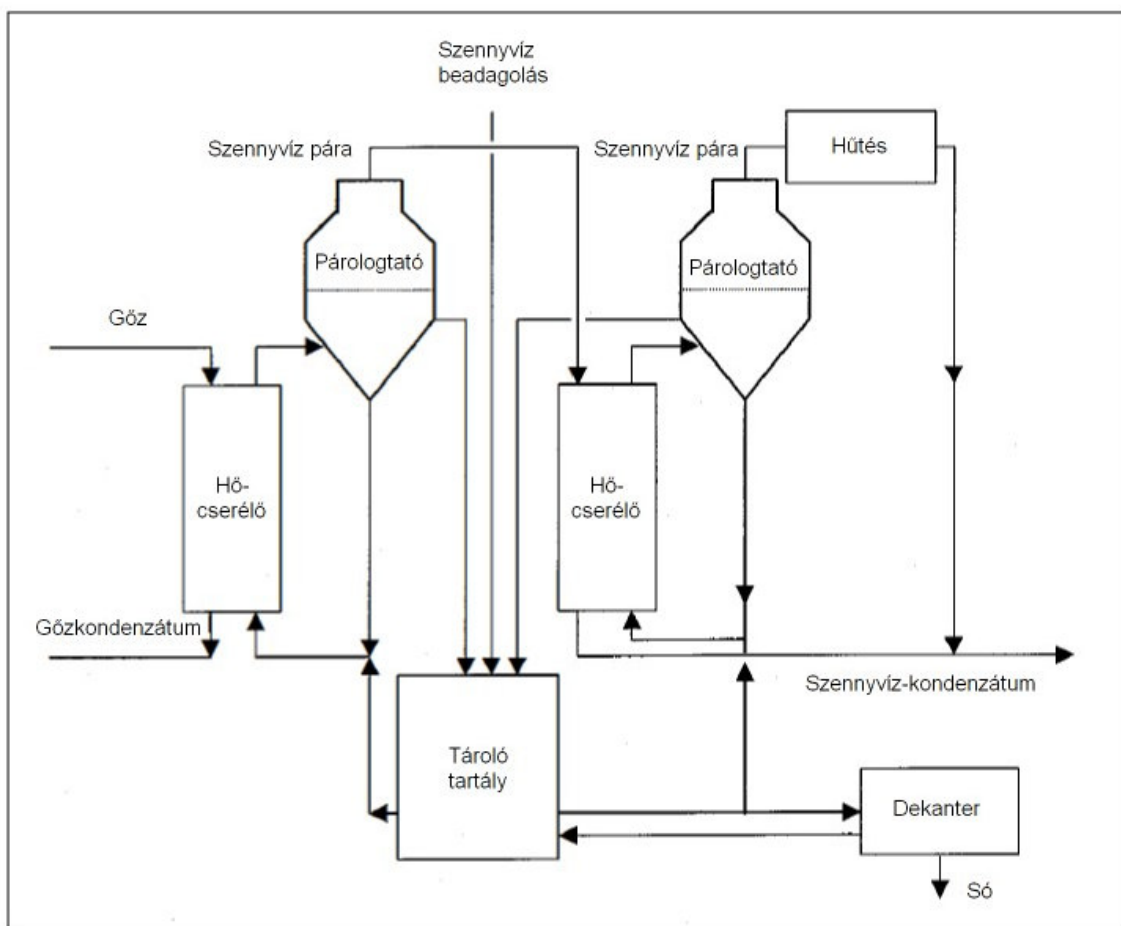
A porlasztva szárító az ugyanabban a félszáraz füstgázkezelési rendszerben használt permetezéses rendszerű abszorberekhez hasonlítható. A különbség az, hogy a félszáraz füstgázkezelés során a füstgázba meszet injektálnak, míg a folyamaton belüli elpárologtatás során a füstgázmosó szennyvizét fecskendezik be, semlegesítés után. A semlegesítés flokkulálással és ülepítéssel kombinálható, ilyenkor a maradékok külön gyűlnek össze (szűrőlepeny). Egyes alkalmazásokban a permetezéses rendszerű abszorberekbe a gáz elő-semlegesítéséhez meszet injektálnak.

A semlegesített, oldott sókat tartalmazó szennyvizet a füstgázáramba fecskendezik, ahol a víz elpárolog és a megmaradó sók és egyéb szilárd szennyeződések a porleválasztás során eltávolíthatóak (pl. elektrosztatikus porleválasztóban vagy zsákos porszűrőben). A füstgázkezelés maradéka pernye, sók és nehézfémek keverékéből áll.

A füstgázmosás miatt a vegyi anyagok fogyása nagyjából közelíti a sztöchiometrikus értéket és ennek eredményeként kevesebb maradék keletkezik, mint a félszáraz füstgázkezelési rendszerekben.

2.6.4.7.2. Elkülönített elpárologtatás

Az elkülönített elpárologtatás gőzzel fűtött párologtató rendszerek alkalmazásán alapul. A 2.6.3 ábrán látható folyamatára egy ilyen példát mutat be:



2.6.3 ábra: A füstgázmosó szennyvizének elkülönített elpárologtatása

Az oldott sókat tartalmazó szennyvizet gyűjtőtartályba vezetik, amely szennyvíz és már részben elpárolgott folyadék keverékét tartalmazza. Ezután a víz egy reaktorban, alacsony nyomás alatt részben elpárolog. Az ehhez szükséges hő (alacsony nyomású) gőz biztosítja, amely a hő hőcserélőn keresztül adja le a folyadéknak. A felesleges folyadék visszafolyik a tartályba. A párákat lehűtik, így tiszta kondenzátum keletkezik, amelyet kiengednek.

A folyadék egyre növekvő sókoncentrációja miatt megkezdődik a sók kikristályosodása, a kristályokat ezután dekanterben leválasztják és egy tároló konténerben összegyűjtik.

A 2.6.3 ábra egy olyan kétfélszintes folyamatot mutat be, ahol két párologtatót használnak. A második párologtatóban használt hő az első párologtatóból származik, így a specifikus energiafogyasztás csökkenthető. Ezenkívül, ha csak más célokra (pl. távfűtésre) fel nem használják, a hatékony energiafogyasztást az alacsony nyomású gőz alkalmazása is csökkentheti.

Ez a technika energiaigényes és üzemelési kockázatokat rejt magában (pl. a kristályosodás okozta lerakódások).

2.6.4.8. Példa sósav gyártására a füstgáztisztítás során

A klórtartalmú hulladékok égetése során hidrogén-klorid keletkezik. A vízben elnyeletett hidrogén-klorid sósavat képez, az így létrejövő sósav szintelen, megfelelő kezelés után

szennyeződésektől mentes folyadék. A folyadékban a HCl-koncentrációja nagyjából 19 tömegszázalék. A sósavat az azt átvevő különböző létesítmények nyersanyagként (pl. klórgyártó üzemekben a pH beállításánál) hasznosítják.

A sósav gyártása során a gőzkazánt elhagyó füstgázok először gyors hűtésen esnek át. A gyors hűtő egység belsejében lévő fűvókákon keresztül a füstgázba a gyors hűtő rendszer után elhelyezett mosó kolonnából származó sósavat fecskendeznek. A sósav egy része ekkor elpárolog, ami a füstgázok lehűlésével jár.

A sósav a gyors hűtő rendszerből a lehűtött füstgázokkal együtt a kolonnába kerül. Itt a sósavat és a füstgázban lévő egyéb savas gázokat abszorbeáltatják, majd a sósav egy ideiglenes tároló tartályba kerül. A füstgáz, amelyből immár leválasztották a hidrogén kloridot, a kolonna fejénél elhelyezett cseppleválasztón keresztül elhagyja a savas kolonnát, és az ionizációs füstgázmosóba kerül.

A füstgázmosó rendszer savas kolonnájában keletkező sósavból párologtató rendszerben eltávolítják az oldott sókat és szilárd anyagokat. Ez a tisztítási lépés teszi lehetővé a sósav későbbi felhasználását a különböző termelő üzemekben.

Az ideiglenes tárolótartályból a sósavat elpárologtatóba szivattyúzzák. Itt a nyers sav koncentrációját megnövelik, és vákuumban azeotróp eleggyé alakítják. A felesleges víz és némi hidrogén-klorid párává alakul, amit az abszorpciós toronyban víz segítségével kondenzálnak.

A vákuum egységből az ipari folyadékot a felesleges vízzel együtt a szennyvíztelepre szivattyúzzák. Az azeotróp eleggyé töményített nyers sav elpárolog, majd újra kondenzálódik. A szilárd szennyeződések és nehézfémeket tartalmazó maradék savat eltávolítják az elpárologtatóból és semlegesítésre egy keverőbe szivattyúzzák.

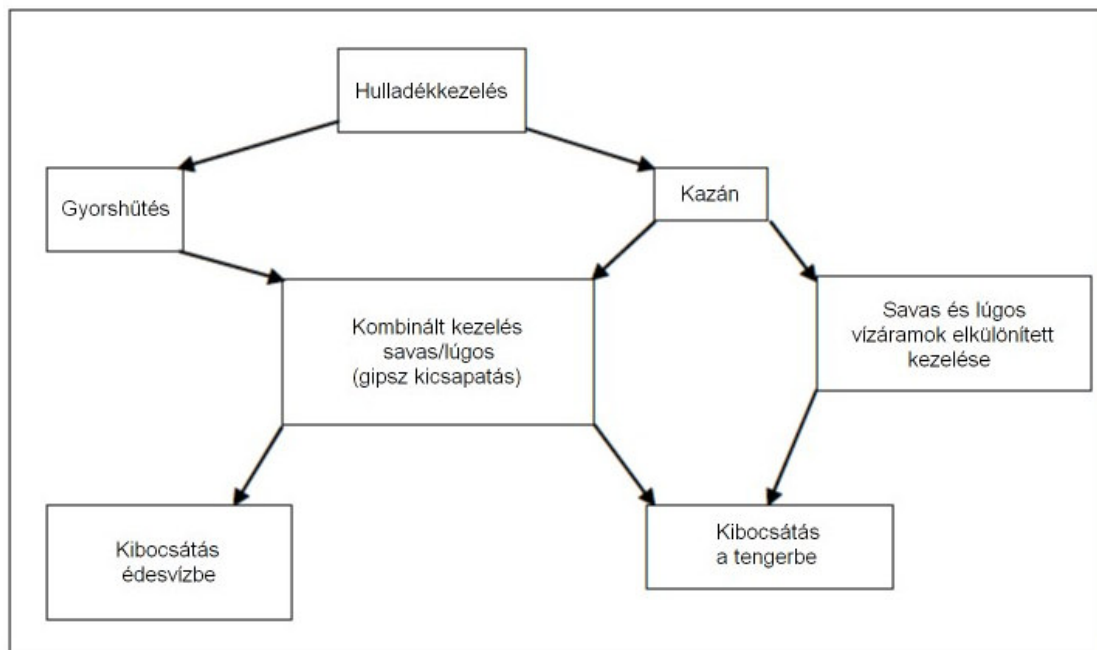
2.6.5. Szennyvízkezelés veszélyes hulladék-égetőkben

A veszélyes hulladékot kezelő európai hulladékégetők 55%-a nem bocsát ki szennyvizet, mert vagy olyan rendszereket használnak, ahol nem keletkezik szennyvíz (pl. száraz vagy félszáraz füstgázkezelési rendszerek) vagy a vizet porlasztva szárító segítségével a kéményen keresztül, illetve különálló párologtató üzemből **elpárologtatják**. Az elpárologtatást egyes esetekben megelőzi a higany eltávolítása a szennyvízből.

A maradék 45%-ba eső, veszélyes hulladékot égető létesítmény **szennyvízkezelő rendszerrel** rendelkezik. A jelenlegi helyzetet a 2.6.4 ábra mutatja be, az ábra alapján a következő összegzés adható:

Általánosságban megkülönböztethetjük azokat a veszélyes hulladék-égetőket, melyek kazánnal rendelkeznek azoktól, ahol gyors hűtést alkalmaznak: az utóbbi esetben technikai okokból a kiengedett szennyvíz mennyisége nagyobb. (megjegyzendő, hogy egyes veszélyes hulladék-égetők kazánt és gyors hűtő rendszert egyaránt működtetnek). A kazánnal rendelkező létesítmények szennyvízkibocsátása 1-5 l/kg elégetett hulladék közé esik, míg a csak gyors hűtést alkalmazó létesítményekben ez az érték 10-20 l/kg elégetett hulladék. Ez utóbbi esetben viszont a szennyvíztelep elfolyó vizének hasznosításával, illetve a gyors hűtő rendszeren belüli recirkulációval a kiengedett szennyvíz mennyisége 5 l/kg értékre csökkenthető.

A nedves füstgázkezelés savas szakaszának szennyvizét (amely NaCl -t, CaCl_2 -t, higanyt, CaF_2 -t és SO_3 -t tartalmaz) rendszerint elkeverik a lúgos szakasz szennyvizével (amelyben Na_2SO_4 található). Ennek során a gipsz egy része a további kezelések előtt kicsapódik (így a szennyvíz szulfáttartalma 2 g/l alá csökken, ez az a koncentráció, ahol a gipsz oldatba megy). Egy létesítményben ugyanakkor a savas és a lúgos szakasz szennyvízáramát külön kezelik.



2.6.4 ábra: Veszélyes hulladék-égetőkben alkalmazott szennyvízkezelési eljárások áttekintése

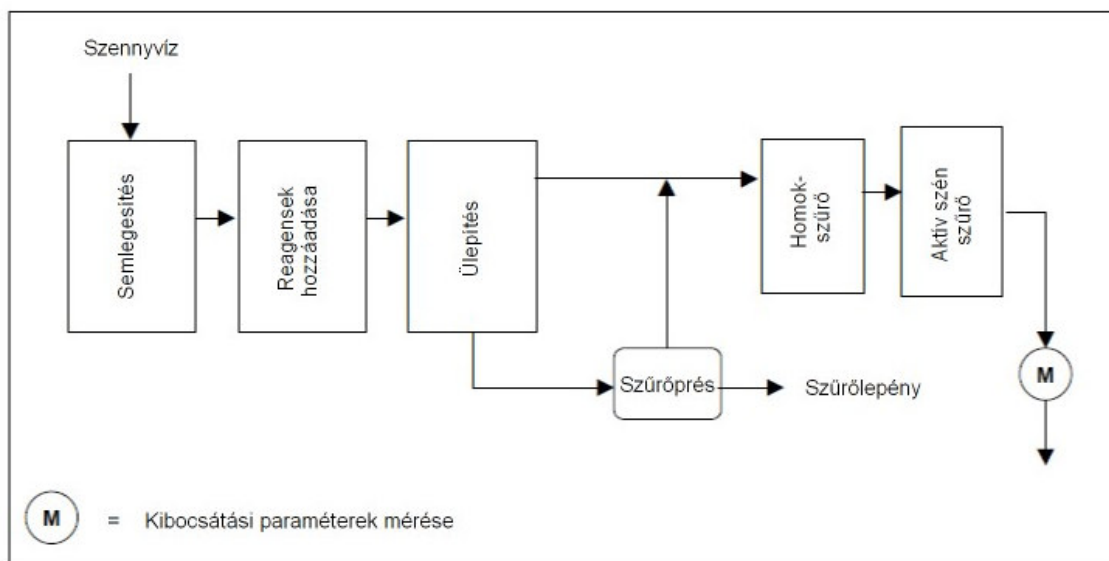
Az, hogy adott létesítmény a szennyvizet az üzemben belül kialakított szennyvízkezelő üzemben kezeli, vagy külső szennyvíztelepet vesz igénybe, a létesítmény elhelyezésétől függ.

A 2.6.5 ábra a veszélyes hulladék égetésekor végzett nedves füstgázkezelési eljárások szennyvizét kezelő szennyvízkezelő rendszer jellemző felépítését mutatja be.

A rendszeren belül az alábbi főbb folyamatokat különböztetjük meg:

- semlegesítés (pl. mész, NaOH/HCl beadagolásával)
- fém-hidroxidok, fém-szulfidok specifikus kicsapódását szolgáló reagensek beadagolása (pl. flokkulálószer, trimerkapto-triazin, szulfidok, polielektrolitok)
- üledék eltávolítása: gravitációs ülepités és dekantálás vagy mechanikai úton végzett ülepités (pl. szűrőprés, centrifugálás) útján

Egyes szennyvízkezelő üzemekben a szennyvizet **homokszűrőn** majd **aktív szén szűrőn** is átszűrjük (utótisztítjuk).



2.6.5 ábra: Példa veszélyes hulladékok égetését végző kereskedelmi hulladékégetőkben használt szennyvízkezelő rendszer felépítésére

2.7. SZILÁRD MARADÉKOK KEZELÉSÉNEK ÉS ELLENŐRZÉSÉNEK TECHNIKÁI

2.7.1. Szilárd maradékok típusai

A hulladékégetés során keletkező szilárd maradékok számos típusba sorolhatók, melyek közül egyesek országonként változó mértékben újrahasznosulnak. Különbséget kell tennünk a közvetlenül az égési folyamat során keletkező maradékok, és a füstgázkezelés nyomán létrejövő maradékok közt. A füstgázkezelés maradékai a finom pernye és/vagy reakciótermékek és a reakcióban részt nem vevő adalékanyagok (ez utóbbiak a kapcsolódó szennyvízkezelési rendszerekből is származhatnak). A második kategóriát gyakran füstgázkezelési vagy légszennyezés-szabályozási maradékoknak is nevezik. A (nedves) füstgázmosók szennyvizének kezeléséből származó szilárd maradékot térfogatuk csökkentése érdekében gyakran szilárd formába préselik (szűrőlepeny) vagy pernyével keverik, illetve a víztelenítést elősegítendő az üzemből származó gipszet adagolnak hozzá. A nedves füstgázkezelési rendszerekből ezenkívül speciális eljárásokkal gipszet és só is visszanyerhetünk (ld. lejjebb, illetve a 2.6. fejezetet).

A hulladékégetőben az égési fázisban keletkező szilárd maradékok:

Települési hulladék égetése:

- salak, amely a települési hulladék rostélytüzeléses rendszerben végzett égetése során keletkezik. Mivel a salak nagy mennyiségben keletkezik, fontos szilárd maradéknak számít.
- kazánhamu, amely a települési hulladékégetők kazánjában keletkezik, és gyakran a pernyével együtt kezelik
- pernye, melyet a települési hulladékégetésben a porleválasztás során gyűjtenek össze, kezelését lejjebb, a füstgázkezelés szilárd maradékaival foglalkozó pontban tárgyaljuk. Ezt a hulladéktípust általában ártalmatlanításra kerül, de azokban az országokban, ahol ez a gyakorlat engedélyezett van, az (út)építésben a bitumen adalékanyagaként is felhasználják. A feldolgozás és az ártalmatlanítás lehetőségeit lejjebb tárgyaljuk.

Veszélyes hulladék és speciális kórházi hulladék:

- salak, amely a veszélyes hulladékok forgódobos kemencében végzett égetése során keletkezik. Általában ezt a maradék-típust további kezelés nélkül, lerakással ártalmatlanítják, de ha erre a helyi jogszabályok lehetőséget nyújtanak, hasznosítása is lehetséges
- egyéb hamu-típusok, melyek magasabb szennyezőanyag-tartalmuktól eltekintve a TSZH égetésből származó hamuhoz hasonlóak, ezeknél a leggyakrabban alkalmazott módszer az ártalmatlanításra a lerakás.

Szennyvíziszap:

- pernye, amely a szennyvíziszap fluidágyas égetése során keletkezik. Azokban az országokban, ahol ez a gyakorlat engedélyezve van, az (út)építésben a bitumen adalékanyagaként is felhasználják. Németországban a pernyét bányák feltöltésére használják. A pernye egyik felhasználás esetében sem igényel előzetes kezelést. A fel nem használt pernye lerakóba kerül.
- fluidágy hamuja, amely a szennyvíziszap fluidágyas égetése során jön létre. Ebből a típusból viszonylag kevés termelődik, gyakran a pernyéhez keverik vagy további kezelés nélkül lerakóba kerül.

Hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagok (RDF):

- fluidágy hamuja, amely az RDF fluidágyas égetése során jön létre. Az anyag specifikus tulajdonságaitól függően az RDF égetése során ez a hamu-típus jóval nagyobb mennyiségekben keletkezhet, mint a szennyvíziszap égetésénél. Hasznosítást illetően csak kevés tapasztalat áll rendelkezésünkre.
- hamu, amely a hulladék fa kis- és közepes volumenű égetése során keletkezik. Mivel itt viszonylag alacsony mennyiségekről van szó, ezzel a maradék-típussal a továbbiakban nem foglalkozunk.

Egyes létesítmények különösen magas, pl. 1 400°C-ot meghaladó hőmérsékleten üzemelnek, itt a hamu megolvasztására törekszenek (salakolvasztásos rendszerek). Az ilyen salak felhasználási lehetőségei javulhatnak, mert kevésbé jellemző rájuk az egyes anyagok kioldódása stb. Ilyen rendszerekre a magas hőmérsékleten üzemelő salakolvasztásos forgódobos kemencéknél és kombinált gázosító-égető rendszerekben találunk példákat. Az utóbbit Japánban használják, ahol a TSZH égetőművek szilárd maradékok kimosódási tulajdonságaira rendkívül szigorú szempontok vonatkoznak, annak érdekében, hogy a maradékokat minél nagyobb mennyiségben lehessen felhasználni, a lerakók csökkenő igénybevétele mellett.

A hulladékégetők szilárd maradékainak felhasználására Európán belül és kívül egyaránt változatos politikák és előírások vonatkoznak.

A második kategóriába a füstgáztisztítás szilárd maradékai tartoznak:

A füstgázkezelés maradékai a szennyezőanyagokat (pl. veszélyes összetevőket és sókat) koncentráltan tartalmazzák, ezért rendes esetben hasznosításuk nem lehetséges. A legfontosabb feladat éppen ezért a környezetvédelmi szempontból biztonságos ártalmatlanítási megoldások meghatározása. A füstgázkezelés maradékai az alábbi típusokba sorolhatók:

- száraz és félszáraz füstgázkezelési rendszerek maradékai: Ezek a maradékok a kalcium- és/vagy a nátrium-klorid és szulfid/szulfát típusú sóinak keverékéből állnak.

A maradékok ezen kívül valamennyi fluort és a reakciókban el nem használódott adalékanyagot (pl. meszet vagy nátrium-karbonátot) is tartalmazhatnak. A keverékben az a pernye is megtalálható, melyet a megelőző tetszőleges porleválasztási eljárás során nem távolítottak el. Emiatt a maradék szennyező nehézfémeket és PCDD/F vegyületeket is tartalmazhat. A maradékok végleges ártalmatlanításának leggyakoribb módja a veszélyes hulladékként való lerakás (pl. big-bag zsákokban). A lerakás során fontos szempont a maradékok kimosódási tulajdonságainak figyelembe vétele, ezért Európában (pl. Ausztriában, Hollandiában, Portugáliában és Franciaországban) jelenleg a lerakás előtt olyan előkezeléseket alkalmaznak, mely csökkenti a maradékokból történő esetleges kimosódást. A száraz nátrium-bikarbonátos füstgázkezelés maradékai tisztíthatók és ipari célokra, pl. vegyipari nyersanyagként felhasználhatók. Ebben az esetben szükségessé válhat a pernye és a sómaradékok leválasztása (pl. kétlépcsős füstgázszűrés során), az inert összetevők csökkentése érdekében. Gazdaságossági szempontból kritikus lehet a szállítás a végfelhasználóhoz.

- a maradékok tulajdonságainak javítása a salak hideg szilárdításával
- szűrőlepeny, amely a füstgázkezelésből származó szennyvíz fizikai/kémiai kezelése után marad vissza. Ezt a maradék-típust a rendkívül magas nehézfém-tartalom jellemzi, de korlátozott oldékonyságú sókat is tartalmazhat (pl. gipsz). A szűrőlepenyt rendszerint lerakással (mint veszélyes hulladékot) ártalmatlanítják. A szűrőlepeny ezen kívül magas koncentrációban tartalmazhat PCDD/F vegyületeket is, ezért lerakás előtt esetenként előkezelést igényelhet.
- gipsz. A gipsz az eljárás jellemzőitől és a minőségi követelményektől függően tisztítással vagy tisztítás nélkül hasznosítható. A gipsz visszanyerésére akkor van lehetőség, mikor a kétfokozatú mosóban mészkőport vagy hidratált meszet használnak, hatékony cseplevávalasztással kombinálva. A visszanyert gipsz bizonyos körülmények között a folyamatban felhasználható.
- sók, melyek a szennyvíz folyamat közbeni elpárologtatása után maradnak vissza. Ez a maradék-típus a (fél)száraz füstgázkezelési eljárás szilárd maradékaihoz hasonló
- sók, melyek a szennyvíz elkülönítve végzett elpárologtatása után maradnak vissza. Hogy a sókat felhasználják vagy ártalmatlanítják, a maradék összetételétől függ. Az elkülönített elpárologtatás maradékai általában tisztábbak, mint a folyamat közbeni kezelés nyomán visszamaradó szilárd anyagok.
- füstgáz utótisztítás maradékai. Ezek felhasználhatósága a felhasznált adszorbertől függ (aktív szén, kokszféleségek, mész, nátrium-bikarbonát, zeolit). Az állóágyas adszorberből származó (aktív) szén esetében esetenként engedélyezik a maradékok elégetését a hulladékégetőben, amennyiben a folyamatra bizonyos feltételek teljesülnek. A mozgóágyas rendszerek maradéka szintén elégethető, amennyiben adszorberként kizárólag aktív szenet vagy kemencekokszt használtak. Ha egyéb adalékanyagok és aktív szén keverékét alkalmazták adszorberként, a maradékok rendszerint külső kezelésre vagy ártalmatlanításra kerülnek, mert fennáll a korrózió veszélye. Zeolit használata esetén elméletileg lehetőség van a higany visszanyerésére, de ezeket a technikákat a gyakorlat még nem alkalmazza.
- felhasználás a sóbányák feltöltésére – egyes tagállamokban a füstgázkezelés szilárd maradékait a bányák feltöltésére használják.

2.7.2. Szilárd maradékok előkezelése és hasznosítása

Az égéshamut magas ásványi anyag tartalma elméletileg alkalmassá teszi arra, hogy az útépitésben vagy egyéb építési tevékenység során felhasználják. A felhasználás akkor lehetséges, ha az anyag bizonyos környezetvédelmi és műszaki követelményeknek megfelel,

ez viszont a hamu minőségének primer vagy szekunder módszerekkel biztosított optimalizálásával lehetséges. Általánosságban az alábbi tényezők figyelembe vétele szükséges:

- kiégés minősége
- ásványi anyagok reakcióképessége
- fémek kimosódásának kockázata
- sótartalom
- szemcseméret és eloszlás

A modern hulladékégetőkből származó maradékok sok esetben megfelelnek a fentiekben felsorolt környezetvédelmi és műszaki követelményeknek. Különösen a salak esetében jellemző azonban, hogy bizonyos jogszabályi és politikai korlátok még az egyébként megfelelően kialakított és működtetett létesítményekből származó maradékok felhasználásának is gátat szabnak.

A szilárd maradékok feldolgozásának általános célja, hogy a primer építőanyagokra jellemző minőség elérése érdekében a maradékok tulajdonságait a fenti paraméterek közül egyre vagy többre optimalizálják. Mivel a TSZH égetésből származó salak nagy mennyiségben keletkezik, kevésbé veszélyes jellegű és kimosódási tulajdonságai kedvezőbbek, elsősorban ennél alkalmazzák a hasznosíthatóságot biztosító feldolgozást. A salak felhasználása főleg Hollandiára (>90%-os felhasználás), Dániára (90%), Németországra (80%), Franciaországra (>70%) Belgiumra és Nagy-Britanniára (21%) jellemző.

Szűrő- és kazánhamufeldolgozást Európában csak néhány létesítményben végeznek. Hollandiában az TSZH-t és szennyvíziszapot égető hulladékégetők pernyéjét a hulladékégetőben végzett bármilyen kezelés nélkül útépítő anyagok (aszfalt) adalékanyagként használják fel. Erre a célra a TSZH égetőművek összes pernyéjének kb. 1/3-át és a szennyvíziszap-égetőművel pernyéjének 80%-át (évente összesen kb. 80 000 tonnát) használják fel.

A maradékok keletkezésének primer szabályozásának egyik módja az égési folyamat optimalizálása, az alábbi célokból:

- a szénvegyületek tökéletes elégetésének biztosítása
- az illékony nehézfémek (pl. Hg, Cd) gáznemű állapotba hozása (így biztosítva ezen elemek kikerülését a tüzelőanyagágyból)
- a litofil elemek megkötése a salakban, ezáltal javítva a szilárd maradékok kimosódási tulajdonságait

A szekunder előkezelési rendszerek a következő tevékenység(ek)et foglalják magukba:

- méretcsökkentés a fémek kinyerésének elősegítéséhez és a technikai minőség javítására
- vas- és nemvas-fémek kinyerése, melyeket ezután a fémiparban lehet használni
- kimosás, az oldható sók eltávolítására
- érlelés, a mátrix struktúra stabilizálására és a reaktivitás csökkentésére
- előkezelés vízáteresztő képességet befolyásoló anyagokkal vagy bitumen kötőanyagokkal, útalapként való felhasználásához
- hőkezelés, bizonyos inert fémek szilikátos szerkezetbe vitelére és megkötésére

2.7.3. Füstgázkezelési szilárd maradékok esetében alkalmazott feldolgozási módszerek

2.7.3.1. A füstgázkezelési maradékok megszilárdítása és kémiai stabilizálása

A megszilárdítás fő oka olyan fizikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkező anyag létrehozása, melyek csökkentik a szennyező anyagok kimosódását a maradékokból. A cement hozzáadása például általánosan csökkenti az anyag vízáteresztő képességet és porozitását viszont növeli tartósságát, szilárdságát és térfogatát. Ezenkívül általában növeli a keverék lúgosságát, ezáltal javítva a termék kimosódási tulajdonságait, bár az amfoter fémek, mint amilyen az ólom vagy a cink, oldhatósága növekedhet.

A megszilárdult anyagot általában tömbökké formálják (pl. 1 m³-es méretben) vagy közvetlenül lerakják. A folyamat során lehetőleg meg kell akadályozni a víz és a maradék érintkezését. Svájci tanulmányok szerint viszont a vízzel való érintkezés a hulladéklerakóban lerakott anyagok kimosódási tulajdonságait csak a tárolás első néhány évében befolyásolja.

A szilárdítási eljárásokban számos, többnyire szervesetlen kötőanyagot használnak, pl. cementet, meszet és egyéb puzzolán jellegű anyagokat, mint a szénpernye, olvasztó kemencék salakja vagy cementégető kemencéből származó por, bár egyes szerves kötőanyagok, mint a bitumen/aszfalt vagy a paraffin és a polietilén is felhasználható. A kötőanyagok kombinációit és a hagyományos vagy nem hagyományos adalékanyagok különböző típusait is alkalmazzák. Messze a legáltalánosabban alkalmazott szilárdítási módszer a cement-alapú stabilizáció.

A kémiai stabilizáció alapgondolata a nehézfémeknek az eredeti maradékokban megjelenő formájukhoz képest kevésbé oldékony struktúrába vitele. A stabilizáció alapja egyrészt az új ásványi anyagok kialakulásával járó kicsapatás, másrészt a fémek szorpciós megkötése ásványi anyagokon. A folyamat során a maradékokban található nehézfémeket oldatba viszik, majd valamilyen ásványi anyagban megkötve kicsapatják, illetve ásványi anyagok *felületén* szorpcióval lekötik.

A stabilizációs módszerek közül több első lépésként egy vízfürdőt foglal magában, ahol az oldékony sók legnagyobb része és a fémek bizonyos százaléka kivonható a maradékokból, még az így el nem távolítható fémek kémiai megkötése előtt. Ezeket az eljárásokat a stabil termék víztelenítésével, és a szerves összetevők eltávolításával egészíthetjük ki.

2.7.3.2. A füstgázkezelési maradékok termikus feldolgozása

A füstgázkezelési maradékok termikus feldolgozása (ahol ezeket a maradékokat néha a salakkal is összekeverhetik a közös kezelés érdekében) csak néhány országban ölt nagyobb méreteket. A kezelés legfontosabb célja a maradékok mennyiségének csökkentése, de a termikus feldolgozás csökkenti a szerves összetevők és nehézfémek mennyiségét is, valamint lerakás előtt javítja az anyag kimosódási tulajdonságait.

A termikus kezelések három csoportba sorolhatók, ezek a vitrifikáció (üvegesítés), az olvasztás és a szinterezés (zsugorítás). E kezelés-típusok főképp a keletkező végtermék tulajdonságaiban és jellemzőiben térnek el egymástól:

- a **vitrifikáció** során a maradékokat magas hőmérsékleten (a jelenlegi gyakorlat szerint 1 300-1 500°C-on) kezelik, majd hirtelen lehűtik (levegővel vagy vízzel), melynek

eredményeként amorf, üvegszerű szerkezet jön létre. Hűtés után az olvadékból egyfázisú termék jön létre, melyet „üvegesített hulladék”-nak nevezünk. Az üvegesített hulladék az olvadék összetételétől függően üveghez vagy kőhöz hasonló termék. A szilárd maradékokhoz néha adalékanyagokat kevernek, a kívánt üveges szerkezet biztosításához.

- Az **olvasztás** hasonlít a vitrifikációhoz, de a hűtési folyamatot úgy szabályozzák, hogy az olvadék a lehető legnagyobb mértékben kikristályosodjon. Ez többfázisú terméket eredményez. Az alkalmazott hőmérséklet és az egyes fém-fázisok lehetséges leválasztásának lehetősége az eljárást a vitrifikációhoz teszi hasonlóvá. Itt is lehetséges bizonyos adalékanyagok hozzáadása a megfelelő kristályszerkezet kialakítása érdekében.
- A **szinterezés** során a maradékokat olyan hőfokra hevítik, ahol a részecskék már kötések képesek kialakítani egymással és az anyag kémiai fázisai újraformálódnak. Ez sűrűbb, kevésbé porózus terméket eredményez, amely az eredeti anyagnál tartósabb. Az eljárás jellemzően 900°C körül zajlik. TSHZ égetése esetén, az égetőkemencében rendszerint tapasztalható bizonyos mértékű szintereződés, ez főleg akkor jellemző, ha az égetést forgódobos kemencében végzik.

Az alkalmazott eljárástól függetlenül a maradékok termikus kezelése a legtöbb esetben homogénebb, sűrűbb, javított kimosódási tulajdonságokkal rendelkező terméket eredményez. A vitrifikáció során ezenkívül a szennyező anyagok fizikai megkötését is biztosítja az üveges anyag kristályszerkezetében.

Az önmagukban alkalmazott termikus kezelések energiaigénye általában igen magas. A legnagyobb probléma a hő eljuttatása az olvasztó reaktorhoz. Egyes esetekben a maradék olvasztása a létesítményen belül zajlik (vagyis az olvasztást nem elkülönítve végzik), itt az égetés során magasabb hőmérsékletet használnak (ld. 2.3.4.4.3.). Ezekben az esetekben a szükséges energia egy részét a füstgáz hőenergiája biztosítja, így a külső energiaigény csökkenthető.

A szilárd maradékok termikus kezelése során felszabaduló füstgázok nagy mennyiségben tartalmazhatnak NO_x, TOC, SO_x, nehézfém stb. szennyeződések, ezért megfelelő füstgázkezelésre van szükség. A füstgázt néha a hulladékgépető füstgázkezelési rendszerébe vezetik, amennyiben az kellő közelségben helyezkedik el.

A füstgázkezelési maradékok magas sótartalma a maradékok termikus kezelésének füstgázai esetében korróziós problémákhoz vezethet. A füstgázkezelési maradékok kezelésére a szinterezést önmagában nem használják, bár egyes kombinált kezelések alkalmazhatják ezt az eljárást.

2.7.3.3. A füstgázkezelési maradékok extrakciója és szeparációja

Az extrakciót és szeparációt használó kezelési megoldások elméletileg minden olyan eljárást magukban foglalnak, melyek során a maradékból speciális összetevőket vonnak ki. A legnagyobb hangsúly ugyanakkor azokra az eljárásokra helyeződik, ahol nehézfémek és sók savas kivonása zajlik.

Az extrakcióra számos technikát javasolnak mind Európában, mind Japánban. A technikák többsége a nedves füstgázkezelési rendszerek első fokozatából származó savas oldatot használja fel.

2.7.3.4. Füstgázkezelés szilárd maradékainak kémiai stabilizációja

A kémiai stabilizáció alapgondolata a nehézfémeknek az eredeti maradékokban megjelenő formájukhoz képest kevésbé oldékony struktúrába vitele. A stabilizáció alapja egyrészt az új ásványi anyagok kialakulásával járó kicsapódás, másrészt a fémek szorpciós megkötése ásványi anyagokon. A folyamat során a maradékokban található nehézfémeket oldatba viszik, majd valamilyen ásványi anyagban megkötve kicsapják, illetve ásványi anyagok felületén szorpcióval lekötik.

A stabilizációs módszerek közül több első lépésként egy vízfürdőt foglal magában, ahol az oldékony sók legnagyobb része és a fémek bizonyos százaléka kivonható a maradékokból, még az így el nem távolítható fémek kémiai megkötése előtt. Ezeket az eljárásokat a stabil termék víztelenítésével, és a szerves összetevők eltávolításával egészíthetjük ki.

2.7.3.5. Egyéb módszerek vagy gyakorlati megoldások a füstgázkezelés szilárd maradékainak kezelésére

A nedves füstgázkezelést végző hulladékégetőkben bevett gyakorlat a pernye és a füstgázmosókban használt folyadék kezelése nyomán keletkező iszap összekeverése, ennek terméke az ún. „Bamberg lepény”. A módszert több mint egy évtizede használják a maradékok minőségének javítására a lerakás előtt.

Egy másik lehetséges eljárás a pernye kapcsolatba hozása a füstgázmosó savas folyadékáramaival. A jelentések szerint ezzel a módszerrel a nehézfémek és szerves összetevők rendkívüli mértékben kioldódnak.

2.8. MONITORING ÉS SZABÁLYOZÁSI TECHNIKÁK

2.8.1. Az égés szabályozásának rendszerei

A hulladékégetéssel szembeni legnagyobb kihívásokat a hulladék gyakran igen változatos összetétele támasztja, ahol egyes különbségek jelentős hatást gyakorolhatnak az égési folyamatokra. A nagyfokú különbségek miatt az égetési eljárásokat úgy fejlesztették ki, hogy képesek legyenek alkalmazkodni az üzemeltetési körülmények jelentős változásaihoz. Kedvezőtlen körülmények esetében azonban így is szükség lehet az üzemeltető közbeavatkozására.

A kifinomult szabályozási rendszerek bevezetése éppen ezért fontos fejlesztési lépés. Az ilyen rendszerek használatának eredményeként az égési folyamatok időben és térben kevésbé változékonyak (javuló stabilitás illetve homogénebb folyamat). A javuló folyamatszabályozásnak számos lehetséges előnye van (az üzemeltetési jellemzők javulásának magyarázatát a zárójelken belül adjuk meg):

- jobb salak minőség (oka: a primer égéslevegő hatékony elosztása és az égési folyamat megfelelő pozicionálása a rostélyon)
- kevesebb termelődő pernye (oka: primer égéslevegő egyenletesebb bejuttatása)
- javuló pernyeminőség (oka: kevesebb elégetetlen anyag, a kemencében uralkodó stabilabb viszonyok miatt)
- kevesebb termelődő CO és C_xH_y (oka: a kemencében uralkodó stabilabb viszonyok, „hideg pontok” kialakulásának megakadályozása)
- kevesebb termelődő NO_x (oka: a kemencében uralkodó stabilabb viszonyok, „forró pontok” kialakulásának megakadályozása)
- kapacitás jobb kihasználása (oka: a változó körülmények nyomán fellépő termikus kapacitás-veszteség csökkenthető)
- javuló energiahatékonyság (oka: az átlagosan szükséges égéslevegő mennyisége csökken)
- kazán javuló üzemelése (oka: stabilabb hőmérséklet, ritkábban fordulnak elő „csúshőmérsékletek”, így csökken a korrózió és a hamu okozta eltömődés veszélye)
- füstgázkezelési rendszerek javuló üzemelése (oka: füstgáz minősége és mennyisége állandóbb)
- a fentiekben bemutatott pozitív hatások eredményeképp kevesebb karbantartásra van szükség és javul az üzem kihasználhatósága

Az égési folyamatok szabályozásához részletes információkkal kell rendelkezünk magáról a folyamatról. Szabályozási rendszert („filozófiát”) kell kialakítanunk és lehetőséget kell biztosítanunk arra, hogy szükség esetén beavatkozhatunk a folyamatba. Az átfogó szabályozási rendszer tervezése függ az égetőrostély és a kemence felhasználók szerinti egyedi kialakításától. Emiatt jelen fejezet csak áttekintést ad a potenciálisan szükséges információkról, a szabályozási filozófia rendszereiről és a beavatkozási lehetőségekről.

A folyamatra vonatkozó információk magukban foglalhatják:

- rostélyhőmérsékletek különböző pontokon
- hulladék réteg vastagsága a rostélyon
- nyomásesés a rostélyon
- kemence- és füstgáz-hőmérsékletek különböző pontokon

- hőmérséklet-eloszlás meghatározása a rostélyon optikai és infravörös mérőrendszerekkel
- CO, O₂, CO₂ és/vagy H₂O mérések (különböző pontokon)
- gőztermelés

A szabályozás, kialakítása szerint, lehet klasszikus szabályozási rendszer, amely az üzemelést ellenőrző számítógép része. Ezenkívül fuzzy kontroll rendszerek is használhatók.

A szabályozást szolgáló beavatkozásokat az alábbi pontokon végezhetünk:

- hulladék beadagolás
- rostélymozgások gyakorisága és sebessége a rostély különböző pontjain
- primer levegő mennyisége és eloszlása a rostély különböző részein
- primer levegő hőmérséklete (amennyiben lehetőség van előmelegítésre)
- szekunder levegő mennyisége és eloszlása a kemencében (illetve, ha rendelkezésre áll, a recirkulált füstgáz mennyisége és eloszlása)

2.8.2. Kibocsátások monitoring lehetőségeinek áttekintése

A kibocsátások nyomonkövetésére vonatkozó általános információkat a „Referencia-dokumentum a monitoring általános alapelveiről” tartalmazza.

A hulladékégetésre jelenleg érvényes EU irányelv (2000/76/EK) előírásokat tartalmaz a kibocsátások mérésére vonatkozóan.

Az irányelv az alábbi anyagok folyamatos mérését írja elő:

- por
- HCl
- SO₂
- CO
- C_xH_y
- NO_x (ha a kibocsátási szabványok alkalmazhatóak)
- HF (kivéve, ha az eljárás biztosítja a HCl megfelelő eltávolítását)

A HCl, HF és a SO₂ esetében a folyamatos mérés nem kötelező, amennyiben az eljárást úgy alakították ki, hogy a kibocsátási határértékek meghaladása nem lehetséges (A 2000/76/EK irányelv 11(6) pontja).

A fentiekén kívül az alábbi paraméterek folyamatos mérése szükséges:

- kemence-hőmérséklet
- O₂
- nyomás
- kimenő füstgáz hőmérséklete
- vízpára tartalom (amennyiben a szárított füstgázban nem végeznek kibocsátás-méréseket)

Egyéb kibocsátott anyagok, melyek esetében kötelező a rendszeres mérés (évente minimum 2-4 alkalommal):

- nehézfémek
- PCDD/F

A higany és a dioxinok mérési technikái aránylag bonyolultak és drágák.

A higany mérése komplikáltabb, mint más nehézfémeké, mert a kibocsátott higany nagy része gáz állapotban van. Egyes műszerek csak az elemi higanyt mérik, míg mások az összes higanytartalom mérésére is képesek (pl. ionos és elemi higany). Az utóbbi évtizedben a higanymérő műszerek egyre kifinomultabbakká váltak. A régebbi mérések gyakran megbízhatatlannak bizonyultak, mert nem vették figyelembe a gáz halmazállapotban történő higanykibocsátásokat. A higany folyamatos mérése bizonyos keretek közt megbízható módszernek tekinthető, egyes országok jogszabályai elő is írják azt (pl. Németországban és Ausztriában).

Bár dioxinok esetében jelenleg nincs lehetőség folyamatos mérésre, egy folyamatos mintavételi rendszer viszont rendelkezésünkre áll. A rendszer Ausztria és Belgium néhány hulladékégetőjében már működik, és hat hónapja egy veszélyes hulladék égetését végző holland üzemben is bevezették a használatát. A minták szükség vagy igény szerinti gyakorisággal elemezhetők.

Egyes esetekben a kibocsátások tulajdonképpeni kihatása is felmérhető, mégpedig bio-monitoring segítségével (pl. zuzmók megfigyelése). Bár a kihatások és az egyes források közti kapcsolat megteremtése nehézségekbe ütközhet, az ilyen monitoring hasznosnak bizonyulhat az olyan kombinált kihatások értékelése során, ahol több forrást kell figyelembe venni.

2.8.3. Tapasztalatok a dioxin kibocsátások folyamatos megfigyelésével kapcsolatban

Az EN1948 szabvány szerint a hulladékégetők dioxin kibocsátását 6-8 órán keresztül mintázzák. A vizsgálatot évente általában egyszer vagy kétszer végzik el, bár néha sokkal gyakoribb mintavételezés is előfordul.

A folyamatos mintavétel hasznosnak bizonyult azokban az esetekben, mikor a kedvezőtlen körülmények mellett történő üzemelésből származó dioxin-kibocsátásokat kívánták felmérni. A technika az üzemelési körülmények teljes skálája mellett jellemző alacsony PCDD/F kibocsátások bizonyítására is felhasználható. Az eredmények felhasználhatók a fejlesztések irányának kijelölésében, a monitoring követelmények felülvizsgálata során, vagy egyéb változtatások esetében.

A folyamatos mintavétel költségei (Indaver)

Befektetés:	110 000-140 000 EUR
Rendszer tesztelés	4 900 EUR (becsült érték)
Elemzés (évi 26 minta)	100 000 EUR/év
Szállító által végzett karbantartás (megelőző jelleggel)	2 500 EUR/év

2.8.4. Tapasztalatok a higanykibocsátások folyamatos megfigyelésével kapcsolatban

A higany és higanyvegyületek kibocsátásának folyamatos mérése és nyilvántartása a hulladékégetők számára Németországban 1999. óta kötelező, kivéve azokat a létesítményeket, ahol megbízhatóan bizonyítható, hogy a higany szint nem éri el a meghatározott határérték 20%-át.

A jelentések szerint 1992 óta egy veszélyes hulladék-égetőben is folyamatos monitoringot végeznek, folyamatos mintavétel és laboratóriumban végzett redukciós eljárás és hideggőz-atomabszorpciós spektrometria segítségével.

A szabvány referencia módszer a kalibrálás során végzett összehasonlító mérések esetében az EN 13211 szerint a kálium-permanganát módszer. Meg kell jegyeznünk, hogy ez a módszer alkalmas a teljes (vagyis fémes/elemi és ionos) higanytartalom meghatározására, míg néhány más higanykimutatási módszer csak a fémes higanyt jelzi.

A teszt során a készüléket tesztgázokkal kalibrálják. A tesztgázokat közvetlenül a felhasználás előtt kell előállítani (pl. higany reagens felett beállítani a gázfázisban kívánatos gáznyomást). A tesztgáz használata során szükségessé válhat a mérőműszer ciklusidejének figyelembe vétele. Ugyanígy az összehasonlító vizsgálatok során az egyes mintavételek közt eltelt időt a mérőműszer dúsítási fázisához kell igazítani.

A higany kibocsátások mérésére a tesztek alapján alkalmasnak ítélt, folyamatos működésű mérőműszereket a következő táblázat sorolja fel:

Hg kibocsátás mérésére alkalmas műszer	Gyártó/Forgalmazó	GMBI bejelentés		
Típus		Év	No.	Oldal
OPSIS AR 602 Z	OPSIS AB	1994	289	869
		1996	42	882
HG MAT II	Seefelder Messtechnik	1995	7	101
HGMAT 2.1	Seefelder Messtechnik	1998	20	418
HM 1400	VEREWA	1996	28	592
HG 2000	SEMTECH AB	1996	28	592
MERCEM	Bodenseewerk Perkin-Elmer	1996	28	592
SM 3 Quecksilbermonitor	Mercury Instrument und IMT Innovative Messtechnik	1999	33	720
Hg 2010	SEMTECH AB	2000	60	1193
Hg-CEM	Seefelder Messtechnik	2000	60	1193
HM 1400 TR	VEREWA	2001	19	386
MERCEM	SICK UPA	2001	19	38

2.8.1 táblázat: Higanykibocsátások mérésére tesztelt folyamatos működésű mérőműszerek

A higany folyamatos mérésének becsült költségei:

Befektetés:	30 000 EUR
Rendszer tesztelés	5 000 EUR

2.5.8. Biztonsági berendezések és intézkedések áttekintése

A következő szakaszok során “biztonság” alatt a balesetek, és a balesetek nyomán keletkező szennyezőanyag-kibocsátások megelőzését értjük.

A hulladékégető üzemek tervezése, kivitelezése és üzemelése során fontos figyelembe venni az üzembiztonsági szempontokat. A magas szintű üzembiztonság és üzemeltetési biztonság

biztosítása érdekében a létesítmény biztonsági szempontból figyelmet érdemlő részein védőrendszereket szükséges felszerelni. Ezeknek a rendszereknek a célja az üzem környezetére potenciálisan negatív khatással járó üzemzavarok és balesetek megakadályozása, amennyiben ez lehetséges, illetve az üzemzavarok és balesetek ilyen hatásainak mérséklése.

A hulladékégető üzemek biztonsági szempontból figyelmet érdemlő zónái (a lehetséges veszélyforrások) ezért ott található meg, ahol bizonyos anyagok biztonsági kockázatot képviselő mennyiségben vannak jelen, illetve termelődhetnek.

Ilyen zónák lehetnek:

- a hulladék-bunker és egyéb olyan területek, ahol potenciálisan veszélyes hulladékot tárolnak
- az égés és a füstgáztisztítás helyszínei
- a szükséges kiegészítő anyagok (ammónia, aktív szén stb.) tárolására szolgáló létesítmények

A kockázatok kezelésére létrehozott biztonsági rendszerek az alábbiakat foglalják magukba:

- a szennyező anyagok kikerülését ellenőrző rendszerek, mint pl. a használt tűzoltóvizet tároló rendszerek, vagy a vízre veszélyes anyagokat tartalmazó tartályok kármentői
- tűzvédelmi rendszerek és eszközök (tűzfalak, tűzérezelők, tűzoltó rendszerek)
- robbanásvédelem rendszerei és eszközei (nyomáscsökkentő szelep, megkerülő ágak (bypass), gyulladást okozó tényezők kiküszöbölése, inert gáz rendszerek, földelési rendszerek stb.)
- szabotázs elleni védelmi rendszerek (pl. épület biztonsági berendezései, beléptetést szabályozó és megfigyelésre vonatkozó intézkedések)
- villámvédelem
- tűzvédelmi elválasztó elemek a transzformátorok és a kármentők elválasztására
- tűzérezelő és tűzvédelmi eszközök az alacsony feszültségű áramelosztó paneleknél
- szennyeződés-érezelők (pl. ammónia, gáz stb.) a megfelelő tárolási és elosztó zónákban stb.

Üzembiztonságot szolgáló egyéb kialakítások az üzemen belül:

- gépek és berendezések olyan kialakítása, amely biztosítja az energiaellátást (input) és leadást (output) (pl. vészgenerátor)
- a veszélyes anyagok vagy ezek keverékeinek kibocsátását, leválasztását vagy tárolását biztosító eszközök, pl. tárolótartályok, vészleengedő és vészkiürítő rendszerek
- figyelmeztető, riasztó és biztonsági rendszerek, melyek vagy a normális működésben beálló zavarok esetén lépnek működésbe, vagy megakadályozzák az üzemzavarokat, vagy visszaállítják a normális állapotokat. Ezek a rendszerek az üzem teljes műszerezettségét és összes szabályozási rendszerét magukban foglalják, különös tekintettel azokra a műszerekre és szabályozási rendszerekre, melyek a különböző üzemeltetési paraméterekhez kapcsolódva egyrészt alapvető fontosságúak a normális üzemelés biztosításában, másrészt zavar esetén az érintett üzemrészeket biztonságba helyezik és a kezelőszemélyzetet időben tájékoztatják a problémáról.

A biztonsági rendszerek reagálása az üzemzavarokra vagy balesetekre a szennyező anyagok kibocsátásának ideiglenes megnövekedését okozhatja. Minden biztonsági intézkedés esetében fontos cél ezen átmeneti időszak hosszának minimálisra csökkentése és az üzem biztonságának helyreállítása.

3. ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK

Általános bevezető az elérhető legjobb technikák fejezetéhez

Jelen fejezet és tartalmának megértéséhez vissza kell irányítsuk az olvasó figyelmét az eredeti BREF dokumentum előszavához, különösképpen az előszó 5. bekezdéséhez: „Hogyan kell érteni és használni ezt a dokumentumot?”. Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat, és a hozzájuk rendelt kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szinteket vagy tartományokat mindig ugyanabban a szerkezetben, mégpedig a következő lépésekben értékeltük:

- a hulladékégetés kulcsfontosságú környezeti hatásainak azonosítása
- azon technikák vizsgálata, amelyek a legalkalmasabbak a kulcsfontosságú környezeti hatások kezelésére
- a legjobb környezeti teljesítmény szintjeinek azonosítása, az Európai Unióban és világszerte fellelhető adatok alapján
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítmény-szinteket elérték, mint pl. költségek, környezeti elemek közötti kölcsönhatások, és a technikák bevezetésének fő hajtóerői
- az elérhető legjobb technikák (BAT) és a hozzájuk rendelt kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szintek kiválasztása, az ágazatra általános értelemben, az Irányelv 2 (11) cikke és 4. számú mellékletének megfelelően.

Az Európai IPPC Iroda és a releváns Műszaki Munkacsoport (TWG) szakértői megítélése kulcsfontosságú szerepet játszott mindezen lépésekben, és abban, ahogyan ezt az információt itt most bemutatjuk.

Ebben a fejezetben az értékelés alapján olyan technikákat, és ahol erre lehetőség van, a BAT alkalmazásával elérhető kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szinteket mutatunk be, amelyek az egész ágazat számára megfelelőek, és számos esetben az ágazat valamely létesítményének jelenlegi teljesítményét tükrözik. Ahol „az elérhető legjobb technika alkalmazásával elérhető” kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szinteket mutatunk be, azokat úgy kell érteni, hogy azok a szintek képviselik azt a környezeti teljesítményt, ami ebben az ágazatban az adott technika alkalmazásától elvárható, a BAT meghatározásában benne foglalt költségek és előnyök egyensúlyára tekintettel. Azonban ezek nem kibocsátási vagy fogyasztási határértékek és nem is érthetők akképpen. Néhány esetben műszakilag nincs akadálya a jobb kibocsátási vagy felhasználási szintek elérésének, azonban költségekhez kapcsolódó, vagy környezeti elemek közötti kölcsönhatások miatti megfontolásból ezek nem tekintendők megfelelőnek BAT-ként az ágazat egésze számára. Mindamellet, ezek a szintek indokoltnak tekinthetők sajátos esetekben, speciális körülmények fennállása esetén.

Az elérhető legjobb technika alkalmazásával elérhető kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szinteket a meghatározott referencia feltételekkel együtt kell figyelembe venni (pl. átlagolási időszak).

A fent leírt, „BAT alkalmazásával elérhető szintek” fogalmát meg kell különböztetni a dokumentumban máshol előforduló, „elérhető szinttől”. Amikor egy szint „elérhető” egy bizonyos technikával vagy technikák kombinációjával, az úgy értendő, hogy a szint egy jó karban tartott és jól működő létesítményben vagy folyamatban várhatóan jelentős időtartamon keresztül elérhető, habár azok a sajátos körülmények (pl. műszaki feltételek, költségek,

környezeti elemek közötti kölcsönhatások), amelyek az elért szintet előidézték, azt jelenthetik, hogy ezek a szintek általában nem számítanak BAT-nak.

Az előző fejezetekben bemutatott technikák leírásánál költségekre vonatkozó adatokat is megadtunk, ahol azok rendelkezésre álltak. Ezek az adatok hozzávetőlegesen jelzik a vonatkozó költségek nagyságrendjét. Egy technika alkalmazásának aktuális költsége azonban erősen az adott helyzettől függ, pl. adók, díjak, és a szóban forgó létesítmény műszaki feltételei. Az ilyen helyszín-specifikus tényezőket nem lehetséges teljes körűen mérlegelni ebben a dokumentumban. Költségadatok hiányában, a technika gazdasági megvalósíthatóságára vonatkozó következtetéseket meglévő létesítményekre vonatkozó megfigyelésekből vontuk le.

Az ebben a fejezetben bemutatott általános BAT referenciaként szolgál a meglévő létesítmények jelenlegi környezeti teljesítményének, vagy az új létesítményekre vonatkozó indítvány megítéléséhez. Ily módon segít a létesítményre vonatkozó, megfelelő, „BAT-alapú” feltételek megállapításában, vagy a 9. cikk (8) bekezdés szerinti általánosan kötelező szabályok megalkotásában. Az új létesítményeket várhatóan úgy lehet tervezni, hogy az itt bemutatott általános BAT szintjén vagy még attól is jobban teljesítsenek, a meglévő létesítmények pedig el tudnak mozdulni az általános BAT szintek vagy jobb felé, minden esetben a technikák műszaki és gazdasági alkalmazhatóságától függően.

Bár a BAT Referencia-dokumentumok nem határoznak meg jogilag kötelező előírásokat, útmutatóul szolgálnak az ipar, a tagállamok és a nyilvánosság számára egy adott technika használatához kötődő elérhető kibocsátási és felhasználási szintekről. Az egyedi esetekre megfelelő kibocsátási határértékeket az IPPC Irányelv célkitűzéseinek és a helyi körülményeknek a figyelembe vételével kell meghatározni.

Speciálisan a Hulladékégetés BREF-re vonatkozó bevezető információk

A kibocsátási határértékek és a BAT teljesítmény közötti összefüggés

Számos európai égetőműre speciális szabályok vonatkoznak levegőbe történő kibocsátásaik vonatkozásában — néhány esetben már sok éve. A szabályozás része bizonyos anyagok levegőbe történő kibocsátására kibocsátási határértékek (ELV) alkalmazása. A legutóbb kiadott európai jogszabály a 2000/76/EK irányelv. Ez egy sor üzemeltetési feltételt és határértéket tartalmaz, melyek alkalmazhatók a legtöbb olyan esetre, amikor ipari létesítményekben hulladékot égetnek.

Az ebben a fejezetben közölt, a BAT alkalmazásával elérhető kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szintek értelmezésekor elengedhetetlen, hogy az olvasó tisztában legyen az alábbiakkal:

- a BAT alkalmazásához társított kibocsátási és teljesítmény-szintek nem azonosak a kibocsátási határértékekkel
- az EU 25 tagországában, ahol ez nemzeti vagy helyi hatáskör, a kibocsátási határértékeket különböző módokon állapítják meg és tartatják be
- az itt megadott kibocsátási és teljesítmény-szintek olyan üzemelési teljesítmények, amelyek a BAT alkalmazásától szokásosan elvárhatók
- fontos megjegyezni, hogy egy konkrét létesítményben a kibocsátási szintnek az itt közölt BAT tartományban történő csökkentése a költségek és a környezeti elemek közötti kölcsönhatások szempontjából nem feltétlenül jelenti az általánosságban

elérhető legjobb megoldást. A költségek és a kölcsönhatások között ráadásul ellentét is fennállhat: az egyik csökkentése a másik emelkedéséhez vezethet. Ezek miatt nem várható el, hogy egy létesítmény minden paraméterét illetően a BAT legalacsonyabb értékén üzemeljen.

A különböző, égetésre vonatkozó jogszabályokban található kibocsátási határértékeket az égetőművek beszállítói számára a berendezések beszerzésére vonatkozó szerződésekben minimum teljesítmény garancia-szintekként használják, amelyeket a legkedvezőtlenebb körülmények között el kell érniük. Emiatt megtörténhet, hogy néhány égető az aktuális üzemelés során jóval a kibocsátási határérték alatti kibocsátásokkal üzemel. Ezért fontos helyesen megítélni a különbséget az ebben a fejezetben BAT-ként megadott üzemelési teljesítmény-szint és az ezt a teljesítmény-szintet lehetővé tevő magasabb kibocsátási határértékek között.

Egy elméleti példa: ha a sósavra vonatkozó kibocsátási határérték 10 mg/m^3 , egy adott technológia beszállítója a berendezések beszerzésére vonatkozó szerződés részeként garantálhatja a teljesítményt a $7\text{--}8 \text{ mg/m}^3$ tartományban. Egy ilyen helyzetben az üzem jellemzően $1\text{--}5 \text{ mg/m}^3$ -en üzemel, néhány ezt meghaladó átmeneti változással.

Egy valós példa kibocsátási határértékekre és egy közölt por-kibocsátási eredményre egy tagállami települési szilárd hulladék-égetőműből (2001. évi adat):

• az engedélyben előírt kibocsátási határérték	15 mg/m^3 (félórás átlag)
• a ténylegesen mért értékek tartománya	$0\text{--}12,6 \text{ mg/m}^3$ (félórás átlag)
• havi középértékek (valamennyi félórás átlagból számolva)	$0,4\text{--}1,8 \text{ mg/m}^3$
• éves középértékek (valamennyi félórás átlagból számolva)	$0,8 \text{ mg/m}^3$

Látható, hogy az átlagos kibocsátási értékek közelebb vannak a mért tartomány alacsonyabb értékeihez és messze az ebben a példában megszabott kibocsátási határérték alatt maradnak. Azonban azt meg kell jegyezni, hogy nem feltételezhetjük automatikusan, hogy a kibocsátási határérték és a valójában mért értékek között hasonló összefüggés áll fenn más esetekben vagy más iparágakban.

Néhány anyag és technológia esetében a kibocsátási határérték csökkentése nehézségeket okozhat az alacsonyabb kibocsátási szint garantálásában. Ez más kibocsátás-csökkentési technika választásához vezethet, és a létesítmény teljes konstrukciójának felülvizsgálatát igényelheti.

A csak a levegőbe történő kibocsátások csökkentése önmagában, a létesítmény átfogó integrált teljesítményének figyelembe vétele nélkül, míg egyrészt javíthatja a teljesítményt, másrészt az átfogó teljesítmény romlását okozhatja és/vagy jelentős költségekkel járhat. Ezen ágazat vonatkozásában ezt az állítást általánosságban alátámasztják európai, egészségre gyakorolt hatást vizsgáló tanulmányok — amelyek, általánosan elfogadott bizonyítékokra és modern kibocsátási teljesítményre alapozva azt sugallják, hogy az égetőművek levegőbe történő kibocsátásainak helyi hatása elhanyagolható vagy nem kimutatható.

Az ebben a fejezetben közölt, BAT alkalmazásával elérhető kibocsátási és teljesítményszinteket a vonatkozó referencia feltételekkel együtt adjuk meg, ahol ez értelmezhető, pl.

releváns monitoring és mintavételi gyakoriság. A levegőbe történő kibocsátások esetében a megadott kibocsátási koncentrációk a következő körülményekre szabványosítottak: 11% oxigén, száraz gáz, 273 K és 101,3 kPa.

Az ebben a fejezetben a hulladékégetésre felsorolt BAT-ok kombinációja

A hulladékégetésre itt leírt BAT értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy egy adott égető létesítmény egészére az optimális megoldás a helyi körülményektől függően változik. A legjobb helyi megoldás ellenőrző listája nem egyezik meg az itt felsorolt BAT-tal, mivel ez a helyi körülmények olyan mértékű figyelembe vételét kívánná meg, ami egy BAT-tal általános értelemben foglalkozó dokumentumtól nem várható el. Ennélfogva, az itt általánosságban BAT-ként leírt egyes elemek egyszerű kombinációja a helyi körülmények figyelembe vétele nélkül nem valószínű, hogy a környezet egésze szempontjából az optimális helyi megoldást adja.

A BAT és a hulladékégetők telepítési helyének megválasztása közötti összefüggés

Jelen dokumentum önmagában nem foglalkozik a hulladék-égetőművek megfelelő telepítési helyének kiválasztására vonatkozó kritériumokkal, viszont nem szabad elfelejtenünk, hogy egyes BAT követelmények teljesítéséhez speciális telephelyi feltételek szükségesek. Mindazonáltal magának a telepítési helynek a megválasztása sok más fontos tényező figyelembe vételét igényli, pl. telephely hozzáférhetősége, hulladékszállítás a létesítménybe stb.

Adott helyi körülmények között például lehetséges, hogy csak a következők valamelyikét lehet megépíteni:

- a) nagyon magas energia-hasznosítási hatásokkal rendelkező létesítményt, egy olyan helyen, ahol a hulladék szállítási távolságok nagyok, vagy
- b) csökkentett energia-hasznosítási hatásokkal rendelkező létesítményt, ami csökkenti a hulladékszállítást.

Az ilyen előnyöket és hátrányokat rendszerint együtt veszik figyelembe a telepítési hely kiválasztásakor ez azonban azt eredményezheti, hogy az itt felsorolt BAT-ok némelyike létesítmény-szinten a telepítés helye miatt egyszerűen elérhetetlen.

Az ebben a fejezetben leírt BAT alkalmazásának értelmezése

Ez a BREF különféle hulladéktípusokkal foglalkozik (pl. veszélyes hulladék, települési szilárd hulladék, iszap), amelyek a jellemzők igen széles skáláját sorakoztatják fel a *különböző típusok között, de még a típuson belül is, pl. szemcseméret, fűtőérték, nedvesség- és hamutartalom, a szennyező anyagok típusa és koncentrációja. Emiatt az ebben a fejezetben felsorolt BAT-ok vonatkozásában mindig ellenőrizni kell a kapcsolódó technikák alkalmazhatóságát az adott égetőműre. Az IPPC Irányelv 9 cikk (4) bekezdése figyelembe veszi ezt, amikor kimondja, hogy az engedély előírásainak a BAT-on kell alapulniuk, „*anélkül, hogy előírnák bármilyen meghatározott technika vagy technológia használatát, de figyelembe véve az érintett létesítmény műszaki jellemzőit, földrajzi elhelyezkedését és a helyi környezeti feltételeket.*”*

Az ebben a fejezetekben szereplő BAT-ok között található általános BAT (ld. 3.1 fejezet) és specifikus BAT bizonyos hulladék-típusokra (ld. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 és 3.6 fejezetek). Általános

BAT-ok azok, amelyek általánosan alkalmazhatók minden típusú hulladékégető létesítményre. A hulladéktípusok szerinti BAT-ok azok, amelyek általában BAT-nak tekinthetők olyan létesítményekre, amelyek főként vagy teljesen bizonyos hulladéktípusokat kezelnek (ún. célzott létesítmények). Olyan létesítményekben, amelyek többféle hulladékot fogadnak, a specifikus BAT-ok kombinációja jelenti a BAT-ot, habár azt jelen dokumentum nem értékeli, hogy mikor és milyen fokig kell alkalmazni őket, mert ehhez helyi szintű döntés szükséges.

Általános BAT egy bizonyos esetre	
Általános BAT, és	Hulladéktípus szerinti BAT
a 3.1 szerint	települési szilárd hulladék égetés – 3.2
	előkezelte vagy válogatott települési szilárd hulladék (beleértve a települési hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyagokat) – 3.3
	veszélyes hulladék égetés – 3.4
	szennyvíziszap égetés – 3.5
	kórházi hulladék égetés – 3.6

3.1.1 táblázat: Hogyan kell egy bizonyos esetre a leírt BAT-okat kombinálni

Mivel nem lehetséges mindenre kiterjedő információkat adni, valamint tekintettel az ágazat dinamikus fejlődésére és jelen dokumentum kimondottan a jelenlegi helyzetet tükröző jellegére, elképzelhető, hogy vannak további technikák, amelyek nem kerültek bemutatásra ebben a fejezetben, de megfelelnek az itt meghatározott BAT-követelményeknek, vagy túl is teljesítik azokat.

3.1 ÁLTALÁNOS BAT MINDEN HULLADÉKÉGETŐRE

Az ebben a fejezetben található általános BAT-ot a fejezetben a hulladékégetési ágazat egyes alágazataira felsorolt BAT-tal együtt kell figyelembe venni.

Általánosságban, minden hulladékégető létesítmény esetében az ebben a fejezetben (3.1) található általános BAT és a 3.2-3.6 alfejezetekben található hulladéktípus szerinti BAT kombinációja együtt képezi a megfelelő helyi technikák és feltételek meghatározási folyamatának kiindulási pontját. A gyakorlati cél így a létesítmény helyi körülményeinek optimalizálása, ezen BAT-útmutató és egyéb helyi tényezők figyelembe vételével.

Hulladékégetésnél a figyelembe veendő helyi tényezők —egyebek között— rendszerint a következők lehetnek:

- helyi környezeti hajtóerők, pl. a háttér környezetminőség befolyásolhatja az elvárt helyi teljesítményt a létesítmény kibocsátásai vagy bizonyos erőforrások hozzáférhetősége vonatkozásában
- a helyben keletkező hulladék(ok) sajátos természete és a hulladékgazdálkodási infrastruktúra hatása a létesítménybe érkező hulladék típusára és tulajdonságaira
- egy adott technika bevezetésének költségei, illetve a bevezetés műszaki megvalósíthatóságának viszonya a potenciális előnyökhöz — ennek különösen meglévő létesítmények teljesítményének megfontolásakor van jelentősége
- a létesítményben keletkezett maradékanyagok hasznosításának/ártalmatlanításának lehetőségei, a hasznosítás foka és a különböző lehetőségek költségei
- a hasznosított energia hozzáférhetősége és eladási ára

- helyi gazdasági/piaci/politikai tényezők, amelyek befolyásolhatják a magasabb hulladék-befogadási költség elfogadását, amely együtt járhat némely műszaki megoldás bevezetésével.
- helyi gazdasági/piaci/politikai tényezők, amelyek befolyásolhatják az egyes műszaki megoldások bevezetésének következményeként megemelkedő hulladékkezelési költségek elfogadhatóságát

A fentiek figyelembe vételével jelen fejezet további alfejezeteiben a hulladékaromok szerint felsorolt BAT-tal kombinálva, a BAT-tal általánosságban kompatibilis teljesítmény-szintek biztosítása érdekében, a hulladékégetésre általában BAT:

A fentiek figyelembe vételével, valamint a BAT-tal általánosságban kompatibilis teljesítmény-szintek biztosítása érdekében ennek a fejezetnek a további alfejezeteiben az egyes hulladéktípusokra felsorolt BAT-okat kombinálva, a hulladékégetésre vonatkozó általános BAT a következő:

1 Az égetésre kerülő hulladék tulajdonságainak megfelelő technológia és berendezés (konstrukció) kiválasztása.

Az átvett hulladéknak megfelelő eljárás kiválasztása

A hulladékégető üzemeltetője által meghozandó egyik legfontosabb döntés annak az égetési (vagy más termikus) eljárásnak a kiválasztása, amely műszakilag megfelel a folyamatba betáplálendő anyag tulajdonságainak. Ha a kiválasztás megtörtént, az üzemeltetési cél a beérkező hulladék olyan kezelése, amely lehetővé teszi, hogy a hulladék tulajdonságai abban a tartományban maradjanak, amire az eljárást tervezték (ld. 3.1 fejezet 4. BAT pontjában leírt technikákat).

A meglévő technológiákat általában úgy fejlesztették ki, hogy megfeleljenek adott hulladékaromok speciális hulladék-kezelési igényeinek. Egy adott hulladék-típusra kifejlesztett, más hulladékok kezelésére jellemzői folytán potenciálisan alkalmatlan technológia alkalmazása gyenge vagy megbízhatatlan teljesítményt eredményezhet. Némelyik égetőt „tömeges égetésre” (vagyis változó összetételű hulladék kezelésére), másokat kizárólag szűk specifikációjú válogatott hulladék kezelésére tervezték. A szükséges konstrukció attól a hulladéktól függ, amelyet az égető kezelni fog. A nem megfelelő hulladék nem megfelelő létesítményben történő kezelésére tett kísérlet jelentős üzemeltetési, biztonsági és környezeti következményekkel járhat.

A célként kitűzött teljesítményen (úgy mint a hulladék ártalmatlanítása, energianyerés, kibocsátási szintek) túl, a termikus kezelési technika kiválasztása során általában a következő műszaki követelményeket kell figyelembe venni:

- a hulladék kémiai összetétele és annak változásai
- a hulladék fizikai összetétele, pl. szemcseméret és annak változásai
- a hulladék termikus tulajdonságai, pl. fűtőérték, nedvességtartalom
- az eljárás szükséges kapacitása és hozzáférhetősége
- a salak és egyéb maradékanyag(ok) megkívánt minősége és összetétele
- a részleges oxidáció termékeinek, mint pl. a szintézisgáz vagy koks, hasznosítási lehetőségei
- kibocsátási szint-célok és a kiválasztott szennyezés-csökkentő rendszer

- az energiahasznosítás típusa (pl. hő, elektromos energia, kombinált (kapcsolt) hő- és villamosenergia-termelés).

Ezekon a műszaki követelményeken kívül még a következők is befolyásolhatják a végleges konstrukció kiválasztását:

- a műszaki kockázat mértéke
- üzemeltetési tapasztalat és a rendelkezésre álló szakmai ismeretek
- költségvetés.

A speciális hulladékok egy szűk tartományának (vagy nagymértékben előkezelt, és így homogénebb hulladék) kezelésére tervezett létesítmények szűkebb teljesítmény-szint tartományban üzemelnek, mint a változatosabb összetételű hulladékot fogadók. A homogénebb hulladék stabilabb folyamatot tesz lehetővé, egyenletesebb és jobban előre jelezhető füstgáz-összetétellel. Ahol a hulladék minősége jól kontrollálható, a füstgáztisztító rendszer kapacitás-tartománya bizonyos fokig szűkíthető, a füstgáztisztító névleges kapacitását meghaladó mennyiségű tisztítatlan füstgáz-koncentrációk kialakulásának kockázata nélkül.

A gyakorlatban sok hulladékégetőnek csak korlátozott mértékben van befolyása az általuk fogadott hulladék pontos összetételére. Emiatt az ilyen hulladékot fogadó üzemeltetőknek úgy kell megtervezniük a folyamatot, hogy elég rugalmas legyen ahhoz, hogy megbirkózzon a folyamatba betáplálható hulladék-inputok széles tartományával.

Az égetési technológia kiválasztása

Olyan égetési (vagy más termikus kezelési) eljárás kiválasztása szükséges, amely műszakilag megfelel a folyamatba betáplálendő anyag tulajdonságainak. Egy adott hulladék-típusra kifejlesztett, más hulladékok kezelésére jellemzői folytán potenciálisan alkalmatlan technológia alkalmazása gyenge vagy megbízhatatlan teljesítményt eredményezhet, ld. az előző alpont megjegyzéseit az átvételre kerülő hulladék tulajdonságainak megfelelő technológia kiválasztásának szükségességéről.

Az alábbi 3.1.2, 3.1.3 és 3.1.4 táblázatok együtt az alkalmazott fontosabb égetési és termikus kezelési technológiákat, valamint az alkalmazhatóságukat és üzemelési megfelelőségüket befolyásoló tényezőket hasonlítják össze. Fontos megjegyezni, hogy bár az ágazat alkalmazza a felsorolt technológiákat, ezek bemutatásának részletessége változik, ahogyan azok a hulladékok is változnak, amelyekre sikeresen alkalmazták őket:

Technika	Kulcsfontosságú hulladék-tulajdonságok és megfelelés	Áteresztő-képesség/vonal	Üzemeltetési/környezeti információ		Salak minőség	Füstgáz mennyiség	Költség információ
			Előnyök	Hátrányok/ a használat korlátozásai			
Mozgó rostély – léghűtéssel	• alacsony-közepes fűtőérték (alsó fűtőérték 5-16,5 GJ/t) • települési és egyéb homogén szilárd hulladék • képes a települési hulladékkal együtt egy bizonyos arányban szennyvíziszapot és/vagy kórházi hulladékot fogadni • a legtöbb modern TSZH kezelő létesítményben használják	1-50 t/ó jellemzően 5-30 t/ó. A legtöbb ipari alkalmazás nem megy 2,5 vagy 3 t/ó alá.	• nagy méretekben nagyon széles körben bizonyított • robusztus – alacsony karbantartási költségek • hosszú üzemeltetési múlt • képes a heterogén hulladékok speciális előkészítés nélküli fogadására	• általában nem alkalmas porok, folyadékok vagy olyan anyagok égetésére, amelyek átolvadnak a rostélyon	• TOC 0,5-3%	4 000-7 000 Nm ³ /t bemenő hulladék. Az alsó fűtőértéktől függ. Jellemzően 5 200 Nm ³ /t.	A magas kapacitás csökkenti a hulladék tömegére vonatkoztatott fajlagos költségeket.
Mozgó rostély – folyadék hűtéssel	Ugyanaz, mint a léghűtéses rostélynál, kivéve: • alsó fűtőérték 10-20 GJ/t	1-50 t/ó jellemzően 5-30 t/ó. A legtöbb ipari alkalmazás nem megy 2,5 vagy 3 t/ó alá.	Mint a léghűtéses rostély, de: • magasabb fűtőértékű hulladék kezelhető • az égetési folyamat jobb szabályozása lehetséges	Mint a léghűtéses rostély, de: • a rostélyt roncsoló elfolyások kockázata • komplexebb	• TOC 0,5-3%	4 000-7 000 Nm ³ /t bemenő hulladék. Az alsó fűtőértéktől függ. Jellemzően 5 200 Nm ³ /t.	A léghűtéses rendszerhez képest kissé magasabb beruházási költségek.
Rostély plusz forgódobos kemence	Ugyanaz, mint más rostélyoknál, kivéve: • képes nagyon heterogén hulladékok kezelésére és még így is hatékony kiegészítést ér el • nem alkalmazzák széles körben	1-10 t/ó	• lehetséges a salak jobb kiegészítése	• alacsonyabb áteresztőképesség, mint csak rostély esetén • a forgódobos kemence karbantartása	• TOC 0,5-3%	4 000-7 000 Nm ³ /t bemenő hulladék. Az alsó fűtőértéktől függ. Jellemzően 5 200 Nm ³ /t.	Magasabb beruházási költség és árbevétel
Statikus rostély salak/hulladék-szállító mechanizmussal	• a települési hulladékot válogatni, vagy egy bizonyos mértékig aprítani kell • porok stb. esetén kevesebb probléma, mint a mozgó rostélyoknál	Általában alacsony, <1 t/ó	• kevesebb karbantartás – nincsenek mozgó részek	• csak válogatott/ előkezelt hulladékhoz • alacsonyabb áteresztőképesség • némelyik statikus rostély támasztó tüzelést igényel	• <3% előkészített hulladékkal	Kicsit alacsonyabb, mint más rostélyoknál, ahol szakaszos tüzelést alkalmaznak (támasztó tüzeléssel magasabb)	Kis méretekben (<100 Kt/év) versenyképes a mozgó rostélyokkal.

3.1.2 táblázat: Égetési és termikus kezelési eljárások, valamint az alkalmazhatóságukat és üzemelési megfelelőségüket befolyásoló tényezők összehasonlítása (1/3 táblázat)

Technika	Kulcsfontosságú hulladék-tulajdonságok és megfelelés	Áteresztő-képesség/vonal	Üzemeltetési/környezeti információ		Salak minőség	Füstgáz mennyiség	Költség információ
			Előnyök	Hátrányok/a használat korlátozásai			
Forgódobos kemence	- folyadékok és pasztaszerű hulladékok fogadására is alkalmas - a bevihető szilárd hulladékok köre korlátozottabb, mint a rostélynál (a tűzálló falazat károsodása miatt) - gyakran alkalmazzák veszélyes hulladéokra	<10 t/ó	- igen jól bizonyított - hulladékok széles köre - jó kiegészítés – még veszélyes hulladék esetén is	Áteresztőképesség alacsonyabb, mint a rostélyé	TOC <3%	6-10 000 m³/t bemenő hulladék	Magasabb fajlagos költség a kisebb kapacitás miatt
Forgódobos kemence (hűtőköpeny)	Mint a forgódobos, de: magasabb fűtőértékű hulladékok kezelése is lehetséges, a magasabb hőmérséklet-toleranciának köszönhetően	<10 t/ó	- igen jól bizonyított - magasabb égetési hőmérséklet (ha szükséges) - a tűzálló falazat hosszabb életű, mint a nem hűtött kemencénél	áteresztőképesség alacsonyabb, mint a rostélyé	jó kimosódási tulajdonságú üvegesített salak	6-10 000 m³/t hulladék bemenet	Magasabb fajlagos költség a kisebb kapacitás miatt
Nyugvó (buborékos) fluidágy	- csak finom eloszlású, konzisztens hulladék. Előkezelés nélküli TSZH-hoz korlátozottan alkalmas - gyakran alkalmazzák iszapok esetében	1-10 t/ó	- jó keveredés - jó kimosódási tulajdonságú pernye	- gondos üzemeltetés szükséges az ágy eltömődésének megakadályozására - több pernye	TOC <3%	Relatív alacsonyabb, mint a rostélynál	A füstgáztisztítás költségei alacsonyabbak lehetnek. Hulladék előkészítés költségei
Forgó fluidágy	- széles fűtőérték-tartomány (7-18 MJ/kg) - képes kezelni durván aprított TSZH-t - kombinált iszapégetés	3-22 t/ó	- jó keveredés/magas turbulencia - széles alsó fűtőérték-tartomány - jó kiegészítés, száraz salak	- a TSZH aprítása szükséges - több pernye, mint a rostélynál	TOC <3% gyakran 0,5-1%	4 000-6 000 Nm³/t	
Cirkulációs fluidágy	- csak finom eloszlású, konzisztens hulladék. Előkezelés nélküli TSZH-hoz korlátozottan alkalmas - gyakran alkalmazzák iszapok/hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag esetében	3-22 t/ó	- jó keveredés - nagyobb tüzelőanyag-rugalmasság, mint a nyugvó (buborékos) fluidágnál - jó kimosódási tulajdonságú pernye	- ciklon szükséges az ágy anyagának megőrzéséhez - több pernye	TOC <3%	Relatív alacsonyabb, mint a rostélynál	A füstgáztisztítás költségei alacsonyabbak lehetnek. Hulladék előkészítés költségei

3.1.3 táblázat: Égetési és termikus kezelési eljárások, valamint az alkalmazhatóságukat és üzemelési megfelelésüket befolyásoló tényezők összehasonlítása (2/3 táblázat)

Technika	Kulcsfontosságú hulladék-tulajdonságok és megfelelés	Átvezető-képesség/vonal	Üzemeltetési/környezeti információ		Salak minőség	Füstgáz mennyiség	Költség információ
			Előnyök	Hátrányok/a használat korlátozásai			
Rázótálcás kemence	- TSZH - heterogén hulladék	1-10 t/ó	- robosztus - alacsony karbantartási igény - nagy múltú - alacsony NO_x szint - alacsony égetési veszteségű salak	- nagyobb hőveszteség, mint a rostélytüzelésű kemencénél - alsó fűtőérték 15 G/t alatt	TOC 0,5-3%	<i>Nem szolgáltatott információt</i>	
Pulzációs kemence	- csak magasabb fűtőértékű hulladék (alsó fűtőérték >20 GJ/t) - főleg kórházi hulladékokra használják	<7 t/ó	folyadékok és porok égetésére is alkalmas	a tüzelőanyag-ágy bolygatása kisebb mértékű lehet	a hulladék-típustól függ	<i>Nem szolgáltatott információt</i>	Magasabb fajlagos költség a kisebb kapacitás miatt
Reciprokáló és aknakemencék	- csak magasabb fűtőértékű hulladék (alsó fűtőérték >20 GJ/t) - főleg kórházi hulladékokra használják	Nem szolgáltatott információt	folyadékok és porok égetésére is alkalmas	a tüzelőanyag-ágy bolygatása kisebb mértékű lehet	a hulladék-típustól függ	<i>Nem szolgáltatott információt</i>	Magasabb fajlagos költség a kisebb kapacitás miatt
Szórt láncrostélyű égető	- hulladék tüzelőanyag és más darabos fűtőanyag - baromfitrágya - fahulladék	Nem szolgáltatott információt	- egyszerű rostély konstrukció - kevésbé érzékeny a darabok méretére, mint a fluidágy	csak jól meghatározott, azonos anyagú áramokra	<i>Nem szolgáltatott információt</i>	<i>Nem szolgáltatott információt</i>	<i>Nem szolgáltatott információt</i>
Gázosítás - szilárdágyas	- vegyes műanyag hulladék - egyéb hasonló konzisztens áramok - gázosítás kevésbé széles körben használt/bizonyított, mint az égetés	20 t/ó-ig	- alacsony kimosódású maradékanyag - jó kiegészítő oxigén-befűtés esetén - szintézisgáz is keletkezik - a hasznosítható fémek alacsonyabb oxidációja	- korlátozott betáplálható hulladék - nem teljes égetés - magas szakértelmet igényel - kátrány a nyers gázban - kevésbé széles körben bizonyított	- alacsony kimosódású salak - jó kiegészítő oxigén-befűtés esetén	Kevesebb, mint az egyszerű égetésnél	Magas üzemeltetési/karbantartási költségek

Technika	Kulcsfontosságú hulladék-tulajdonságok és megfelelés	Áteresztő-képesség/vonal	Üzemeltetési/környezeti információ		Salak minőség	Füstgáz mennyiség	Költség információ
			Előnyök	Hátrányok/ a használat korlátozásai			
Gázosítás - áramlásos	• vegyes műanyag hulladék • egyéb hasonló konzisztens áramok • nem alkalmas kezeletlen TSZH-ra • gázosítás kevésbé széles körben használt/bizonyított, mint az égetés	10 t/ó-ig	• alacsony kimosódású salak • a hasznosítható fémek alacsonyabb oxidációja	• korlátozott betáplálható hulladék • nem teljes égetés • magas szakértelmet igényel • kátrány a nyers gázban • kevésbé széles körben bizonyított	• alacsony kimosódású salak	Kevesebb, mint az egyszerű égetésnél	Magas üzemeltetési/ karbantartási költségek magas előkezelési költségek
Gázosítás - fluidágy	• vegyes műanyag hulladék • aprított TSZH • shredder maradékok • iszapok • fémekben gazdag hulladékok • egyéb hasonló konzisztens áramok • gázosítás kevésbé széles körben használt/bizonyított, mint az égetés	5-20 t/ó	• képes alacsony reaktor-hőmérsékletet használni pl. Al hasznosításra • a fő nem éghető összetevők leválasztása • hatékonyan kombinálható salakolvasztással • a hasznosítható fémek alacsonyabb oxidációja	• korlátozott hulladékméret (<30cm) • kátrány a nyersgázban • magasabb felső fűtőértékű nyersgáz • kevésbé széles körben bizonyított	• salak olvasztással kombinálva a tüztéri hamu vitrifikálódik • hamu minőség salak-olvasztás nélkül – nem szolgáltatott információt	Kevesebb, mint az egyszerű égetésnél	Alacsonyabb, mint egyéb gázosítóknál
Pirolízis - rövid dob	• előkezelt TSZH • sok fémtartalmú inert áram	~ 5 t/ó	• fémek nem oxidálódnak • nincs tüzelőenergia a fémek/inert miatt	• korlátozott hulladék-típusok • a folyamatszabályozás és a gépészet kritikus	• a folyamat hőmérsékletétől függ	Nagyon kevés a gáz égetéséhez szükséges alacsony légfelesleg miatt	Magas előkezelési, üzemeltetési és tökebefektetési költségek
Pirolízis - közepes dob	• shredder maradékok/műanyagok • pirolízis kevésbé széles körben használt/ bizonyított, mint az égetés	5-10 t/ó	• a reaktorban a savak neutralizációja lehetséges • szintézisgáz is keletkezik	• magas szakértelmet igényel • nem széles körben bizonyított • piac szükséges a szintézisgáznak	• a keletkező maradék további kezelést néha égetést igényel		

3.1.4 táblázat: Égetési és termikus kezelési eljárások, valamint az alkalmazhatóságukat és üzemelési megfelelőségüket befolyásoló tényezők összehasonlítása (3/3 táblázat)

A tüztér kialakítás jellegzetességei

Néhány égetőkemence-típusnál, ideértve a rostélytüzeléses- és az aknakemencéket is, különféle lehetőségek vannak az elsődleges tüztérből a szekunder égetési zónák felé irányuló kimenetek elhelyezésére és kialakítására. A nem megfelelő kialakítás az égető zónákban a füstgáz rövid tartózkodási idejét eredményezheti, ami az éghető gázok gyengébb hatásfokú kiégéséhez és magasabb kibocsátásokhoz vezethet.

Az égetőkemence első szakaszából a gáz el- és kiégető zóna (torok) felé történő kivezetés kialakítását a hulladék összetételének és az égetőkemence egyéb összetevőinek (pl. a rostély típusa) megfelelően kell kiválasztani. (Ld. a 2.3.1.4 alfejezet szövegét és a 2.7 ábrát.)

Rostélytüzelésnél a tüztér kialakítása a beszállítótól függ. A beszállítók a tapasztalataik és saját rendszerük egyedi összeteljesítménye alapján képesek optimalizálni a rostély és a tüztér kombinációját. Általánosságban nincsen átfogó előnye/hátránya egyik tüztér-kialakításnak sem a másikkal szemben — mindegyik alkalmazható. Ezen túlmenően a tüztér kialakítása rendszerint nem választható el a rostélytípus kiválasztásától sem: a kettő együtt, egymástól elválaszthatatlanul, világosan körülhatárolt egészet alkot.

A számítógépes áramlási dinamika (CFD) modellezési módszer segítségével szolgálhat az égetőkamra tervezésénél.

Típus	Kialakítás jellegzetességei	Megjegyzések
Azonos áramú vagy párhuzamos	- a tüztér kijárata a kemence végén van - a gáz áramlása a hulladék mozgásával megegyező irányú	- magasabb fűtőértékű hulladék égetésére alkalmas - minden keletkezett gáz áthalad a legmagasabb hőmérsékletű zónán és hosszú a tartózkodási idő - elsődleges levegőfűtés szükséges a gyulladási zónában
Ellenáramú vagy visszarámú	- a tüztér kijárata a kemence elején van - a gáz áramlása a hulladék mozgásával ellenkező irányú	- alkalmas alacsonyabb fűtőértékű/magas nedvességtartalmú/magas hamutartalmú hulladékhöz (minthogy a kigázosodási zónából a forró gázok áthaladnak a száradási zónán) - több szekunder levegő szükséges a gáz kiégésének biztosításához
Központi áramú	a tüztér kijárata a kemence közepén van	- a fentiek keveréke szélesebb hulladékspektrumra - kemence konfiguráció/szekunder levegő fontos a gáz kiégésének biztosításához
Megosztott áramú	a tüztér kijárata a kemence közepén van, de egy központi fallal megosztott	- a központi fal segíti a gázok visszatartását és lehetővé teszi a szekunder levegő beinjektálását egyéb helyekről - főleg igen nagy méretű égetőkemencéknél használatos

3.1.5 táblázat: Néhány eltérő égetőkemence geometria jellemzőinek összehasonlítása

A tüztér rendszerint rostéllyal ellátott és a konkrét kiválasztott rostély-típusra optimalizált. A tüztér kialakítása emiatt a rostély kiválasztásától függ. Megfelelően alkalmazva mindegyik, a 3.1.5 táblázatban leírt rendszer üzemeltetési javulást eredményezhet.

Ezek a technikák általában a legtöbb égető-kialakításnál alkalmazhatók, kivéve a forgódobos kemencéket, ahol a kijárat a szekunder tüztér felé mindig a kemence végén található. A forgódobos kemencék esetében azonban a szekunder tüztérhez kapcsolódás méretezését és alakját, illetve a szekunder levegő-befúvás elhelyezését szintén úgy kell kialakítani, hogy ezek biztosítsák a füstgáz számára a megfelelő tartózkodási időt és keveredést, a gáz kiégésének elősegítése érdekében

(ahogyan azt az alacsony és egyenletes, a nem tökéletes égés termékeit jelző PIC-koncentrációk jelzik).

A megosztott áramú rendszerek főleg nagyobb méretű égetőkemencéknél alkalmazhatók, mivel lehetővé teszik a kemence közepén a szekunder levegő további elkeverését. Kisebb égetőkemencékben a megfelelő keveredést a szekunder levegő fal melletti beinjektálásával lehet elérni. A kiegyenlített átfogó tűztér-kialakítás biztosítja, hogy a hulladékból keletkező gázok a tűztérben jól elkeveredjenek és megfelelő hőmérsékleten visszamaradjanak, hogy ezáltal az égetési folyamat teljes mértékben végbemehessen. Ez az alapelv minden égetési folyamatra érvényes.

Új üzemekben a tűztér kialakítás jellemzői a kezdetekkor optimalizálhatók. Az ilyen kialakítási finomítások járulékos költségei a projekt összköltségéhez viszonyítva ekkor még alacsonyak. Meglévő üzemekben az égetőkemence újratervezésének (ami rendszerint cserét jelent) költségei igen magasak, ráadásul ezeket a költségeket az elérhető előnyök gyakran nem is képesek ellensúlyozni, hacsak nincsenek nagyon komoly nehézségek az égetési szakaszban, vagy ha az adott berendezést más okok miatt egyébként is ki kell cserélni.

A hatékonyabb égetés kisebb fogyasztást, illetve alacsonyabb értékeket eredményez az összes környezeti elembe történő kibocsátás esetében. Környezeti elemek közötti kölcsönhatást nem azonosítottak.

Példaüzemek: Minden üzem a fenti opciók valamelyikét választja. A megosztott áramot alkalmazzák: Indaver, BE, AZN (Afvalverbranding Zuid-Nederland, Moerdijk, Hollandia), a Bonn-üzem (Németország) és a MVV (Mannheim, Németország) Mke-vonala.

2 Általánosan elfogadható és átlátható üzemvitel.

Jó üzemvezetést biztosító általános intézkedések

Az üzem tiszta és rendes általános állapotának biztosítása hozzájárul a jobb minőségű munkakörnyezet kialakításához és lehetővé teszi, hogy a potenciális üzemeltetési problémákat előzetesen azonosítani lehessen.

A jó üzemvezetés fő alkotóelemei a következők:

- olyan rendszerek használata, melyek képesek az átvett hulladékok tulajdonságaiból adódó kockázatok megfelelő azonosítására, illetve a hulladék elhelyezésére/tárolására
- az üzemelő berendezésekből származó kibocsátás megelőzése
- hatékony szennyvíz-kezelés, és
- hatékony megelőző karbantartás.

3 A létesítmény megbízható, jó működését biztosító ellenőrzés és preventív karbantartás.

4 A technológiába bekerülő hulladék típusának megfelelő minőségellenőrzési rendszer kialakítása és fenntartása.

Bemeneti korlátozások kialakítása a létesítményben, a fő kockázatok azonosítása

Minden létesítményben korlátozások vonatkoznak arra, hogy milyen tulajdonságokkal rendelkező hulladékokat lehet magába az égetőbe beadagolni. Az égetési folyamat bemeneti korlátozásainak ismeretében ki lehet alakítani egy olyan bemenő hulladék specifikációt, amely a maximális és kívánatos rendszer bemeneti értékeket hangsúlyozza ki, ennek alapján pedig lehetségessé válik a fő kockázatok meghatározása, a biztonságos tartományon kívül eső üzemelés megelőzéséhez vagy csökkentéséhez szükséges folyamatszabályozás definiálása.

Az ilyen korlátozások megállapítását meghatározó jellemzők a következők:

- a hulladék beadagoló mechanizmus kialakítása és az átvett hulladék fizikai alkalmassága
- a hulladékáram és az égetőkemence átmenő kapacitásra vonatkozó hőtéljesítménye
- az elérni kívánt kibocsátási határértékek (ú.m. megkívánt szennyezés-csökkentés %)
- a füstgáztisztítási technológia kapacitása egyes szennyezők eltávolítására (pl. a füstgáz térfogatáram, a szennyező-anyag terhelés korlátozása stb.).

A felismert fő kockázatok a példái lehetnek:

- sok bemenő Hg, ami magas koncentrációkat eredményez a nyers füstgázban
- sok bemenő I és Br, ami magas koncentrációkat eredményez a nyers füstgázban
- tág határok között változó nedvességtartalom vagy fűtőérték égetési szabálytalanságokat eredményezhet
- a füstgáztisztító kapacitását meghaladó magas Cl-terhelés
- a füstgáztisztító kapacitását meghaladó magas S-terhelés
- a füstgáz kémiai összetételének gyors változása, ami hatással van a füstgáztisztító működésére
- az adagolórendszer nagyméretű darabok tömlik el, ami megszakítja a rendes üzemelést
- túlzott salakképződés/kazánkő-képződés a kazán elemeinél bizonyos típusú hulladékok beadagolása esetén, pl. magas Zn-koncentrációjú hulladék (szennyezett fa hulladék) esetén jelentettek rendellenes salakképződést az első kazán huzamban.

Miután az elméleti és a tényleges (azaz üzemelő létesítményekben előforduló) kockázatokat megállapították, az üzemeltető célzott szabályozási stratégiát tud kidolgozni a kockázatok csökkentésére, pl. ha az üzemeltetési tapasztalat azt mutatja, hogy a létesítményben előfordulhat a sósavra megállapított kibocsátási határértékek túllépése, az üzemeltető dönthet, hogy a beadagolt hulladékban kísérli meg szabályozni a klórtartalmat és annak megengedhető maximális koncentrációját és/vagy a füstgázban lévő savas komponensek megkötésére alkalmazott berendezés kivitelét és üzemelési sajátosságait módosítja az igényeknek megfelelően.

A fentebb leírt technika használata elősegíti az égető zökkenőmentes és stabil üzemelését, és csökkenti a reaktív és vészhelyzeti folyamat-beavatkozás igényét.

A bemeneti korlátozások bevezetése eredményeként a megállapított specifikáción kívül eső hulladékok eltávolíthatók. Ezeket a hulladékokat a hulladékégetés helyett egyéb hulladékkezelési megoldásokkal kell kezelni. A környezeti elemek közötti kölcsönhatások típusa és nagysága emiatt az alternatív kezelési megoldás típusától és teljesítményétől függ.

Minden hulladékégető üzemben alkalmazható, főként ott, ahol különböző eredetű hulladékot fogadnak, és széles vagy nehezen ellenőrizhető a specifikáció (pl. kereskedelmi veszélyes hulladék égetőművek). A meglévő létesítményeknek megvan az az előnyük, hogy a létesítmény üzemelési ideje alatt korábban felmerült helyzetekből származó tapasztalatokkal és ismeretekkel rendelkeznek.

Az új üzemek tanulhatnak a hasonló meglévő üzemek üzemeltetési tapasztalataiból, majd adaptálhatják és kialakíthatják saját eljárásaikat a saját speciális üzemeltetési tapasztalataiknak megfelelően. Kiterjedt tároló és előkezelő berendezésekkel rendelkező létesítmények képesek lehetnek olyan hulladék fogadására, amelyek eredetileg kívül esnek a normál égetési specifikáción. Az ilyen hulladékot ezután előkezelésnek vethetik alá, hogy megfeleljen a minőségi előírásoknak. Míg a kereskedelmi veszélyes hulladék égetőműveket gyakran olyan módon építik meg, hogy bármilyen típusú veszélyes hulladékot képesek legyenek befogadni, sok egyéb létesítmény esetében, beleértve a TSZH-égetőket is, nem ez a helyzet. Mindemellett néhány olyan hulladéktípust, ami tulajdonságaiban hasonló a TSZH-hoz, TSZH-égetőben kezelnek, pl. a kereskedelmi hulladékot, némelyik kórházi hulladékot és a szennyvíziszapot. A létesítmény némi átalakításra szorulhat annak érdekében, hogy az alapvetően átvenni kívánt hulladéktípustól eltérő tulajdonságú hulladékok kezelésére is megfelelő felszereltséggel rendelkezzen. Ez általában a megfelelő átvételi, tárolási és előkezelési rendszerekkel kapcsolatos intézkedéseket jelenti. Amennyiben a hulladék jelentősen különbözik a normál specifikációtól, alaposabb átalakítás is szükségessé válhat, pl. a kemencetípus, a füstgáztisztítási, szennyvízkezelési rendszer, speciális biztonsági intézkedések és laboratórium/vizsgáló felszerelés vonatkozásában.

A technika alkalmazásának költségei nem határozhatók meg pontosan. Némelyik hulladékforrás/típus kizárása a bevétel csökkenését eredményezheti. Ezen túlmenően speciális beruházás lehet szükséges olyan technikák bevezetéséhez, amelyek azonosítják és kezelik az ilyen hulladékokat, pl. analízis, előkezelés.

A technikát számos európai TSZH égetőben is alkalmazzák a nem kívánatos hulladéktípusok azonosítására és kizárására.

Kommunikáció a hulladék beszállítókkal, a beérkező hulladék minőségének javítása érdekében

A hulladékok rendszerint igen változatos forrásokból érkeznek, amelyek felett az üzemeltető csak korlátozott befolyással rendelkezik. Ahol az üzemeltető olyan sajátos hulladékokat, anyagokat vagy hulladék-tulajdonságokat, illetve egyedi forrásokat azonosított, amelyek üzemeltetési problémákat okoz(hat)nak a teljes hulladékgazdálkodási láncban, nagy segítséget jelenthet, ha az üzemeltető ezeket a problémáit a hulladék termelők és beszállítók tudomására hozza. Egy példa erre a Hg-tartalmú hulladékok, mint pl. az elemek és a fogászati amalgám „elkülönített gyűjtése, hogy ezáltal csökkenjen a TSZH Hg-tartalma. Az, hogy milyen technikákat és milyen mértékben kell használni, a kockázat mértékétől, a felmerült üzemeltetési nehézségek gyakoriságától és természetétől függ. Általában minél nagyobb a hulladék változatossága, annál nagyobb erőfeszítést igényel a bejövő hulladék átvételének szabályozása.

A nem megfelelő hulladékok átvételének elkerülése, vagy a nehezen kezelhető vagy speciális gondosságot igénylő hulladékok beszállításának ellenőrzése csökkentheti az üzemeltetési nehézségeket, ezáltal elkerülhetők a további kibocsátások. Környezeti elemek közötti kölcsönhatásként jelentkezik, hogy némelyik hulladékot az égetés helyett más hulladékkezelési módszerrel kell kezelni.

A technika minden hulladékégető-műben alkalmazható, de leginkább ott használatos, ahol különböző eredetű, és széles vagy nehezen szabályozható specifikációjú hulladékot fogadnak (pl. kereskedelmi veszélyes hulladék égetőművek). Azoknál az eljárásoknál, amelyeket jól meghatározott hulladékok szűk tartományának fogadására terveztek, különös gondot kell fordítani arra, hogy a kulcsfontosságú anyagok szabályozását biztosítsák. A meglévő létesítmények rendelkeznek azzal az előnnyel, hogy tanultak a korábban már előfordult valós helyzetekből.

Az üzemeltetési nehézségek elkerüléséből megtakarítások eredhetnek. A bemenő hulladékot szabályozó eljárások csökkenthetik az üzemeltetési gondok és az ezekhez társuló kibocsátások kockázatát.

Széles körben alkalmazott gyakorlat, különösen veszélyes hulladék égetőművekben. Például: Az ELCHP TSZH égető (Dél-Kelet London, UK) olyan gipsz (kalcium-szulfát) forrást azonosított, ami zavarta az üzemelést. Caen-ben (Franciaország) sikeres információs kampányt folytattak le a TSZH Hg-tartalmának csökkentésére.

A betáplált hulladék minőségének ellenőrzése az égető telephelyén

A betáplált hulladék minőségi ellenőrzésének, és ezáltal az égetési folyamat névleges paramétereken belüli stabilizációjának elősegítésére az égetőbe betáplált hulladékkal szemben egy sor minőségi követelmény támasztható. A hulladék minőségi előírásai a folyamat üzemelési korlátainak ismeretéből vezethetők le, mint pl.:

- az égető termikus áteresztőképességi kapacitása
- a betáplált hulladék fizikai tulajdonságaival szembeni követelmények (szemcseméret)
- az égetési folyamat szabályozása (pl. nettó fűtőérték, gőztermelés, O₂-tartalom, stb.)
- a füstgáztisztító-rendszer kapacitása és az ebből eredően a tisztítandó füstgáz maximális koncentrációja/mennyisége
- a betartandó kibocsátási határértékek
- salak minőségi követelmények.

A hulladék tárolható, keverhető (ezt néhány nemzeti jogszabály korlátozza), annak érdekében, hogy biztosítható legyen, hogy az égetőbe végül betáplált hulladék a meghatározott minőségi követelményeknek megfeleljen. A következő kulcsfontosságú anyagok/tulajdonságok koncentráció-változásainak és a hulladékban való eloszlásának kezelése rendszerint sajátos eljárások bevezetését igényli:

- higany, alkálifémek és egyéb nehézfémek
- jód és bróm
- klór és kén
- fűtőérték/nedvességtartalom változásai
- kritikus szerves szennyezők, pl. PCB-k
- a hulladék fizikai konzisztenciája, pl. szennyvíziszap
- különböző fajtájú hulladékok keverhetősége.

A CEN/TC 292 és CEN/TC 343 eredménye vonatkozhat a hulladék fentiekre irányuló mintavételezésére.

Kisebb füstgáz-kibocsátás érhető el a következők révén:

- zökkenőmentes üzemelés
- hatékony égés
- jobb energia-hasznosítás
- egyenletesebb nyersgáz-koncentrációk és ezáltal a füstgáztisztító jobb működése
- a kisebb porkibocsátás miatt kevesebb lerakódás a kazánban.

A hulladékok előkezelése és tárolása során fugitív kibocsátások jelentkezhetnek, amelyeket kezelni kell.

Minden létesítménynek ki kell alakítania saját kulcsfontosságú folyamat-bemeneti korlátozásait, és ennek megfelelő bemenő hulladék-összetételi megszorításokat és esetleg előkezelést kell bevezetnie, hogy biztosítható legyen ezen korlátozások betartása. Különösen ott fontos ezt megtenni, ahol igen változékony a hulladék összetétele (pl. kereskedelmi veszélyes hulladék égetők), illetve a kisebb kapacitású üzemeknél, ahol kevesebb az üzemeltetési puffer-kapacitás, mint a nagyobb üzemek esetében. Ezt a technikát legfőképpen veszélyes hulladék égetőkben alkalmazzák, habár néhány országban (pl. Ausztria) minden hulladékégetőben használják.

A beérkező hulladék ellenőrzése, mintavételezése és vizsgálata

Ez a technika a beérkező hulladék értékelésére alkalmas rendszer használatát jelenti. Az elvégzett vizsgálatokat úgy kell kiválasztani, hogy biztosítsák:

- hogy az átvett hulladék a létesítmény számára megfelelő tartományba esik
- ha a hulladék speciális előkezelést/tárolást/a telephelyről történő elszállítást igényel
- hogy a hulladék megfelel a beszállító leírásában foglaltaknak (szerződés, üzemelési vagy jogi okokból).

Az erre szolgáló technikák az egyszerű vizuális felméréstől a teljes kémiai analízisig terjedhetnek. Az alkalmazott technikák a következőktől függenek:

- a hulladék tulajdonságai és összetétele
- a hulladék heterogenitása
- (bizonyos típusú vagy forrásból származó) hulladékkal kapcsolatban már ismert nehézségek
- a szóban forgó létesítmény speciális érzékenysége (pl. ismert, hogy bizonyos anyagok üzemeltetési nehézségeket okoznak)
- a hulladék ismert vagy ismeretlen eredetű
- a hulladékra vonatkozó minőségi követelmények megléte vagy hiánya
- kezeltek-e már korábban ilyen hulladékot, van-e tapasztalat.

A nem megfelelő hulladékok, anyagok vagy tulajdonságok hatékony azonosítása csökkenti az üzemeltetési nehézségeket, így elkerülhetők további kibocsátások. Környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat nem azonosítottak.

Hulladék típus	Példa alkalmazott technikára	Megjegyzések
Vegyes kommunális hulladék	- vizuális ellenőrzés a bunkerben - az egyedi beszállítók szűrőpróbaszerű ellenőrzése elkülönített kitérővel - hulladék mérése a beszállításkor - radioaktív sugárzás detektálása	Az ipari és kereskedelmi szállítmányok nagyobb kockázatot jelentenek és nagyobb figyelmet igényelnek
Előkezelt kommunális hulladék és hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF)	- vizuális ellenőrzés a bunkerben - időszakos mintavétel és analízis kulcsfontosságú anyagokra és tulajdonságokra	
Veszélyes hulladék	- vizuális ellenőrzés - a beszállító nyilatkozatában szereplő adatok és a beszállított hulladék adatainak összevetése és ellenőrzése - mintavétel és analízis minden nagy térfogatú tárolótartályból - a hordós hulladékok véletlenszerű ellenőrzése - a becsomagolt hulladékok kicsomagolása és ellenőrzése - az égési paraméterek ellenőrzése - tárolás előtt a folyékony hulladékok keveredési vizsgálata - a bunkerben tárolt hulladékok lobbanáspontjának ellenőrzése - a bemenő hulladék elemi összetételének vizsgálata pl. energia-diszperzív röntgen-fluoreszcenciával	Ebben az ágazatban különösen fontos a kiterjedt és hatékony eljárások használata. Az egynemű hulladékaromákat fogadó üzemek egyszerűbb eljárásokat is alkalmazhatnak.
Szennyvíziszap	- időszakos mintavétel és analízis kulcsfontosságú anyagokra és tulajdonságokra - szivattyús szállítás, víztelenítés, szárítás előtt kemény anyagok pl. kő/fém/fa/műanyagok jelenlétének ellenőrzése - a folyamat ellenőrzése, hogy alkalmazkodjon az iszap változásaihoz	A technikák alkalmazhatósága a szennyvíziszap fajtájától függ, pl. nyers iszap, rothasztott iszap, oxidált iszap, stb.
Kórházi hulladék	- a beszállító nyilatkozatában szereplő adatok és a beszállított hulladék adatainak összevetése és ellenőrzése - radioaktív sugárzás-ellenőrzés	A fertőzés kockázata miatt a mintavétel nem tanácsos. Az ellenőrzés a hulladék termelőjének a feladata.
Állati eredetű melléktermékek	- a beszállító nyilatkozatában szereplő adatok és a beszállított hulladék adatainak összevetése és ellenőrzése - az alacsony kockázatú anyag zsír/nedvesség-tartalmának ellenőrzése	Magas kockázatú anyagoknál a mintavétel biztonsági okokból nem tanácsos.

3.1.6 táblázat: hulladék-ellenőrzési technikák

A legkiterjedtebb mintavételi és vizsgálati rendszerek ott alkalmazandók, ahol a hulladék összetétele és forrásai a legváltozatosabbak (pl. kereskedelmi veszélyes hulladék égetőművek) vagy ahol ismert nehézségek vannak, pl. egy bizonyos hulladéktípussal vagy -forrással kapcsolatban már többször felmerült problémák.

Ezen technikák alkalmazásának költségei a használt módszerek kiterjedtségével és komplexitásával arányosan gyorsan nőnek. A szükséges mintavétel, vizsgálat, tárolás és további tárolási idő

költségei az üzemeltetési költség jelentős hányadát képviselhetik, különösen a veszélyes hulladék égetőművekben, ahol a legkiterjedtebb mintavételi és vizsgálati rendszerek használatosak.

A technikát Európa-szerte széles körben alkalmazzák.

Sugárzó anyagok detektálása

Bár a radioaktív anyagokat az IPPC alapvetően nem szabályozza, radioaktív források vagy anyagok bekerülése a hulladékba üzemeltetési és biztonsági problémákhoz vezethet. A természetes környezet és a hulladék esetében egyaránt tapasztalható egy bizonyos igen alacsony szintű „háttér”sugárzás — ezen szintek kimutatása és szabályozása nem igényel speciális intézkedéseket. Némelyik hulladék azonban erősebb sugárzó forrásokat is tartalmazhat, különösen azok, amelyek olyan tevékenységekből származnak, ahol radioaktív anyagokat használnak. Egyes kórházi és ipari hulladékok ezért rendszeresen vagy alkalomszerűen tartalmazhatnak speciális radioaktív forrásokat vagy szennyezést, és az ilyen hulladékok kommunális hulladékkal együtt történő kezelése, illetve a kevert hulladékok begyűjtése felett gyakorolt ellenőrzés nehézségei radioaktív sugárzás megjelenését okozhatják más hulladékokban is. A radioaktív anyagok gyakran kimutathatók speciális detektorokkal, melyeket pl. az üzem bejáratánál lehet elhelyezni. A magasabb szennyezettségi kockázatú hulladékok vizsgálata is elvégezhető. Az ilyen vizsgálatokat sajátosan a szállítmányok fogadóterületén végzik el, a szennyezés maximális szintjére alapozva. Ezek a maximális szintek a talajra, levegőre és vízre megállapított kibocsátási határértékek figyelembevételével, a kezelt izotópok sorsának, az ezeket fogadó egyedi folyamatok ismeretéből származnak. Az egyik alkalmazott detektor-típus a műanyag szcintillációs detektor, ami a gammasugárzást kibocsátó radioaktív izotópokból és kisebb részben a béta-sugárzókból származó fotonokat méri. A kórházi hulladékban, laboratóriumi hulladékban rendszeresen észlelnek radioaktív izotópokat. Úgyszintén nagyon fontosak azok az ellenőrzések, melyekkel megelőzhető, hogy a radioaktív hulladék a normál hulladékkal keveredhessen (amit néha azért tesznek, hogy a radioaktív hulladék magas ártalmatlanítási költségét elkerüljék).

A technika alkalmazásával megelőzhető az üzem szennyeződése és a radioaktív anyagok kibocsátása, ami azért fontos, mert a létesítmény szennyeződése a szennyezés-mentesítés miatt hosszú ideig tartó és költséges leállást eredményezhet.

A környezeti elemek közötti kölcsönhatások terén a fő gond a radioaktívként azonosított hulladék kezelése — minthogy lehet, hogy sem szállítása, sem kezelése nem megengedett. Így aztán előnyös, ha még az ilyen esetek bekövetkezése előtt terveket és eljárásokat dolgoznak ki a radioaktív hulladékként azonosított bármilyen hulladék kezelésére.

Egyes üzemek, miután észlelték, hogy az átvett TSZH alkalmanként radioaktív anyagokat tartalmazott, a bejáratnál sugárkaput szereltek fel. Ezek az üzemek ezután a sugárkapuk használatával kapcsolatban kedvező tapasztalatokról számoltak be.

A technika olyan égetőművekben alkalmazható, ahol beszállítók széles körétől heterogén hulladékokat fogadnak. Ritkábban alkalmazzák olyan esetekben, ahol a hulladékok forrása és változatossága jól ismert és szabályozott, vagy ahol a radioaktív anyagok jelenlétének kockázatát alacsonynak ítélték meg.

A detektorok beruházási költsége kb. 25 000-50 000 EUR.

A technikát a veszélyes hulladék égetőkben és néhány kommunális hulladék égetőben alkalmazzák.

5 A létesítmény területén, az égetést megelőzően a hulladék tulajdonságaiból eredő kockázatok felmérésének és elemzésének eredményeire alapozott megfelelő tárolása, a potenciális szennyező hatások csökkentése érdekében.

Általánosságban BAT a hulladékok szigetelt és ellenálló felszínnel borított, ellenőrzött és elkülönített szivárgórendszerrel ellátott területeken való tárolása.

Szigetelt felületek, ellenőrzött csatornarendszer és időjárás-állóság

A hulladékok szigetelt és ellenálló burkolattal rendelkező, ellenőrzött szivárgórendszerrel ellátott területeken való tárolása megakadályozza a vegyi anyagok hulladékból történő akár közvetlen, akár kioldódás általi kibocsátását.

Az alkalmazott technikák a hulladék típusától, összetételétől, valamint a környezetnek a hulladékból kibocsátott anyaghoz társuló sebezhetőségétől illetve kockázatától függően változnak.

Általában megfelelőnek tekinthetők a következő tárolási technikák:

Hulladéktípus	Tárolási technika
Általános, minden hulladékra vonatkozó szempontok	- Bűzös anyagok tárolása zárt térben, szabályozott levegőrendszerrel, a kibocsátott levegő égéslevegőként történő felhasználása - ellenőrzött szivárgórendszerrel ellátott, kijelölt fel- és lerakódó terület - világosan (pl. színkóddal) megjelölt szivárgórendszer-területek a potenciálisan szennyezett területeken (tárolás, rakodás, szállítás) - korlátozott idejű hulladéktárolás a hulladéktípustól és a kockázattól függően - megfelelő tárolókapacitás - a hulladéktól és a helyspecifikus kockázati tényezőktől függően átmeneti tárolás céljából lehetséges a hulladék bálázása vagy biztonsági tárolótartályba helyezése - tűzvédelmi intézkedések, pl. a bunker és a kemencetér közti tűzálló falazat
Települési szilárd és nem veszélyes ipari hulladékok	- szigetelt padozatú bunkerek vagy szigetelt szintbeli tárolótér - fedett és falakkal ellátott épületek - alacsony szennyezési potenciállal rendelkező, nagy méretű tételek speciális intézkedések nélkül tárolhatók
Szilárd, előkezelt TSZH és hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF)	- zárt garat - szigetelt padozatú bunkerek vagy szigetelt szintbeli tárolótér - fedett és falakkal ellátott épületek - a becsomagolt vagy konténeres tételek szabad téren is tárolhatók speciális intézkedések nélkül, a hulladék tulajdonságaitól függően
Nagy térfogatban (pl. tartálykocsiban) szállított folyékony hulladékok és iszapok	- kármentővel ellátott, ellenálló, nagy térfogatú tárolótartályok - a peremek, karimák és szelepek a kármentőn belül legyenek - illékony anyagok esetén a tartály bekötése az égetőbe csővezeték-hálózattal - a csövekben stb. a robbanás keletkezésének lehetőségét megfelelő biztonsági berendezéssel kell megakadályozni
Hordós folyékony hulladékok és iszapok	- tárolás fedett téren - kármentővel ellátott, ellenálló felszín
Veszélyes hulladék	- kockázatelemzésnek megfelelően kialakított, elkülönített tárolás - a tárolási idő hosszára külön figyelmet kell szentelni - automata kezelő- és rakodóberendezések - a felületek és a konténerek tisztítására tisztítóberendezések
Kórházi/fertőző hulladékok	- elkülönített tárolás - fertőző hulladékok hűtve vagy fagyasztva tárolása - külön figyelmet kell szentelni a tárolási idő csökkentésére - automata kezelő- és rakodóberendezések - konténer-fertőtlenítő berendezés - fagyasztva tárolás, amennyiben a tárolás bizonyos időt, pl. 48 órát meghalad

3.1.7 táblázat: Példák a különféle típusú hulladékok tárolására alkalmazott technikákra

A hulladék megfelelő tárolása számos előnnyel jár:

- a biztonságos kármentő csökkenti a kibocsátások kockázatát
- megelőzi a tárolt hulladék elázását (az elázás a fűtőérték csökkenését, így az égés során nehézségeket okoz)
- megelőzi a szél általi széthordást
- csökkenti a keletkező csurgalékvíz mennyiségét (és így az ebből következő csurgalékvíz-kezelési igényt)
- csökkenti a szennyezőanyagok kioldódását
- csökkenti a konténerek károsodását (korrózió és napfény)
- csökkenti a bűzkibocsátást és lehetővé teszi annak kezelését
- lehetővé teszi a diffúz kibocsátások kezelését

Minden létesítményre alkalmazható az az általános alapelv, hogy az átvett hulladékokat értékelni kell, és megfelelő, biztonságos tárolást (ti. ami csökkenti a szennyezés elterjedését és a tárolás és anyagmozgatás során keletkező kibocsátások kockázatát) kell számukra biztosítani.

A kiválasztott módszerek és a biztonság foka az átvett hulladéktól függ, ezt a fentiekben már áttekintettük. Általában a folyékony és a veszélyes hulladékok igényelnek nagyobb figyelmet.

A technikát Európa-szerte széles körben alkalmazzák (pl. B, D, DK, F, FIN)

6 Technikák és eljárások alkalmazása a tárolási idő korlátozására és a tárolási idővel való gazdálkodásra, annak érdekében, hogy a tárolás során a hulladékból/a konténer károsodásából származó kibocsátások kockázata és a feldolgozás esetleg előforduló nehézségei általánosan csökkenthetők legyenek.

Általánosságban BAT:

- **annak a megelőzése, hogy a tárolt hulladék mennyisége több legyen, mint a rendelkezésre álló tároló terület**
- **amennyire megvalósítható, a hulladék beszállítások szabályozása a beszállítókkal folytatott kommunikáció révén stb.**

Időgazdálkodás a tárolás során

A tárolási idő csökkentése hasznos lehet:

- a konténerek károsodásának megelőzésére
- a szerves hulladékok rothadásának megelőzésére (ami máskülönben bűzkibocsátáshoz, anyagmozgatási és feldolgozási nehézségekhez vezethet, tűz- és robbanásveszélyt okozhat)
- a konténereken lévő címkék leválása kockázatának csökkentésére.

A tárolási idő csökkenthető:

- a tárolt hulladék túlzott mértékű felhalmozódásának megakadályozásával
- ahol lehetséges, a hulladék beszállítások szabályozásával, a beszállítókkal folytatott kommunikáció révén stb.

A TSZH-t általában zárt épületekben, 4-10 napig tárolják, bár a tárolási időt erősen befolyásolják a begyűjtési/beszállítási szokások. Annak érdekében, hogy az égető folyamatos működését fenn lehessen tartani, a tárolókapacitást, és így a maximális tárolási időt is gyakran annak alapján határozzák meg, hogy milyen hosszú az az időszak, amíg valószínűleg nem érkezik be hulladék. Ünnepek idején például gyakran előfordul, hogy több napig nem szállítanak be hulladékot.

A TSZH egy bizonyos idejű érlelődése a bunkerben pozitív hatással lehet a hulladék homogenitása szempontjából. A friss hulladék beérkezése utáni azonnali betáplálása az égetési folyamatba ingadozásokat okozhat.

Ahol különböző forrásokból különféle hulladékokat fogadnak és adagolnak be a kemencébe, ott egy adott bemenő hulladék-összetétel kialakítása céljából (pl. veszélyes hulladék égetők), előnyös lehet néhány anyag hosszabb idejű, néhány esetben akár több hónapig tartó tárolása. Így elég idő biztosítható ahhoz, hogy a nehezen kezelhető hulladékokat apránként akkor adagolják be a folyamatba, amikor megfelelő kompatibilis anyagok úgyszintén hozzáférhetők.

Az ilyen gyakorlat akkor tekinthető elfogadhatónak, ha ezeket az anyagokat olyan körülmények között tárolják, amelyek csökkentik az anyag és a konténer károsodásának kockázatát.

7 Az ömlesztett hulladékot tároló területekről (beleértve a tárolótartályokat és a bunkert, de nem ideértve a konténerekben tárolt kis mennyiségű hulladékot) és a hulladék előkezelő területekről eredő bűzkibocsátás (és egyéb potenciális fugitív kibocsátások) minimalizálása érdekében az innen elszívott levegő bejuttatása elégetésre az égetőbe.

Ezenkívül BAT-nak számítanak a bűz (és egyéb fugitív kibocsátások) szabályozására hozott intézkedések, amikor az égető nem üzemel (pl. a karbantartás ideje alatt), mégpedig:

a. a hulladék tároló túlterhelésének elkerülése, és/vagy

b. az érintett levegő alternatív bűzcsökkentő rendszereken történő átvezetése.

Az égetéshez szükséges levegő tároló területekről történő elszívása, a por, bűz és egyéb fugitív kibocsátások megelőzése érdekében

Az égető (primer és szekunder) levegővel történő ellátása a hulladék (vagy vegyi anyag) tároló területekről biztosítható. A hulladék tároló területek zárttá tétele és a bejáratok méretének korlátozása révén az egész terület enyhe szívás alatt tartható.

Így csökkenthető a bűzkibocsátás kockázata, és biztosítható, hogy a fugitív kibocsátásokat az égetőben kezeljék és ne kerüljenek ki a levegőbe.

Szintén lehetséges a nyersanyagtárolót a tüztérbe vagy a füstgáztisztító berendezésbe szellőztetni, az elpárolgó anyag tulajdonságaitól függően.

A főbb alkalmazott technikák a következők:

Technika	Alkalmazás
Szilárd hulladék tárolása zárt épületben, levegő-elszívással	• kommunális hulladék • nagy darabos szilárd és pasztás hulladék • hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF) • szennyvíziszap • kórházi hulladék • egyéb bűzös hulladékok
A tárolótartályok szellőzőjének égés levegőhöz vezetése, csővezetékekkel	• bűzös és illékony veszélyes hulladékok pl. oldószerhulladékok • bűzös iszapok, pl. szennyvíziszap • egyéb bűzös vagy illékony hulladékok

3.1.8 táblázat: A bűz és az üvegházhatású gázok fugitív kibocsátását megelőző főbb technikák

Környezeti elemek közti kölcsönhatásként jelentkezik, hogy amikor az égető nem üzemel, alternatív levegő-kezelési intézkedések szükségesek, (pl. bűz, VOC-ok, egyéb, a hulladék típusától függő anyagok kezelése). Még több technológiai sorból álló létesítmények esetén is, ahol pedig rendszerint legalább egy vonal mindig üzemel, biztosíthatók alternatív levegő-kezelési megoldások, mert előfordulhat, hogy az égető minden technológiai sorának egyszerre le kell állnia (pl. baleset, karbantartás az egyik soron és közben üzemzavar a másik soron, a karbantartás késedelmes befejezése, mialatt már újra szállítanak be hulladékot).

A hulladékégetési folyamatok tipikus levegő-igénye 3 000-10 000 m³/t kezelt hulladék, főleg az alsó fűtőértéktől függően.

Ha a hulladéktároló területek levegőt beengedő nyílásai (pl. ajtók) össz-keresztmetszetüket tekintve kisebbek, akkor a levegő ezeken a nyílásokon gyorsabban áramlik be, ezért a fugatív kibocsátások kockázata ezeken az útvonalakon kisebb lesz.

A robbanás kockázatának elkerülése érdekében a veszélyes hulladékok (különösen gyúlékony/illékony anyag) tároló területekről történő elszívásnál óvatosan kell eljárni.

Ha a bunkerben tűz üt ki, a levegőcsatornákat el kell zárni, hogy a tűz ne terjedhessen át a bunkerből az égető épületébe.

A technika minden égetőben alkalmazható, ahol fennáll a kockázata annak, hogy bűz vagy egyéb anyag kerülhet ki a tároló területről.

Illékony oldószereket tároló üzemek a technika használatával igen jelentős mértékben csökkenthetik VOC-kibocsátásukat.

Ha csak a bűz szabályozására használják, a bűzre érzékenyebb területekhez közelebb eső üzemekben van nagyobb szükség a technika alkalmazására.

Az utólagos hozzáépítés költségekkel jár. A rendszer költségeit tovább növeli az égető leállási idejére betervezett háttér-rendszer biztosítása.

Európa-szerte széles körben alkalmazott hulladékégetőkben. Németországban mintegy 60 TSZH égető rendelkezik hosszú időre visszamenő tapasztalatokkal a technika alkalmazása terén.

8 A hulladék tulajdonságaiból eredő kockázatok felmérésének és elemzésének eredményeire alapozott elkülönített tárolás a biztonságos kezelés és feldolgozás biztosítása érdekében.

A hulladékok elkülönítése a biztonságos feldolgozás érdekében

A hulladék átvételi eljárások és a tárolás módja a hulladék kémiai és fizikai sajátosságaitól függnek. A megfelelő hulladék értékelés elengedhetetlen eleme a tárolás és a bemeneti műveletek kiválasztásának.

Ez a technika szorosan kapcsolódik a beérkező hulladék ellenőrzéséhez, mintavételezéséhez és vizsgálatához, amit az 1. pont ismertetett.

Az elkülönítési technikák az üzemben átvett hulladék-típusoknak, az üzem adott hulladék-típus kezelésére való alkalmasságának, és a speciális alternatív kezelés, vagy az égetőben végzett előkezelés hozzáférhetőségének megfelelően változnak. Egyes esetekben, különösképpen veszélyes

hulladékok reaktív keverékeinél, az elkülönítést a hulladék termelőjének telephelyén, a hulladék csomagolásakor kell elvégezni, hogy a hulladékot biztonságosan lehessen csomagolni, szállítani, a szállítmány kirakását elvégezni, tárolni és mozgatni. Ezekben az esetekben az égető létesítményben az elkülönítés arra szorítkozik, hogy fenntartsa ezeknek az anyagoknak az elkülönítését a veszélyes keverékek képződésének elkerülése érdekében.

Hulladék típus	Elkülönítési technikák
Kevert kommunális hulladék	- rendszerint nem alkalmaznak elkülönítést, hacsak nem egymástól eltérő, jól megkülönböztethető hulladékáramokat fogadnak, melyek a bunkerben keverhetők - elkülöníthetők az előkezelést igénylő nagy darabos hulladékok - vész-elkülönítő területek biztosítása a visszautasított hulladékok számára - fluidágyak esetén szükséges lehet a fémek eltávolítása az aprítás elősegítése és az eltömődés megelőzése érdekében
Előkezelt kommunális hulladék és hulladékból előkezeléssel kinyert másodlagos tüzelőanyag (RDF)	- rendszerint nem alkalmaznak elkülönítést - vész-elkülönítő területek a visszautasított hulladékok számára
Veszélyes hulladék	- különböző eljárások szükségesek a kémiaiilag összeférhetetlen anyagok elkülönítésére (példák a következőkben) - víz és foszfidok - víz és izocianátok - víz és alkálifémek - cianidok és savak - gyúlékony anyagok és oxidálószer - az előzőleg elkülönített, csomagoltan beszállított hulladékok elkülönítésének fenntartása
Szennyvíziszap	- a hulladékokat az égetőbe szállítást megelőzően rendszerint alaposan elkeverik - néhány ipari iszapot külön szállíthatnak be, ezek a bekeverés céljából elkülönítést igényelnek
Kórházi hulladék	- a nedvességtartalom és a fűtőérték a származási helytől függően nagymértékben változhat - a különböző konténereket a megfelelő tárolás és a szabályozott betáplálás érdekében el kell különíteni

3.1.9 táblázat: Néhány elkülönítési technika, különféle hulladék-típusokra alkalmazva

Az összeférhetetlen hulladékok elkülönítése csökkenti a kibocsátásokat:

- a balesetek kockázatának csökkentésével (a balesetek környezetvédelmi és/vagy egészségügyi és biztonsági szempontból jelentős kibocsátásokat okozhatnak)
- lehetővé teszi a hulladékok kiegyensúlyozott beadagolását, ezáltal elkerülve a rendszer túlterhelését és az üzemzavarokat, és így az üzem leállítását.

A technika alkalmazása lehetővé teszi az összeférhetetlen anyagok keveredéséből adódó kockázatok ellenőrzését, és a létesítmény védelmét azáltal, hogy biztosítható, hogy a betáplált hulladék összetétele olyan, amire a létesítményt tervezték.

9 A tároló edényzetekben lévő hulladékok egyedi feliratozása annak érdekében, hogy folyamatosan azonosíthatóak legyenek.

A tároló edényzetekben lévő hulladékok egyedi feliratozása (címkézése)

A tároló edényzetekben beszállított hulladékok szabályszerű (pl. az Európai Hulladék Katalógusnak megfelelő) feliratozása elősegíti folyamatos azonosításukat és nyomon követhetőségüket. A hulladékok és származási helyük azonosításának a következő előnyei vannak:

- a hulladék összetételének ismerete szükséges a megfelelő anyagmozgatási/feldolgozási műveletek kiválasztásához
- elősegíti, hogy az üzemeltető kiderítse a problémák forrását és aztán lépéseket tehessen megszüntetésükre vagy megfékezésükre
- bizonyíthatóvá válik az átvett/feldolgozott hulladék típusokra és mennyiségekre vonatkozó korlátozásoknak való megfelelés

A csomagolt és a folyékony hulladékok esetében vonalkód-rendszerek és leolvasók használhatók. Ezeknek a rendszereknek a költsége előnyeikhez képest alacsony.

A hulladékok beszállítása során rendszerint mellékelik a hulladék megfelelő leírását. A hulladékminőség szabályozásának alapja ennek a leírásnak, illetve magának a hulladéknak a szabályos értékelése. Az ilyen leírás meglétét európai és egyéb jogszabályok írják elő.

Az alábbi javasolt lista a címkéken feltüntethető legfontosabb paramétereket tartalmazza:

- a beszállító neve és címe
- a hulladék eredete
- mennyiség
- nedvesség- és hamutartalom
- fűtőérték
- klór-, fluor-, kén- és nehézfém-koncentrációk

A megfelelő hulladék-leírás egy példáját a CEN/TC 343 „Szilárd, hulladékból előkezeléssel kinyert tüzelőanyagok” dolgozta ki.

Elsősorban veszélyes hulladékot, kórházi hulladékot kezelő üzemekben alkalmazható, vagy olyan egyéb helyzetekben, amikor a változatos/jól megkülönböztethető összetételű hulladékokat tároló edényzetekben tárolják.

A címkézést széles körben alkalmazzák, főleg a veszélyes hulladék égetők.

10 A létesítményben a tűzveszély megelőzésére, észlelésére és megfékezésére vonatkozó terv kidolgozása, különös tekintettel a következőkre:

- **hulladék tároló és előkezelő területek**
- **a beadagolás területe**
- **elektromos szabályozó rendszerek**
- **porleválasztó berendezések szűrői és a statikus szűrőágyak.**

Általánosságban BAT a kidolgozott tervre vonatkozóan, hogy tartalmazza a következők használatát:

a. automata tűzérzékelő és riasztó rendszerek, és

b. az elvégzett kockázatelemzésnek megfelelően manuális vagy automatikus tűzoltó rendszerek használata.

Tűzérzékelő és tűzoltó rendszerek használata

Automata tűzérzékelő rendszereket használnak a hulladéktárolók területén és a zsákos porszűrőknél, az aktív szénnel (kokszt) töltött statikus szűrőágyaknál, a vezérlőteremben és egyéb, kockázatosként azonosított területeken.

Néhány esetben automata tűzoltó rendszereket használnak, leggyakrabban gyúlékony folyadékok tárolóiban, de egyéb kockázatosként azonosított területeken is.

Bizonyos körülmények között a hab és szén-dioxid oltórendszerek előnyösek lehetnek, pl. a gyúlékony folyadékok tárolóiban. Hab szórófejeket általánosan alkalmaznak TSZH égetőkben, a hulladéktároló bunkerben. Használnak még vizes rendszert monitorokkal, hab vagy víz opcionális használatára alkalmas vízágyúkat, és poroltókat. Az aktív szénnel (kokszt) töltött statikus szűrőágyak, a zsákos porszűrők, a tartályparkok tartályai, illetve a veszélyes hulladékot előkezelő és kemencébe adagoló területek nitrogén atmoszférában is üzemeltethetők.

A hőmérséklet folyamatos automatikus mérését lehet elvégezni a bunkerben tárolt hulladék felületén. A hőmérséklet változásai riasztó hangjelzést indíthatnak be.

Egyéb biztonsági berendezéseket is alkalmazhatnak, ilyenek pl.:

- a hulladék adagoló garat felett elhelyezett szórófejek,
- a transzformátorok és kármentők elválasztása tűzálló falazattal,
- a gázelosztó modul feletti gázérezékelő.

Ammónia használata esetén az ammónia tárolása miatt szükséges speciális biztonsági intézkedések: NH₃-érezékelők és vízpermetező berendezések a kibocsátások elnyelésére.

A technika alkalmazásával tűz vagy robbanás során keletkező véletlenszerű fugitív kibocsátások kockázata kisebb. Környezeti elemek közti kölcsönhatásokat jelent a nitrogén-felhasználás a nitrogénes kioltáshoz.

A szennyezett tűzoltó víz/vegyianyagok ellenőrizetlen kibocsátásának megelőzésére biztonsági tartály/konténer szükséges.

A nitrogén atmoszféra alkalmazása hatékony üzemeltetési eljárásokat és biztonsági tartályokat igényel, az ott dolgozók expozíciójának megelőzése céljából. Az elfojtás zárt területeken kívül és belül is történhet.

Hatékony tűzjelző módszer lehet az üzemeltető által végzett kiegészítő vizuális ellenőrzés.

A megfelelő tűzmelegelőző, jelző és oltó rendszer kiválasztása minden létesítményben alkalmazható.

A technika alkalmazása beruházási és üzemeltetési költségekkel jár. Nitrogén használata esetén a nitrogén költsége is jelentkezik. A tűz által okozott károk megelőzése azonban jelentős költséget takaríthat meg. A tűzbiztonsági intézkedések bevezetése csökkentheti a biztosítás díját.

11 A heterogén hulladékok olyan fokú keverése (pl. a bunkerben a polipkaros markoló használatával) vagy további előkezelése (pl. folyékony és pasztaszerű hulladékok elkeverése, vagy a szilárd hulladékok aprítása), hogy a hulladék megfeleljen a fogadó létesítmény tervezési/méretezési előírásainak. A keverés/egyéb előkezelés mértékének meghatározásakor különösen fontos figyelembe venni az alaposabb előkezelések (pl. aprítás) környezeti elemek közötti kölcsönhatásait (pl. energiafelhasználás, zaj, bűz vagy egyéb kibocsátások) Az előkezelés leginkább ott követelmény, ahol a létesítményt szűk specifikációjú, homogén hulladék fogadására tervezték.

A hulladékok keverése és egyéb előkezelése

A hulladékok keverésére és egyéb előkezelésére használt technikák igen sokfélék. A keverés és az egyéb előkezelés az alábbi tevékenységeket foglalhatja magában:

- folyékony veszélyes hulladékok keverése, a létesítmény bemeneti kívánalmainak való megfelelés érdekében
- a becsomagolt és nagy darabos éghető hulladékok aprítása shredderezéssel, zúzással és vágással
- a hulladékok keverése a bunkerben, markolóval vagy más berendezéssel
- TSZH különböző mértékű aprítása
- előkezeléssel előállított másodlagos tüzelőanyag (RDF) kinyerése a hulladékból — rendszerint a képződés helyén elkülönített és/vagy egyéb nem veszélyes hulladékból.

A hulladékok keverése javíthatja a hulladék betáplálási és égési tulajdonságait. A veszélyes hulladékok keverése kockázatos lehet. A különböző hulladékfajták keverése egy előre megadott recept szerint is elvégezhető.

A heterogén szilárd hulladékok (pl. kommunális és csomagolt veszélyes hulladékok) esetében hasznos lehet bizonyos mértékű keverés elvégzése a bunkerben, a beadagoló berendezésbe táplálás előtt.

A bunkerben a hulladék keverését az ott található polipkaros markoló biztosíthatja. A markoló kezelője azonosíthatja a potenciálisan problémás szállítmányokat (pl. bálázott hulladékok, egyedi darabok, amelyek nem keverhetők és rakodási/betáplálási gondokat okoznak), és gondoskodik róla, hogy ezeket az adott esetben megfelelő módon kezeljék: eltávolítsák, aprítsák, vagy közvetlenül keverjék más hulladékokkal. A technikát általánosan alkalmazzák kommunális hulladék égetőkben és olyan más égetőkben, ahol az égetést megelőző tárolás érdekében közös bunkerbe szállítják be a különböző hulladék-tételeket. A markoló kapacitását úgy kell megtervezni, hogy képes legyen a hulladékot megfelelő sebességgel keverni illetve adagolni. A bunkerben általában két markoló van, amelyek mindegyike alkalmas az egész mennyiség keverésére és az összes égetősor ellátására.

Speciális hulladék és TSZH együttegetése esetén speciális előkezelés válhat szükségessé. A kórházi hulladék speciális csomagolásban érkezik be, a szennyvíziszap, hacsak nem relatíve kis mennyiségről van szó, előzetesen részleges vagy teljes szárításra szorulhat, és rendszerint speciális adagoló rendszert igényelhet pl. a beadagolás garatba, a csúszdára, illetve közvetlenül a kemencébe, az oldalfalon keresztül vagy az adagolószerkezet felett.

A homogenizálással a hulladék égethetősége javul, ennek következtében csökkennek és stabilizálódnak a kemencéből származó kibocsátások, és a kazánokban egyenletesebb lesz a gőz/forró víz előállítás. Bár a nagyobb homogenitás általánosságban fokozza az üzem zavartalan működését, az adott hulladéktípusnak megfelelő előkezelés mértéke a hulladék tulajdonságaitól és a

fogadó létesítmény névleges paramétereitől függ (pl. okoz vagy okozhat-e a hulladék adott fokú heterogenitása speciális problémákat a létesítményben, illetve ellensúlyozzák-e a további előkezelés előnyei a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat és a költségeket?).

A technika használatával elért egyenletesebb nyers füstgáz-összetétel lehetővé teszi a füstgáztisztító rendszer pontosabb optimalizálását.

Az előkezelő berendezés üzemeltetésének energiafelhasználása és az onnan származó kibocsátások igen széles körben változhatnak a hulladék tulajdonságaitól, az alkalmazott technikától és az elérni kívánt minőségtől függően. Például: a vegyes TSZH-ból a másodlagos tüzelőanyag (RDF) pelletként történő előállítása sok energiát igényel (ami tovább növeli az előkezelés költségeit), míg a szelektált hulladékok egyszerűbb shredderezése és keverése relatíve csak kisebb megterhelést jelent.

Az ilyen rendszerek és eljárások tervezésénél a hulladékot keverő és aprító eljárások biztonságát mindig figyelembe kell venni, különösen a gyúlékony, toxikus, bűzös és hordóba csomagolt fertőző hulladékok esetében. A kockázatokat hatékonyan csökkenti a nitrogén atmoszférában való üzemeltetés és az előkezelő berendezés ellátása légzsilipekkel.

A mechanikai válogató és keverő üzemekben jelentős a tűz- és robbanásveszély, a TSZH keverése a bunkerben azonban rendes körülmények között nem jár semmilyen kockázattal.

A heterogén hulladékok válogatásához és shredderezéséhez szükséges gépek nagy igénybevételre vannak méretezve. A megrongálódás és a használhatatlanná válás elkerülésére hatékony irányítás és karbantartás szükséges. Az olyan TSZH-t kezelő termikus eljárásoknál, amelyek homogenitási igénye nagyobb, az előkezelésre (shredderezés, vágás, aprítás stb.) különös gondot kell fordítani, mert gyakran ez a folyamat gyenge pontja. A shredderből kikerülő anyagot speciális vizsgálatoknak kell alávetni, az aprított hulladék tűzveszélyessége miatt.

Néhány esetben (pl. Ausztriában) tilos a hulladék azon célból való keverése, hogy az engedélyben előírt kibocsátási határérték betartható legyen.

Alapvetően minden heterogén szilárd hulladékot (pl. kezeletlen kommunális és becsomagolt veszélyes hulladékot) fogadó üzem alkalmazhatja a technikát.

A települési szilárd hulladék alapos és megfelelő előkezelése némelyik termikus eljárás előfeltétele. A shredderezést a TSZH égetőkben nem alkalmazzák széles körben, csak az olyan speciális égető-berendezések esetében, mint a fluidágy. Néha egymást követően két shredderezés is szükséges lehet (példa: pirolízis üzem, Arras, Franciaország).

Rostélytüzelésű TSZH égetőkben a TSZH keverése a bunkerben markoló segítségével alapvető és a széles körben alkalmazott technika. Szükségessé válhat azonban a nagyméretű darabok eltávolítása, vagy aprítása, ha égetésre kerülnek. A hulladék homogenizálása céljából a kereskedelmi és ipari nem veszélyes hulladékok méretcsökkentésre szorulhatnak.

A jelentős mértékű előkezelés előnyeit leginkább az új létesítmények tudják kiaknázni, ahol az egész létesítmény a kezelendő hulladék tulajdonságai alapján tervezhető meg.

Meglévő létesítmények esetében, amelyeket speciálisan úgy alakítottak ki, hogy a betáplált hulladék tekintetében rugalmasak legyenek, és már képesek alacsony kibocsátásokat és más tekintetben megfelelő teljesítmény-szinteket elérni, az egyszerű előkezelés még mindig előnyökkel járhat. Az

olyan előkezelési technikák megvalósítása, amelyek az égető létesítményt megelőző egész hulladék gyűjtési és előkezelési lánc megváltozását igénylik, valószínűsíthetően igen jelentős infrastruktúra és logisztikai beruházásokkal jár. Az ilyen döntések valószínűleg kívül esnek egy-egy égető saját hatáskörén, és a teljes hulladékgazdálkodás átgondolását igénylik abban a régióban, ahonnan a hulladék érkezik.

A költségek a hulladék típusától, az alkalmazott technikától és a megkívánt minőségtől függően nagymértékben változnak.

Az égetendő hulladék nagyobb homogenitása stabilabb folyamatot, jobb égetési feltételeket és folyamat-optimalizálást tesz lehetővé. Emiatt a létesítményből származó kibocsátások csökkenhetnek vagy jobban szabályozhatók.

Az előkezelés mértékének meghatározásánál fontos a helyi hulladékgazdálkodási stratégia ismerete.

Példaüzemek: Minden európai TSZH égető keveri a hulladékot a bunkerben. Számos üzem rendelkezik vágó-, shredder- vagy zúzóberendezéssel a nagy méretű darabok kezelésére, pl. Toulon-ban.

Európában számos üzemben szárítják a szennyvíziszapot, mielőtt a kommunális hulladékhoz adják, pl. Nice-Ariane-ban és Bourg St Maurice-ban. A szennyvíziszapot szárítás nélkül is beadagolhatják a TSZH betápláló csúszdára, pl. Thiverval-ban, Thumaide-ban, illetve külön a kemencébe, pl. Monaco-ban, Bordeaux Bègles-ben, Bordeaux Cenon-ban.

12. A hasznosítható vasfémek és nemvas-fémek kinyerése a hulladékból, ha az gazdaságosan megvalósítható

a. az égetést követően a salakból

b. az égetést megelőzően a shredderezett hulladékból azokban a létesítményekben, ahol a hulladékokat shredderezik (pl. bizonyos égető-rendszerek használata miatt).

A hasznosítható fémek kinyerése égetés előtt

Számos hulladék mérhető mennyiségű vas- és nemvas-fémet tartalmaz. Ezek lehetnek a hulladék elválaszthatatlan részei (pl. a TSZH-ban az ételkonzerves és italos dobozok), vagy származhatnak a hulladékok hordós (pl. veszélyes hulladékok) vagy egyéb fém-konténeres csomagolásából.

Ahol a beérkező hulladékot shredderezik, a fémek égetés előtt hasznosítás céljából kinyerhetők. Bizonyos termikus eljárásoknál a fém-eltávolítás alapvető fontosságú követelmény lehet. Ez a folyamat segít megelőzni, hogy a fluidágy eltömödjön és az ömledék képződése csökkenti a szilárd maradékanyag fém-tartalmát.

Fluidágyas égetőknél a shredderezés a létesítmény alapvető fontosságú része számos hulladéktípus esetében (pl. TSZH).

A fémek leválasztását a következő módszerekkel lehet elérni:

- szállítószalag feletti mágnes, a nagyméretű vastartalmú anyagok, pl. aprított hordók leválasztására
- mágnesdob a kisméretű és nehéz vastartalmú darabok, pl. elemek, szögek, érmék stb. leválasztására
- örvényáramú szeparátorok a nemvas-fémek leválasztására — főleg a csomagolásra és elektromos alkatrészekhez használt réz és alumínium.

A hulladékból származó szennyeződések eltávolítása céljából szükségessé válhat a leválasztott fémek mosása. A mosási igény a szennyezés típusától, illetve a leválasztást követő tárolási, szállítási és újrafeldolgozási követelményektől függ.

A shredderezett vegyes TSZH-t kezelő fluidágyas gázosítókban úgyszintén megvalósítható a fémek kismértékű oxidációval történő leválasztása. Itt az 500-600°C-s gázosítási hőmérséklet és a fluidágy mozgása együttesen lehetővé teszi, hogy nagy részben nem oxidált fémeket el lehessen távolítani a fluidizáló anyag (pl. homok) felszínéről, a fent leírt leválasztási technikákkal. A megtisztított ágy-anyagot ezután visszatáplálják a fluidizáló kamrába.

A technika alkalmazásával elért legfontosabb elért környezeti előnyök:

- újrahasznosítható fém-áramok kinyerése
- nagyobb értékű fémek kinyerése abban az esetben, amikor a fémek nem mentek át a magas égetési hőmérsékletek okozta részleges oxidáción
- a füstgáz illékony fém-tartalmának csökkenése, melynek révén a füstgáztisztítás maradékai is kevésbé szennyezettek
- kevésbé szennyezett salak a fémtartalom csökkenése miatt (nem illékony frakció).

Környezeti elemek közötti kölcsönhatás jelent, hogy a shredderek és a leválasztó berendezések üzemeltetése energiát igényel. A mosás potenciálisan anyagfelhasználással és kibocsátásokkal járhat (amennyiben használják). A szennyezett mosófolyadékot az égetési folyamatba be lehet táplálni.

A technika különösen TSZH esetében alkalmazható. Ezeknek a tételeknek a hatékony szelektív gyűjtése azt eredményezheti, hogy hasznosítható fémek csak olyan alacsony mennyiségben maradnak a hulladékban, melyek kinyerésére az égetőben kevésbé vagy egyáltalán nem érdemes törekedni.

A shredderező és a válogató berendezések használata beruházási és üzemeltetési költségekkel jár. A kinyert fémekből származó bevételeket a helyi piaci árak szabják meg. A jobb minőségű kinyert fém iránti igény és az ezért fizetett magasabb ár javítja az ilyen rendszerek gazdaságosságát. Ahol már rendelkezésre állnak kimenetek az égetés után kinyert fémek hasznosítására, kisebb az ösztönzés az égetés előtti kinyerés megvalósítására.

Példaüzemek:

Veszélyes hulladék: fémhordók shredderezése és kinyerése – Kommunikemi, Dánia

Települési SZH: vas- és nemvas-fém shredderezése és kinyerése – osztrák üzemek

Települési SZH: fluidágy, előzetes shredderezéssel, fém eltávolítással és szeparálással – Asahi Clean Centre, Kawaguchi City, Tokió, Japán

Salak — fémek leválasztása

Bizonyos esetekben szerencsésebb lehet a hasznosításra szánt fémet a termikus kezelés után leválasztani, amikor az alacsony olvadáspontú fémek már eltávoztak az anyagból.

A salakból vas- és nemvas-fémek egyaránt kinyerhetők.

A vassfémek leválasztása mágnessel történik. A salakot futószalagon vagy rezgővályún terítik el, és a felfüggesztett mágnes minden mágnesezhető darabkát magához vonz. A vassfémek leválasztását el lehet végezni a salakkihordás után a nyers salakból is.

A vassfémek hatékony leválasztásához többlépcsős kezelés szükséges, közbenső méretcsökkentéssel és rostálással.

A nemvas-fémek leválasztását örvényáramú szeparátorral végzik. A gyorsan forgó tekercs mágneses teret indukál a nemvas-fém részecskében, melynek eredményeképpen azok kilökődnek az anyagáramból. A technika 4-30 mm szemcseméret tartományban hatékony, és használatához az anyagot jól el kell teríteni a futószalagon. A műveletet a vasfémek leválasztása, a közbenső méretcsökkentés és a rostálás után végzik.

A fémek leválasztása azért szükséges, mert egyike azoknak a lépéseknek, melyek a különböző salak-összetevők hasznosítását lehetővé teszik. A vasfém-frakció nagyolvasztókban acélhulladékként hasznosítható, rendszerint a szennyeződések (pl. por) eltávolítása után. A nemvas-fémek a telephelyen kívül még további feldolgozásra, fémtípusok szerinti szétválasztásra szorulnak, majd a szétválasztott fémek újraolvaszthatók. A leválasztás eredményeképpen a salak-frakció fémtartalma alacsonyabb lesz, és alkalmassá válik inert másodlagos építőanyag előállítására.

A vasfémek leválasztása kevés energiát igényel. A nemvas-fémek elkülönítéséhez méret szerinti elválasztás, méretcsökkentés és szétterítés szükséges. Ehhez elektromos energiát használnak.

A kinyert fémek mennyisége a bemenő hulladék összetételétől függ. Vasfémekre egy Belgiumból származó adat 55-60%-os kinyerhetőségi arányt említ (bemenő fém tömeg /kinyert fém tömeg). Ezt a kinyerési arányt alátámasztja az IAWG adata, amely 1,3-25,8%-ban adja meg a hasznosításra vagy ártalmatlanításra szánt salak maradék vastartalmát.

A nemvas-fémeknek közbenső méretcsökkentés és rostálás után örvényáramú szeparátorral végzett leválasztása 50%-os kinyerési arányt tesz lehetővé (kinyert tömeg/bemenő tömeg). A tényleges érték a kemence üzemeltetési viszonyaitól függ. A nemvas-fémek, mint pl. a Pb és a Zn, a kazánsalakban és a füstgáztisztítás maradékában találhatók meg. Az Al, Cu, Cr, és Ni inkább a salakban marad. Ezeknek a fémeknek az égetés során végbemenő az oxidációja (pl. az Al esetében Al_2O_3 -ra) hátráltatja az örvényáramú szeparátorral végzett hatékony leválasztást. A leválasztott nemvas-fém frakció a következő összetételt mutatja: 60% Al, 25% egyéb fém, 15% maradék. Az „egyéb fémek” frakciója rendszerint rezes, sárgarezes, cinket és rozsdamentes acélt tartalmaz.

A vasfémek mágneses leválasztása minden új és meglévő létesítményben alkalmazható. A nemvas-fémek leválasztásához tér és megfelelő berendezés szükséges, és egy telephelyen kívüli (központosított) salak-feldolgozó létesítményben is elvégezhető.

A technika alkalmazhatósága szoros összefüggésben van a kemencébe táplált hulladék fémtartalmával, ezt pedig erősen befolyásolja a begyűjtési rendszer és az előkezelés, amin a hulladék a kemencébe adagolás előtt átesett. Például azokon a területeken, ahol kiterjedt és következetes a kommunális hulladékok elkülönített gyűjtése, a fémek jelentős mennyisége nem kerül be a hulladékba. A TSZH előkezelése RDF kinyerése céljából hasonló hatást fejt ki. Némelyik veszélyes hulladék égetőben az aprított hordókat égetés előtt mágnes segítségével eltávolítják.

A fémfrakciókat a fémhulladék-kereskedőknek lehet eladni. Az ár az anyag tisztaságától (vas) és összetételétől (nemvas-fém) függ. A vashulladék árát a tőzsde határozza meg. Az anyag piaci ára általában 0,01-0,05 EUR/kg között mozog.

A nemvas-fém frakció további előkezelést igényel, fémfajták szerint szétválogatandó. A nemvas-fém hulladék ára a szennyezettség mértékétől (ti. a szükséges előkezelés mértékétől) és az összetételtől (ti. a végső piacképes termék áráról) függ. A két fő meghatározó sajátosság az alumínium-tartalom és a másodlagos alumínium ára. A TSZH salak-kezelésből származó nemvas-fém frakció ára 0,1-0,6 EUR/kg között változik.

A technika bevezetését a következők ösztönözhetik:

- A fémhulladék-piac érdeklődése (piaci árak) az előállított frakciók iránt.
- A tisztított salak növekvő piacképessége. Az útépítésben felhasznált szilárd maradékok nemvas-fém tartalma károsodást, pl. felpúposodást okozhat.
- A hasznosítandó salakra vonatkozó előírások között az összes fémtartalomra vonatkozó előírások is szerepelhetnek. A legproblémásabb fémek a salakból való kimosódás szempontjából a Cu, Mo és a Zn.

A legtöbb európai égetőben leválasztják a vastartalmú fémeket, vagy az égető telephelyén (főként égetés után), vagy az égető telephelyén kívüli salak-feldolgozó üzemekben.

Nemvas-fém leválasztás: számos salak-feldolgozó üzem működik Hollandiában, Németországban, Belgiumban és Franciaországban.

13 A hulladék létesítményen belüli szállításának vizuális ellenőrzése a kezelő által közvetlenül, tv-képernyőn illetve más módon.

A kezelő elhelyezése és kilátása

A hulladék betápláló rendszerek kezelői számára jó rálátást kell biztosítani a hulladék tároló és rakodó területekre és gépekre, ezek megfelelő felügyelete érdekében. Ez úgy érhető el, ha a vezérlőterem elhelyezése rálátást biztosít az égető betápláló területekre, vagy ha videó monitorokat illetve egyéb észlelőrendszereket használnak. Az első megoldást kell előnyben részesíteni, hacsak a megvalósításnak nincs valamilyen speciális biztonsági vagy műszaki akadály.

14 A tűztérbe a hulladék beadagolásakor vagy egyéb úton ellenőrzés nélkül bejutó levegőmennyiség minimalizálása.

A tűztérbe jutó levegő mennyiségének csökkentése a hulladék beadagolása során

Az olyan rendszerek használata, amelyek megelőzik, hogy levegő jusson be a tűztérbe, segíti a folyamat stabilitásának fenntartását és csökkenti a kibocsátásokat.

Ilyen rendszerek lehetnek:

- szilárd hulladékok esetén a garat folyamatosan töltve tartása
- zárt csigás adagoló használata
- a hulladék adagonkénti betáplálásakor kényszerkapcsolt dupla ajtók használata
- a szivattyúzott folyékony és pasztaszerű hulladékok direkt beinjektálása.

15 Áramlási modellek alkalmazása az új és a meglévő üzemek megfelelő információs hátterének biztosításához, ahol aggályok merülnek fel az égéssel vagy a füstgáztisztítással kapcsolatban, illetve annak érdekében, hogy

- a. optimalizálni lehessen a kemence és a kazán geometriáját, az égési teljesítmény növelése érdekében,**
- b. optimalizálni lehessen az égéslevegő befúvását az égési teljesítmény növelése érdekében, és**
- c. ahol SCR-t vagy SNCR-t használnak, optimalizálni lehessen a reagens-beinjektálási pontokat, a NO_x-csökkentés hatékonyságának növelése és egyidejűleg a nitrogén-**

oxidok képződése, valamint az ammónia és a reagens-fogyás minimalizálása érdekében.

Áramlási modellek alkalmazása

A kivitelezési megoldások hatásainak vizsgálatára fizikai és/vagy számítógépes modellek használhatók. Számos paraméter vizsgálható, beleértve a kemence és a kazán belsejében a gázok sebességét és hőmérsékletét is. Úgyszintén tanulmányozható a gázok áramlása a füstgáztisztító rendszereken keresztül, ezek hatékonyságának növelése érdekében (pl. SCR egységeknél).

A CFD (számítógépes áramlási dinamika) a gázáramok kiszámítására használható modellezési eszközök egyik példája. Az ilyen technikák használata segítséget nyújt az olyan megoldások kiválasztásában, melyekkel optimalizálható a gázok áramlása a hatékony égési feltételek megteremtése érdekében, illetve hogy elkerülhető legyen a gázok hosszú idejű tartózkodása azokban a hőmérsékleti zónákban, ahol a PCDD/F keletkezésének kockázata megnőne. A technika alkalmazása a füstgáztisztító rendszerek tervezése során növelheti a teljesítményt (pl. az egyenletes áramlás biztosítása az SCR katalizátor-hálóban).

A modellezést új és meglévő üzemekben egyaránt hatékonyan használták:

- a kemence és a kazán geometriájának optimalizálására
- a szekunder és/vagy a füstgáztisztításból visszaforgatott levegő betáplálási helyének optimalizálására
- az SNCR eljárás szerinti NO_x-csökkentéshez szükséges reagens beinjektálási pontjainak optimalizálására
- a gázáram optimalizálására az SCR egységben.

A kemence-kivitel optimalizálása javítja az égetési teljesítményt, és így korlátozza a CO, TOC, PCDD/F és/vagy NO_x (ú.m. égésből származó anyagok) keletkezését. Egyéb, a hulladék által tartalmazott szennyezőkre nincs hatással.

A túlzott helyi füstgáz-sebesség okozta elkormozódás csökkentése CFD modellezéssel növelheti a berendezések üzemképességét és idővel növeli az energia-hasznosítást. Javul a szennyezés-csökkentő berendezések teljesítménye. A kazánon áthaladó füstgázáram eloszlásának javítása csökkenti a kazán kopását és a korrózióhoz vezető lerakódásokat. Az égési szakasz teljesítményének javítása lehetővé teszi olyan füstgáztisztító berendezések választását, melyek használata kisebb kibocsátásokkal és anyagfelhasználással jár.

A technika alkalmazható:

- új hulladékégető projektekben — a kivitel optimalizálására
- meglévő létesítményeknél, ahol a kemence és a kazán kivitele aggodalomra ad okot — lehetővé teszi az üzemeltető számára, hogy kivizsgálja és prioritási sorba állítsa az optimalizálási lehetőségeket
- meglévő létesítményekben, ahol a kemence/kazán-átalakítások folynak
- a szekunder és/vagy a füstgáztisztításból visszaforgatott levegő betáplálási helyének optimalizálását vizsgáló új és meglévő létesítményekben
- SCR-t használó létesítményekben — az SCR egység optimalizálására.

Egy számítógépes optimalizálási tanulmány ára rendszerint a 10 000-30 000 EUR közötti tartományban mozog, a tanulmány által lefedett területtől és a lefuttatott modellek szükséges számától függően.

A beruházási és üzemeltetési költségek terén a következő megtakarítási lehetőségeket lehet figyelembe venni:

- alternatív technológiai lehetőségek választása a szennyezés-csökkentő rendszerekhez
- kisebb/kevésbé komplex szennyezés-csökkentő rendszerek
- a szennyezés-csökkentő rendszer alacsonyabb fogyasztása

A fent említett megtakarítások kevésbé valószínűen realizálhatók ott, ahol a szennyezés-csökkentő rendszer kiválasztásánál a kulcsfontosságú tényező a nehézfémek vagy halogének jelenléte, mint pl. a veszélyes hulladék égetőiben. Ez azért van így, mert a füstgáztisztító rendszer kialakítását inkább a nehezen kezelhető anyagok motiválják, mint az égésből származó anyagok.

A kemence vagy a kazán kialakításának változtatása a meglévő létesítményekben jelentős költséggel jár.

A technika alkalmazásával az égető kialakítása optimalizálható alacsony nyers füstgáz szennyező-koncentrációkra, illetve lehetségesen alacsonyabb kibocsátások és anyagfelhasználás válik lehetővé.

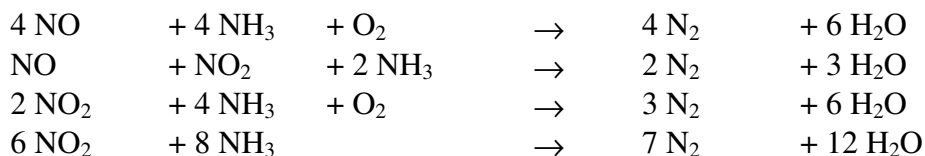
A technikát használják, illetve használták:

- az Egyesült Királyságban egy tervezett hulladékégető engedélyezési eljárása során a hatékony égető kialakításának demonstrálására
- az égési szakasz kivételének optimalizálására kis kommunális égetőben Norvégiában
- Belgiumban néhány új és meglévő kommunális üzemben
- francia üzemek: St. Ouen (1989) - Nancy (1995) - Toulouse-St Germain.

Szelektív katalitikus redukció (SCR)

A technikát a 2.5.5 alfejezet mutatja be részletesen.

A leggyakoribb SCR által katalizált reakciók az alábbiak.



A hulladékégetés során az SCR-t általában a porleválasztást és savas gáz-tisztítást követően alkalmazzák (a technika poros vagy tisztítatlan gázon történő alkalmazására kevés példa fordul elő). Emiatt a füstgázokat rendszerint újra kell hevíteni a megelőző füstgáztisztítási szakaszok után (a füstgáztisztítás kilépő hőmérséklete általában 70°C nedves rendszereknél és 120-180°C a legtöbb zsákos szűrő esetében) az SCR üzemi hőmérsékletének eléréséhez (ld. lejjebb). A SCR közvetlenül a forró portalanítás utáni elhelyezése, ami nem gyakori, de előfordul néhány európai üzemben, segít a füstgáz újrahevítéséből származó hátrányok elkerülésében.

Az SCR rendszerek üzemelési hőmérsékleti tartománya 180-450°C-ig terjed. A leggyakrabban 230-320°C között üzemelnek a rendszerek. Az alacsonyabb hőmérsékletek általában tisztább füstgázt kívánnak meg az SCR bemeneténél. A füstgáz SO₂-tartalma kritikus lehet, katalizátor-mérgező hatása miatt.

A katalizátor anyaga általában a hordozóból (TiO₂) és az aktív komponensekből (V₂O₅ és WO₃) áll.

A levegőbe történő kibocsátások következő csökkenése érhető el:

Anyag(ok)	Csökkentési hatékonyság tartomány (%)	Elért kibocsátási tartományok				Megjegyzések
		$\frac{1}{2}$ órás átlag (mg/Nm ³)	napi átlag (mg/Nm ³)	éves átlag (mg/Nm ³)	fajlagos kibocsátás (kg/t hulladék input)	
NO _x	>80%	15-220	15-100	15-100	0,15-0,60	
NH ₃	n.a.		<10			
N ₂ O	n.a.					nincs adat

3.1.10 táblázat: Az SCR használatával elérhető kibocsátási szintek

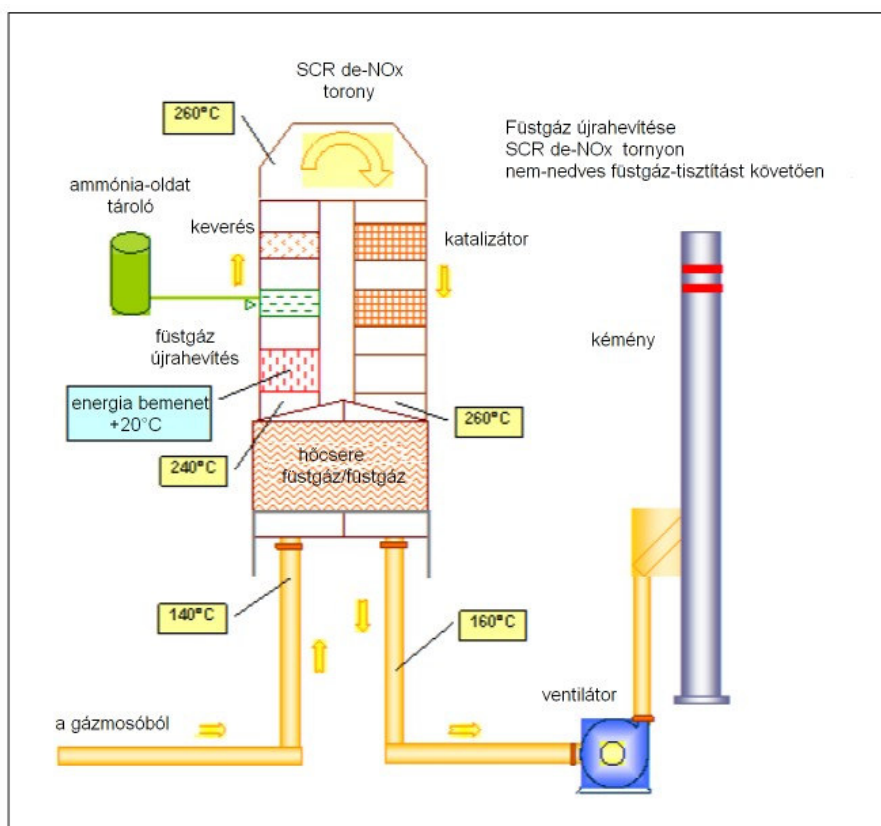
Ezen túlmenően, speciális kialakítás (extra katalizátor réteg, magasabb üzemelési hőmérséklet) esetében az SCR a PCDD/F katalitikus roncsolására is képes. 98-99,9%-os roncsolási határfok érhető el, 0,05-0,002 ng/Nm³ TEQ PCDD/F kibocsátási tartományokat eredményezve.

Az SCR alkalmazása általában a más technikák használatával elérhetőnél alacsonyabb NO_x-kibocsátással jár. Legfőbb hátránya magas beruházási költsége, energiafogyasztása (rendszerint földgáz, könnyű olaj vagy magas nyomású gőz), ami a füstgázoknak a katalizátor reakció-hőmérsékletére történő újrahevítéséhez szükséges. Az energiaigény a hőmérsékleti tartomány alsó részében hatékonyan üzemelni képes rendszerek választása és hőcsere alkalmazása révén csökkenthető.

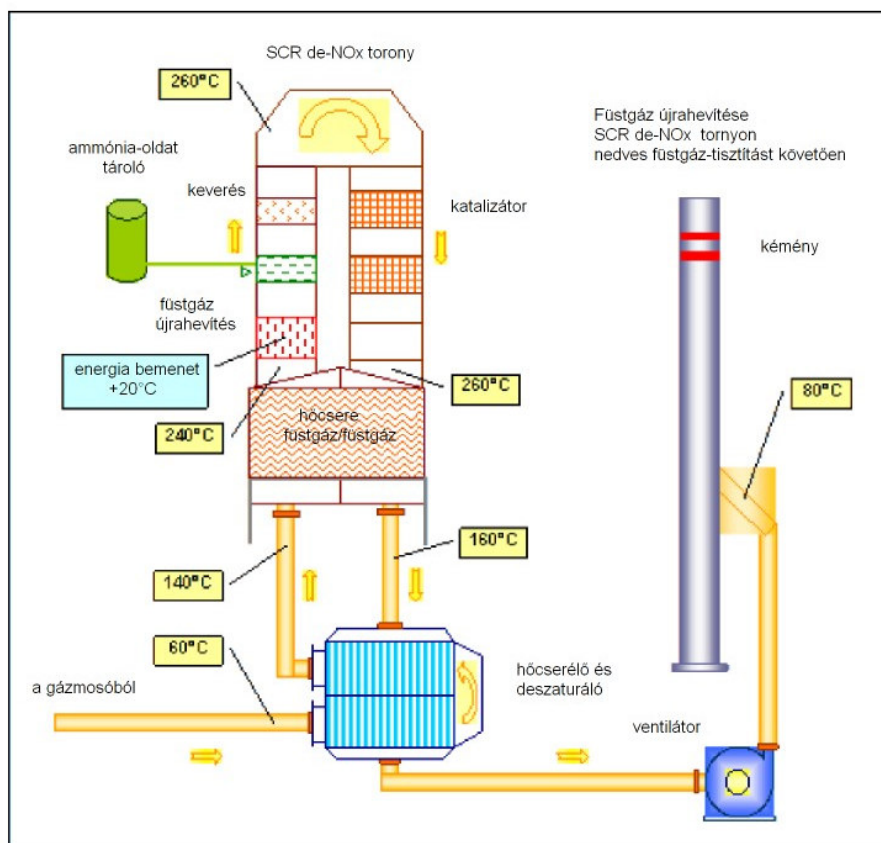
Az SCR technika esetében a legszignifikánsabb környezeti elemek közötti kölcsönhatást a füstgáz újrahevítésének energiaigénye jelenti. Ennek nagysága a katalizátor üzemelési hőmérsékletének csökkentésével mérsékelhető. Ilyen esetben azonban a katalizátornak a keletkezett só szublimációjával végzett regenerációja (amit rendszerint a telephelyen kívül hajtanak végre) igényel több energiát.

Az újrahevítés energiaigénye (és költsége) általában nagymértékben csökkenthető hőcserélő alkalmazásával, ami az SCR-ből kilépő gáz hőjét használja fel a belépő gáz felmelegítésére. Az energiaveszteségek és az emiatti további energiaigény a hőcserére és a sugárzási veszteségre korlátozódnak. Olyan esetekben, ahol fennáll igény meleg vízre, egy további hőcserélő állítható üzembe az SCR kimeneti energiájának hasznosítására. Ilyen rendszer üzemel a SYSÁV-nál, Malmö-ben, Svédországban.

A két alábbi diagram a SCR alkalmazását illusztrálja nem nedves (ú.m. száraz vagy félszáraz) és nedves füstgáztisztító rendszerek után. Látható, hogy a második rendszer (a nedves füstgáztisztító után használt) egy további hőcserélő fokozatot is magában foglal. Az ilyen elrendezés csökkenti az energiaigényt, de alacsonyabb hőmérsékletű végső füstgáz-kibocsátást eredményez. Az alacsonyabb hőmérsékletű kibocsátás esetén speciális intézkedések válhatnak szükségessé a kémény korróziója megelőzése érdekében és valószínűleg megnöveli a füstfáklya láthatóságát is.



3.1.1 ábra: Nem-nedves füstgáztisztító rendszert követően elhelyezett SCR rendszer diagramja, a tipikus hőcsere és hőmérsékleti profilok feltüntetésével



3.1.2. ábra: Nedves füstgáztisztító rendszert követően elhelyezett SCR rendszer diagramja, a további hőcsere és hőmérsékleti profilok feltüntetésével

A reagens- (rendszerint ammónia) fogyasztás alacsonyabb ezen technika alkalmazásával, mint az SNCR-rel.

A környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat az alábbi táblázat tünteti fel:

Szempont	Mértékegység	Tartomány	Megjegyzés
Energiaigény	kWh/t bemenő hulladék	65-100 termikus 10-15 elektromos	A termikus igény az újrahevítésre, az elektromos a katalizátoron keresztüli további nyomásesésre vonatkozik
Reagens-fogyasztás	kg/t bemenő hulladék	3,2 (3,61)	25%-os ammónia-oldat
Reagens sztöchiometria	arány	1-1,1	az adat a bemenő szennyezőanyag-koncentrációra vonatkozik
Maradékanyag – típus			csere alkalmával a kimerült katalizátor
Maradékanyag – mennyiség	kg/t bemenő hulladék	0,01	
Vízfogyasztás	l/t bemenő hulladék		nem szignifikáns
Keletkező szennyvíz	l/t bemenő hulladék		nincs
A füstfáklya láthatósága	+/-	-	csökken, az SCR-rel együtt alkalmazott újrahevítés következtében

Megjegyzés: a táblázat adatai a tipikus üzemi tartományt igyekeznek mutatni. A keletkező maradékanyagok és szennyvíz pontos mennyisége sok tényezőtől függ, beleértve a kezeletlen füstgáz koncentrációit (ami a hulladéktól függ), a tömegáramot, a reagens koncentrációját stb.

3.1.11 táblázat: Az SCR használatához kapcsolódó környezeti elemek közötti kölcsönhatások

Az üzemeltetési adatokat az alábbi táblázat mutatja:

Szempont	A szempontokat befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/alacsony) vagy adat	Megjegyzések
Komplexitás	• további egységek szükségesek a technológiai folyamatban • kritikus üzemeltetési szempont	M	További egység szükséges a technológiai folyamatban
Rugalmasság	• a bemeneti feltételek széles tartományában képes üzemelni	M	Általában nagy mértékű csökkentés érhető el SO ₂ , SO ₃ és P bemenő koncentrációkra érzékeny Multifunkcionális NO _x és PCDD/F csökkentés
Megkívánt szakértelem	• jelentős extra képzés vagy személyzet	M/K	

3.1.12 táblázat: Az SCR használatának üzemeltetési adatai

A katalizátor hőmérséklete jelentős hatást gyakorol a reakció (relatív) sebességére. A katalitikus reakció hőmérsékleti tartományának optima a katalizátor típusától függ, de rendszerint 200 és 350°C között van.

Az alacsonyabb üzemelési hőmérsékletű katalizátorok általában lassabb reakciót és esetlegesen ammónia szökést eredményeznek (a NO reakció arányai relatíve jobban lassulnak a hőmérséklet csökkenésével, mint a NO₂ arányok). A magasabb hőmérséklet a katalizátor élettartamának csökkenését okozza és a NH₃ oxidációjához, ezáltal további NO_x keletkezéséhez vezethet.

Az alacsonyabb hőmérsékleten üzemelő SCR rendszerek általában kevésbé hatékonyak a PCDD/F lebontásában és további katalizátor-réteget is szükségessé tehetnek. Az alacsonyabb hőmérsékletű rendszerek általában tisztább bemenő füstgázzal dolgoznak – különös tekintettel az alacsony SO₂ értékekre.

Az alacsony hőmérsékleten üzemelő SCR-hez automatikus tisztító berendezést (pl. koromlefúvató) kell használni. Rendszeres regeneráció szükséges a keletkezett ammónium-sók eltávolítására is. A regeneráció gyakorisága alacsony hőmérsékletű rendszereknél az 1 000 óránkénti gyakoriságot is elérheti. Ennél a gyakoriságnál ez már kritikussá teheti az üzemelést, mert a végső füstgázban a HCl és az SO₂ mennyiségét megnövelheti.

Az elért környezeti haszon függhet attól, hogy hol helyezkedik el az SCR a füstgáztisztító rendszerben. Ahol az SCR a mosó előtt található, a NO_x-csökkentés hatékonysága alacsonyabb lehet.

Katalizátorok

A katalizátor kiválasztásánál a következő szempontokat lehet figyelembe venni:

- a füstgáz hőmérséklete
- a szükséges NO_x csökkentés mértéke
- a megengedhető ammónia szökés
- a kén-dioxid megengedhető oxidációja
- a szennyezőanyagok koncentrációja
- a katalizátor élettartama
- a további PCDD/F lebontás szükségessége
- a füstgáz por-koncentrációja.

A katalizátorok élettartalmát a következő típusú degradációk korlátozzák:

- a katalizátor mérgeződése amikor a katalizátor aktív helyét blokkolja egy erősen megkötődött vegyület
- lerakódás amikor a pórusokat por vagy kondenzált só, pl. ammónium-biszulfát (NH₄HSO₄) tömi el – ez a SO_x bemenetnél végzett redukciójával csökkenthető és a katalizátor újrahevítésével részben visszafordítható
- zsugorodás amikor túl magas hőmérsékleten a katalizátor mikroszerkezete megrongálódik
- erózió szilárd anyagok vagy részecskék okozta fizikai károsodás következtében

A katalizátorok élettartama jellemzően 3-5 év.

A mosó kimeneténél megjelenő, sólerakódást okozó cseppek kritikus tényezőnek számítanak, amelyek növelik a katalizátor degradációját.

Megjegyzés: a *katalizátor élettartama* az addig az ideig eltelt órák száma, amikor a katalizátor már nem tudja a megkívánt NO_x-csökkentést biztosítani a megengedett maximális ammónia szökés mellett. Ennek következtében, amikor az SCR technika alkalmazása mellett döntenek, a NO_x és a NH₃ kibocsátási határérték betartását egyaránt garantálni kell.

A technika alkalmazhatóságának értékelése az alábbi táblázatban található:

Szempont	Értékelés/Megjegyzés
A hulladék típusa	bármelyik
Az üzem mérettartománya	bármely üzemi méret esetén alkalmazható, de gazdasági okokból leggyakrabban közepes-nagy méretű üzemekben használják
Új/meglévő	gyakran csővégi technika, amely új és meglévő létesítményekben is alkalmazható
Folyamatok összeférhetősége	- rendszerint a füstgáz elő-portalanítását és esetleg SO₂/SO_x eltávolítást is igényel - az üzemeltetéshez minimális belépő hőmérséklet szükséges - az SCR használata lehetővé teszi a NO_x-kibocsátás csökkentését további technikák alkalmazása nélkül, ha alacsonyak a NO_x kibocsátási határértékek
Kulcsfontosságú elhelyezési tényezők	- az ezzel a technikával elérhető további NO_x-csökkentés elsősorban a NO_x-ra igen érzékeny területeken hasznos - hely szükséges a beépítéséhez

3.1.13 táblázat: Az SCR alkalmazhatóságának értékelése

A technika beruházási költségeit az alábbi táblázat mutatja be:

Füstgáztisztítási elem	Becsült beruházási költség (millió EUR)	Megjegyzés
Szövetszűrő	2	
Permetező szárító	1-1,5	
SNCR/elpárolgató hűtő/reagens beinjektálás/szövetszűrő	7	példa tipikus elrendezésre
Elpárolgató hűtő/reagens beinjektálás/szövetszűrő	10	példa tipikus elrendezésre

A becsült költségek egy 2 technológiai vonalból álló, 200 kt/év teljes kapacitású TSZH égetőre vonatkoznak.

3.1.14 táblázat: Egy tipikus félnedves füstgáztisztító rendszer egyes kiválasztott elemeinek becsült beruházási költsége SCR és SNCR alkalmazásával

A fenti táblázat azt tükrözi, hogy SNCR helyett SCR alkalmazása esetén mintegy 3 millió EUR-ral megnőnek a beruházási költségek. Egy 2 technológiai vonalból álló, 200 kt/év teljes kapacitású TSZH égető esetében az SCR beruházási költsége kb. 4 millió EUR. Az SNCR esetében ez csak 1 millió EUR. Egy nemrégiben készített de-NO_x tanulmány szerint egy 15 t/ó (ú.m. 100 000 t/év) kapacitású üzem esetében 7,5-9,5 4 millió EUR közé esik.

Egy tonna NO_x eltávolításának költsége 1 000-4 000 EUR között mozog, csökkenő tendenciával. Ha ezt a költséget hozzárendeljük a hulladék tonnánkénti kezelési költségéhez, ez 5-7,7 EUR-t tesz ki. Az SNCR üzemeltetési költségei általában 25-40%-al alacsonyabbak az SCR-énél (az SNCR-hez használt reagenstől, az SCR üzemelési hőmérsékletétől, az előmelegítéstől stb. függően).

A nagyobb gázáramokkal és volumengazdaságossággal működő nagyméretű üzemek jobban elbírák az SCR használatának további költségeit, mivel a költség nagyobb hulladék-mennyiségre oszlik el.

Az SCR-nél előmelegítésre magas nyomású gőz használható. Olyan létesítményeknél, ahol alacsony bevétel érhető csak el ezért az energiaforrásért (akár hőként, akár elektromos árammá átalakítva), a gőz előmelegítésre felhasználása kisebb bevételkiesést (költséget) eredményez, mint olyan esetekben, ahol magasabb az elérhető bevétel. Ebből következik, hogy az SCR üzemeltetési költségei azokban az üzemekben, ahol a gőz-energia közepes és magas frakciójának a díja alacsony, lényegesen alacsonyabbak lehetnek.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- az engedélyekben a NO_x kibocsátási határértékek 100 mg/Nm^3 alattiak
- a nagy üzemek okozzák a helyi NO_x -kibocsátás szignifikáns részét
- a NO_x -ra kivetett adók úgy vannak beállítva, hogy a technika gazdaságilag kedvezővé válik
- rendelkezésre áll magasnyomású gőz a füstgáz újrahevítésére (amikor a megtermelt energia csak alacsony áron lenne értékesíthető, ez csökkenti az üzemeltetési költséget).

Példaüzemek:

A hulladékégetők széles körben használják az SCR technikát. A FEAD által szolgáltatott adatok szerint a felmért kb. 200 európai TSZH égető közül legalább 43 alkalmazza.

Kereskedelmi és ipari égetők szintén használják, különösen Németországban.

Szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR)

A technika részletes leírása a 2.5.5.2.1 alfejezetben található.

Az SNCR folyamat során ammóniát (NH_3) vagy karbamidot [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] fecskendeznek a kemencébe a NO_x -kibocsátások csökkentése érdekében. Az NH_3 850 és 950°C között lép a leghatékonyabban reakcióba a NO_x -al, karbamid használata esetén a hőmérséklet 1050°C-ig is emelkedhet. Ha túl magas a hőmérséklet, az oxidációs folyamatból nem kívánt NO_x keletkezik. Ha túl alacsony a hőmérséklet, vagy nem elégséges a tartózkodási idő ahhoz, hogy a NH_3 és a NO_x reakciója bekövetkezzen, csökken a NO_x -csökkentés hatásfoka, és a megmaradt ammónia kibocsátása megnőhet. ez a folyamat az *ammónia szökés*. Valamennyi ammónia szökés mindig előfordul a reakció kémiájából következően. Túl sok vagy rosszul optimalizált reagens befecskendezés további ammónia szökést okozhat.

A levegőbe történő kibocsátások következő csökkenése érhető el:

Anyag(ok)	Csökkentési hatékonyság tartomány (%)	Elért kibocsátási tartományok				Megjegyzések
		$\frac{1}{2}$ órás átlag (mg/Nm^3)	napi átlag (mg/Nm^3)	éves átlag (mg/Nm^3)	fajlagos kibocsátás (g/t hulladék input)	
NO_x	30-75%	150-400	80-180	70-180	0,4-1,2	Az adagolási aránytól, a hulladéktól és az égető típusától függően változik

NH ₃	n.a.		5-30			Ott a legalacsonyabb, ahol nedves mosót használnak. Ld. a lenti megjegyzéseket.
N ₂ O	n.a.		10-30			Ld. a lenti megjegyzéseket.

Megjegyzések:

A N₂O kibocsátás a 120 mg/Nm³ alatti NO_x-kibocsátások elérése érdekében adagolt magasabb reagens-dózisok esetén gyorsan nő.

A N₂O kibocsátás a reakció (kemence) hőmérsékletétől és a reagenstől függ. Karbamid használatakor a N₂O kibocsátás általában magasabb, mint ammónia használatakor.

A hatékonyabb NO_x-csökkentéshez magasabb reagens-dózisok szükségesek, mai nagyobb ammónia szökést okozhat — ez egy később következő nedves füstgáztisztítóban elnyelethető, de akkor a szennyvízben megjelenő ammónia kezelése igényel intézkedést, pl. ammónia sztirppelést.

3.1.15 táblázat: Az SNCR használatával elérhető kibocsátási szintek

Az SNCR-ben az N₂O-kibocsátás fő forrása a karbamid használata ammónia helyett (2-2,5-ször magasabb N₂O-kibocsátást okoz). Az N₂O-kibocsátás csökkentése érdekében ezért nagyon fontos a reagens-kiválasztás optimalizálása és a folyamat szabályozása (különösképpen a gáz keveredést, a hőmérsékletet és az ammónia szökést).

A BREF készítése során beszámoltak arról, hogy az SNCR használata a PCDD/F kialakulását is csökkentheti (bár ezt számszerű adatokkal nem támasztották alá).

A környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat az alábbi táblázat tünteti fel:

Szempont	Mértékegység	Tartomány	Megjegyzés
Energiaigény	kWh/t bemenő hulladék	45-50 termikus	a kemencébe injektálás hűtő hatása
Reagens-fogyasztás	kg/t bemenő hulladék	8,5 (9,51)	25% ammónia-oldat
Reagens sztöchiometria	arány	2-3	
Maradékanyag – típus			nincs
Maradékanyag – mennyiség	kg/t bemenő hulladék		nincs
Vízfogyasztás	l/t bemenő hulladék		nem szignifikáns
Keletkező szennyvíz	l/t bemenő hulladék		nincs
A füstfáklya láthatósága	+/-	0	nem szignifikáns

3.1.16 táblázat: Az SNCR használatához kapcsolódó környezeti elemek közötti kölcsönhatások

A technika alkalmazása esetén a következő környezeti elemek közötti kölcsönhatások léphetnek fel:

- energiafogyasztás (alacsonyabb, mint az SCR-nél)
- potenciális N₂O-kibocsátás (magas globális felmelegedési potenciál) és ammónia szökés, ha nem megfelelő a folyamat szabályozottsága
- reagens-fogyasztás (magasabb, mint az SCR-nél)
- az ammónia szökés a maradékanyagokat és a szennyvizet szennyezheti; az ammónia kinyerése lehetséges

Mész-alapú félszáraz, köztes és száraz füstgáztisztítási rendszerekben az ammónia szökést a HCl eltávolításából kialakuló CaCl₂ abszorbeálja. Ha ezt a maradékanyagot ezt követően víz éri, az

ammónia felszabadul. Ennek következményei lehetnek a maradékanyag kezelésénél vagy a cement stabilitásánál.

Ammónia sztripper lehet szükséges nedves rendszereknél a helyi szennyvíz-kibocsátási határértékeknek való megfeleléshez, vagy abból a célból, hogy pl. a Cd és a Ni megfelelő kicsapátása a technológiai szennyvízből biztosítható legyen. Egy ilyen további folyamatlépés beiktatása növeli a folyamat komplexitását és a költségeket.

Az üzemeltetési adatokat az alábbi táblázat mutatja:

Szempont	A szempontokat befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/ alacsony) vagy adat	Megjegyzések
Komplexitás	• további egységek szükségessége a technológiai folyamatban • kritikus üzemeltetési szempont	K	• reagens beinjektáló berendezés szükséges, de külön reaktorok nem • a hőmérséklet és a reagens beinjektálás optimalizálása fontos
Rugalmasság	• a bemeneti feltételek széles tartományában képes üzemelni	K	• jó NO_x-csökkentés széles bemeneti koncentráció-tartományban • a hőmérséklet kritikus
Megkívánt szakértelem	• jelentős extra képzés vagy személyzet	K	• a folyamat szabályozására és a beinjektálás optimalizálására gondot kell fordítani

3.1.17 táblázat: Az SCR használatának üzemeltetési adatai

A teljesítményt befolyásoló legfontosabb tényezők:

- a reagens elkeveredése a füstgázzal
- a hőmérséklet és
- a tartózkodási idő a megfelelő hőmérséklet ablakban.

A reagens dózisének megemlése rendszerint csökkenti a NO_x-kibocsátást, azonban növelheti az ammónia szökést és a N₂O-kibocsátást (különösen karbamid alkalmazása esetén).

Nedves mosóban az ammónia abszorbeálódik. Ammónia sztrippeléssel eltávolítható a szennyvízből — bár ez bonyolítja az üzemeltetést, és növeli a beruházási és üzemeltetési költségeket. A regenerált ammónia ismét felhasználható az SNCR folyamatban.

A N₂O-koncentrációk rendszerint a NO_x-koncentrációk csökkenésével nőnek. Kedvezőtlen körülmények között 50 mg/m³-t is meghaladó értékek jelentkezhetnek, míg kedvező körülmények között a kibocsátási koncentrációk 10 mg/m³ alatt maradnak. Az N₂O képződése a technológiai folyamat optimalizálásával és szabályozásával csökkenthető.

A beinjektált ammónia mennyisége a tisztítatlan füstgáz NO_x-koncentrációjától és a szükséges NO_x-csökkentéstől függ. Az NH₃-t vizes ammónia oldat formájában injektálják a füstgázba. A leggyakrabban alkalmazott oldatok az (koncentrált vagy hígított) ammónium-hidroxid (NH₄OH) vagy karbamid [CO(NH₂)₂]. A karbamid használata relatíve kis méretű egységeknél hatékony, mivel a karbamid szilárd formában (zsákokban) tárolható és így nem szükséges az ammónia

tárolása (beleértve a kapcsolódó biztonsági intézkedéseket is). Nagyobb méretű üzemekben az ammónia használata általában hatékonyabb.

A reagens és a NO_x elkeveredése a füstgázban az optimális hőmérsékleten alapvető fontosságú a minél hatékonyabb NO_x -csökkentéshez. Az optimális hőmérséklet elérése és a hőmérsékleti ingadozások kiegyenlítése érdekében számos fúvókasor építhető be a kemence különböző szintjein, rendszerint az első huzamban.

Alapvetően az SNCR ott használható, ahol 850-1 050°C közé eső hőmérséklet ablak található. A legtöbb hulladékégetőben ez a kemence felső részén fordul elő.

A technika alkalmazhatóságának értékelése az alábbi táblázatban található:

Szempont	Értékelés/Megjegyzés
A hulladék típusa	bármelyik
Az üzem mérettartománya	bármelyik
Új/meglévő	némely meglévő üzemben a beinjektálási pontok elhelyezése gondot okozhat
Folyamatok összeférhetősége	Magasabb dózis használható (és így alacsonyabb NO_x -kibocsátás érhető el) ammónia szökés nélkül, ha egy nedves mosó követi (amely elnyeli a fölös ammóniát). Ebben az esetben ammónia sztripper lehet szükséges a szennyvíz NH_3 -tartalmának csökkentésére – a kinyert NH_3 visszajuttatható az SNCR-be.

3.1.18 táblázat: Az SNCR alkalmazhatóságának értékelése

A technika maximális csökkentési hatékonysága normál körülmények között kb. 75%. Emiatt az SNCR használata nem megszokott ott, ahol ettől magasabb csökkentés kívánatos, ez rendszerint a 100 mg/Nm³ (napi átlag) alatti NO_x -kibocsátási értékeknél fordul elő. A 75%-t meghaladó csökkentést elérő magasabb reagens-dózis alkalmazása azzal jár, hogy a <10 mg/Nm³ ammónia szökés eléréséhez további intézkedések szükségesek, mint pl. egy nedves mosó, és a szennyvíz ammónia-szintjét szabályozó intézkedések, pl. ammónia sztripelés is szükséges lehet.

A technika alkalmazásának fő gazdaságossági szempontjai:

- a beruházási költsége jelentősen kisebb, mint az SCR-é
- még ammónia sztripelés beépítésével is 10-30%-al olcsóbb, mint az SCR
- a reagens-fogyasztás költsége magasabb, mint az SCR-nél
- az üzemeltetési költségei alacsonyabbak, mint az SCR-é, főként a füstgáz újrahevítésére szükséges kevesebb energiaigény miatt.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- az engedélyben szereplő kibocsátási határértékek 100-200 mg/Nm³ napi átlag közöttiek
- nincs elég hely az SCR számára
- vannak a reagens beinjektálására megfelelő helyek (beleértve a hőmérsékleti követelményeknek való megfelelést is)

Ha a magas ammónia-tartalmú szennyvíz kibocsátása engedélyezhető, ezen rendszer használata nedves füstgáztisztítással gazdaságosabb, mert ekkor nincs szükség ammónia sztripelésre.

16 Üzemeltetési rend követése, illetve eljárások bevezetése (pl. szakaszos helyett folyamatos üzemelés, megelőző karbantartási rendszer) a kibocsátások átfogó csökkentése céljából, hogy amennyire csak lehetséges, minimalizálhatók legyenek a tervezett és nem-tervezett leállítási és beindítási műveletek.

Szakaszos helyett folyamatos üzemelés

Az égetőművekben a kibocsátások könnyebben szabályozhatók a rutinszerű üzemelés során, mint a leállítási és beindítási műveletek idején. A szükséges leállítási és beindítási műveletek számának csökkentése emiatt fontos üzemeltetési stratégia, ami átfogóan csökkentheti a kibocsátásokat és az anyagfelhasználásokat. A hulladék gyűjtési/beszállítási rend és a hulladék-keletkezés évszakonkénti ingadozásából adódóan szükségessé válhat a leállás a hulladék hiánya miatt, habár ezt gyakran úgy kerülik el, hogy az üzem csak részleges terhelésen üzemeltetik, pontosan azért, hogy kezelni tudja ezeket a változásokat. Egy modern égető számára rendszerint nem okoz problémát a részleges terhelésen történő üzemelés.

A folyamatos üzemelés elérését elősegítő tényezők például a következők:

- a folyamat tervezett kapacitása hasonló ahhoz, amilyen ütemben a hulladék beérkezik
- a hulladék tárolása (ahol lehetséges) átsegíthet azokon az időszakokon, amikor kevesebb a beérkező hulladék
- az ellátási lánc olyan megszervezése, hogy elkerülhetők legyenek azok az időszakok, amikor kevesebb a beérkező hulladék
- a hulladék kiegészítése egyéb tüzelőanyagokkal
- on-line (üzemközbeni) tisztítás alkalmazása.

Az üzemet tehát úgy kell méretezni és a karbantartását olyan módon kell megoldani, hogy a folyamatos üzemelés fenntartható legyen.

Az üzem kiegyensúlyozott működése az energiahatékonyságot javítja. A folyamatosan alacsonyabb terhelésen történő üzemeltetés azonban csökkentheti az energiahatékonyságot, mert kisebb a turbína hatékonysága.

Fontos szabályozni és előre becsülni az üzembe érkező hulladékáramokat. A jó karbantartás fontos a leállások elkerülése/számának korlátozása érdekében. A létesítményben tervezhető on-line (üzemközbeni) karbantartási program, így maximalizálható az üzemkészség ideje.

Kevesebb leállás betervezése és megvalósítása valószínűsíthetően bármely létesítmény összkibocsátását csökkenti.

A leállások elkerülése az égető létesítményben a költségeket az alábbiak révén csökkentheti:

- folyamatos üzemeltetés, így a létesítmény nagyobb kihasználtságának lehetővé tétele
- a folyamat alacsonyabb termikus igénybevétele miatt a kemence-karbantartási munkáit ritkábban kell elvégezni
- szükségtelenül nagy folyamatok beruházási költségeinek elkerülése.

Ahol a létesítmény kapacitása nagyobb, mint az átvett hulladék mennyisége, és úgy döntenek, hogy a hiányzó kapacitást egyéb hulladékokkal vagy tüzelőanyagokkal egészítik ki, ezeknek a tüzelőanyagoknak/hulladékoknak a beszerzése költségekkel járhat.

Példaiüzemek

Általánosságban minden nagy hulladékégető üzem folyamatosan üzemel. Az ipari méretű (kb. 2 t/h feletti) TSZH égetőket minimális számú leállással folyamatosan lehet üzemeltetni.

17 A hulladékégető üzemeltetési kritériumainak meghatározása és megfigyelő rendszer kialakítása a hatékony égési teljesítmény fenntartása és ellenőrzése érdekében. A tüztér ellenőrzése kiterjedhet infravörös kamerák használatára, vagy egyéb, pl. ultrahanggal vagy a hőmérsékletkülönbség alapján végzett mérési módszerek alkalmazására.

Megfelelő tüztér-ellenőrzési rendszer és paraméterek kiválasztása és használata

A változó összetételű hulladékok égetéséhez olyan folyamat szükséges, ami a folyamat-feltételek nagy változásaival is képes megbirkózni. Kedvezőtlen körülmények fellépésekor be kell avatkozni az üzemeltetés szabályozásába.

Ahhoz, hogy az égési folyamatot szabályozni lehessen, a folyamatra vonatkozó részletes információk szükségeltetnek, ellenőrzési rendszert ('filozófiát') kell kialakítani, és elengedhetetlen, hogy be lehessen avatkozni a folyamatba. Az alkalmazott rendszer részletessége üzemről üzemre változik. A következők áttekintést adnak arról, milyen információkat, ellenőrzési rendszereket és beavatkozásokat lehet használni.

A folyamatra vonatkozó információk a következők lehetnek:

- különböző pozíciókhoz tartozó rostély-hőmérsékletek
- a hulladékréteg vastagsága a rostélyon (vizuális ellenőrzés)
- nyomásesés a rostély felett
- különböző pozíciókhoz tartozó kemence- és füstgáz-hőmérsékletek
- a hőmérséklet-eloszlás meghatározása a rostély felületén optikai vagy infravörös mérőrendszerekkel
- CO-, O₂-, CO₂- és/vagy H₂O-mérések (különböző pozícióknál)
- gőztermelési adatok (pl. hőmérséklet, nyomás)
- vizuális megfigyelésre szolgáló nyílások a tüztér falán (személyes vagy kamerás megfigyelés céljából)
- az égési zóna hossza és elhelyezkedése a kemencében
- az égésből származó anyagok kibocsátási adatai (kezelés előtti értékek)

Filozófiáját tekintve az ellenőrzés lehet klasszikus ellenőrző rendszer, amely eleve az üzemelést ellenőrző számítógép része. Ezenkívül fuzzy kontroll rendszerek is használhatók.

A folyamatba történő beavatkozások a következők módosítását jelenthetik:

- hulladék adagoló rendszer
- a rostélymozgás frekvenciája és sebessége a rostély különböző részein
- a primer égéslevegő mennyisége és elosztása
- a primer égéslevegő hőmérséklete (amennyiben előmelegítő berendezés rendelkezésre áll)
- a szekunder égéslevegő mennyisége és elosztása a kemencében (és amennyiben rendelkezésre áll, a visszaforgatott füstgázé)
- a primer és szekunder levegő aránya

A kifinomult szabályozó rendszerek használata időben és térben kevésbé változó égetési folyamatot (ú.m. stabilabb és homogénebb) eredményez, általánosságban jobb tüzelési teljesítményt és minden környezeti elembe alacsonyabb kibocsátásokat téve lehetővé.

A jobb folyamatszabályozás a következő specifikus előnyökkel jár:

- jobb salak-minőség (a primer levegő megfelelő eloszlásának és az égetési folyamat rostélyon való jobb elhelyezésének köszönhetően)
- kevesebb pernye termelődése (a primer égéslevegő mennyiségi változásainak csökkenése miatt)
- jobb pernye-minőség (kevesebb elégetlen anyag a tüztérben uralkodó stabilabb körülmények miatt)
- kevesebb CO és VOC képződése (a tüztérben uralkodó stabilabb körülmények miatt, ti. nincsenek 'hideg' pontok)
- kevesebb NO_x keletkezése (a tüztérben uralkodó stabilabb körülmények miatt, ti. nincsenek 'forró' pontok)
- a dioxinok (és elővegyületeik) képződésének kisebb kockázata a tüztérben uralkodó stabilabb körülmények miatt
- a kapacitás jobb kihasználtsága (mivel a változások miatti termikus kapacitás-veszteség kisebb)
- jobb energiahatékonyság (mert az égéslevegő átlagos mennyisége csökken)
- a kazán jobb üzemelése (mivel a hőmérséklet állandóbb, kevesebb a hőmérsékleti 'csúcs', így kisebb a korrózió és a lerakódó pernye-formációk kialakulásának kockázata)
- a füstgáztisztító rendszer jobb üzemelése (mivel a füstgáz mennyisége és összetétele állandóbb)
- jobb lebontási potenciál, a hulladék hatékonyabb égetésével kombinálva

A feltüntetett előnyök ezen kívül kevesebb karbantartással és jobb üzemkészséggel járnak.

A rostélypálcák hőmérséklete termokeresztel mérhető. A füstgáz hőmérsékletét a kíméletlen üzemviszonyok miatt —magas portartalom, a fém megolvadásának kockázata stb.— nehezebb mérni. A kemence kimeneténél szintén nem könnyű a mérések kivitelezése, az üzemeltetési körülmények miatt (por, sav stb.), különösen CO-ra és CO₂-re. Szabályozási célokra gyors mérések szükségesek. A H₂O tartalom pontos mérése igen komplikált.

A megfelelő tüztér-ellenőrzési rendszer és paraméterek kiválasztása és használata minden hulladékégető létesítményben alkalmazható. Az ilyen rendszerek részletes összetevői egyik folyamat kialakításról a másikra változnak.

A technika használata különösen ott jár haszonnal, ahol a betáplált hulladék igen heterogén tulajdonságokkal bír, pl. változékony összetételű, vagy minősége nehezen jelezhető előre, illetve nehezen biztosítható. A feltüntetett előnyök ezen kívül kevesebb karbantartással és jobb üzemkészséggel járnak. A tüzelési teljesítmény javítása a környezeti teljesítmény általános javulását eredményezi.

Európa-szerte széles körben alkalmazzák, különösen modern üzemekben.

18 Az égés üzemeltetési feltételeinek optimalizálása és szabályozása a következő kombinációjával:

- a. a levegő (oxigén) ellátás, eloszlás és hőmérséklet szabályozása, beleértve a gáz és az oxidánsok elkeveredését is**
- b. a tüztér különböző helyein mért hőmérséklet és hőfok-eloszlás szabályozása**
- c. a nyers füstgáz tartózkodási idejének szabályozása.**

Ezen feltételek biztosítására megfelelő technikák leírása található a következő alpontokban:

- **A levegőellátás sztoichiometriai optimalizálása**
- **A primer levegőellátás optimalizálása és elosztása**
- **A szekunder levegő beinjektálása, optimalizálása és elosztása**
- **A tüztérben lévő gázok tartózkodási idejének, hőmérsékletének, turbulenciájának, valamint az oxigénkoncentrációknak az optimalizálása**
- **A szekunder tüztér turbulenciát fokozó kialakítása**

A levegőellátás sztoichiometriai optimalizálása

A tüzelőrendszerekben megfelelő mennyiségű oxigént (rendszerint levegőt) kell biztosítani ahhoz, hogy a reakciók végbemenjenek.

A levegőellátásnak ezenkívül még a következő szerepe van:

- hűtés
- salak kialakulásának elkerülése a tüztérben/kazánban
- a gázok keverése a hatékonyság fokozása érdekében
- a kiégés minőségének befolyásolása.

Túl kevés vagy túl sok levegő bejuttatása nehézségeket okoz. A szükséges levegő pontos mennyisége a következőktől függ:

- a hulladék típusa és jellemzői (fűtőérték, nedvességtartalom, heterogenitás)
- az égetőberendezés típusa (a fluidágy a hulladék fokozottabb bolygatása miatt nagyobb mértékben ki van téve a levegőnek, így összességében kevesebb levegőt igényel,)
- annak biztosítása, hogy a levegő a megfelelő helyeken és mennyiségben jusson be.

Általánosságban kerülni kell a szükségesnél nagyobb mennyiségű levegő bejuttatását, viszont a bejuttatott mennyiségnek biztosítani kell a hatékony égést (amit a kemencét elhagyó alacsony és stabil CO-koncentráció jelez). A túl sok levegő túl nagy mennyiségű füstgáz keletkezéséhez vezet, így nagyobb méretű és ezzel együtt nagyobb költségű füstgáztisztító rendszert tesz szükségessé.

Az optimalizálás célja a füstgáz mennyiségének (és így a kezelési követelmények) csökkenése, ugyanakkor hatékony gázkiégés elérése.

A primer levegőellátás optimalizálása és elosztása

A tüzeléshez szükséges oxigén biztosítása érdekében a hulladékágyba vagy közvetlenül fölé bejuttatott levegőt primer levegőnek nevezzük. A primer levegő elősegíti a száradást, a kigázosodást és a tüzelés egyes berendezéseinek hűtését.

A primer levegő-ellátás módja közvetlenül kapcsolódik az égetési technológiához.

Rostélytüzeléses rendszerek esetében a primer levegőt a rostélyon keresztül juttatják be a hulladékágyba, hogy:

- a rostély különböző zónáiban lejátszódó reakciókhoz (száradás, gázosodás, elillanás) szükséges mennyiségű levegő rendelkezésre álljon, és biztosítani lehessen a homogén és hatékony eloszlást a hulladékágyban, ami javítja a salak kiégését
- hűtse a rostélypalcákat, hogy elkerülhető legyen azok elsalakosodása és korróziója. A folyadékűtésű rostélyoknál a hűtés rendszerint külön vízkör révén történik, és így a primer levegő hűtőhatása nem releváns.

Rostélytüzeléses TSZH égetőknél a primer levegőáramot elsődlegesen az oxigénigény, és nem a rostély hűtési kívánalmai határozzák meg (méretezési feladat).

Forgódobos kemencékben, reciprokáló és aknakemencékben a primer levegőt rendszerint a hulladékágy felett vezetik be. Néhány reciprokáló kemence kialakítás esetében a primer levegő egy részét a hulladékágy alatt is bevezethetik.

A fluidágyas rendszerekben a primer levegőt közvetlenül az ágy anyagába juttatják be, ahol az egyúttal az ágy fluidizálását is elvégzi. A primer levegőt a tüztér aljáról fúvókákon keresztül fúvatják be az ágyba.

A primer és szekunder levegő egyensúlya a hulladék jellemzőitől és az alkalmazott tüzelési technológiától függ. Ezen egyensúly optimalizálása előnyös a folyamat üzemeltetése és a kibocsátások szempontjából. Általában a magasabb fűtőértékű hulladékok esetében alacsonyabb primer levegő arány alkalmazható.

A rostélytüzeléses égetőkben a primer levegő osztott bejuttatása a különböző zónákba (egyedi szélszékrenyek, többszörös vagy megosztott táp-ventilátorok használatával) lehetővé teszi, hogy a zónákba jutó levegő mennyiségét külön-külön szabályozni lehessen. Ez lehetővé teszi, hogy a rostélyon zajló minden folyamat (száradás/pirolízis/kigázosodás/elillanás/kiégés) saját optimalizált levegőellátása révén optimalizálható legyen.

Túl kevés levegő bejuttatása a végső (kiegési) zónába gyenge salakkiegést okozhat, ha a tartózkodási idő a tüztérben nem elég hosszú.

Amennyiben az égéslevegőt a hulladéktároló területől szívják el, ez elősegíti a hulladéktároló területekhez kapcsolódó bűz-kockázat csökkentését.

A levegőellátás és -elosztás optimalizálása előnyös az égetési folyamat tüzelési szakaszának optimalizálása és összességében a kibocsátások csökkentése szempontjából. A salak jobban kiég, csökken a támasztó tüzelés (és az ehhez szükséges tüzelőanyagok iránti) igény.

Könnyen üzembe helyezhető. A primer levegő-ellátás elengedhetetlen a tüzelési folyamathoz. Optimalizálása a tüzelési technikától függően változó.

Amennyiben az elsődleges kialakítás kifogástalan és rendelkezésre állnak a primer levegőellátás szabályozásának rendszerei és berendezései, nem merül fel igény további berendezésekre (illetve az ezekkel kapcsolatos költségekre). Meglévő üzemek esetében, ahol beavatkozás szükséges, további ventilátorok és légcsővezeték kiépítése válhat szükségessé a levegő ellátás szabályozásához és elosztásához.

A szekunder levegő beinjektálása, optimalizálása és elosztása

A szárítás, kigázosítás, égés és kiégés során az éghető hulladékok gáz-halmazállapotba alakulnak. Ezek a gázok számos illékony komponens keverékei, amelyeket még tovább kell oxidálni. E célból további levegőt (ún. szekunder levegőt) vezetnek be a kemencébe.

Az égés hőmérséklete az égéslevegő előmelegítésével emelhető, illetve több égéslevegő beengedésével csökkenthető (megjegyzés: a gázok megfelelő tartózkodási ideje főleg a kemence méreteitől függ). Ennélfogva egyes esetekben a szekunder levegő hűtési célokat is szolgálhat.

A szekunder levegő másik fő funkciója a forró füstgázok keverése, emiatt nagyszámú fúvókán keresztül fúvatják be a kemencébe, ami biztosítja a kemence teljes keresztmetszetének megfelelő lefedettségét. A forró gázok keveréséhez megfelelő keverő-energia szükséges, emiatt a szekunder levegőt viszonylag nagy sebességgel fújják be. Ezenkívül a kemence méretét is úgy választják meg, hogy a megfelelő füstgáz áramlási képet és összességében kielégítő tartózkodási időt biztosítson. TSZH esetében az áramlási sebességet a keverési követelmények határozzák meg.

A beömlőnyílások elhelyezkedése, iránya és száma a különféle kemence-geometriákra tanulmányozható és optimalizálható, pl. számítógépes áramlási modellek használatával.

A fúvókafejeknél tapasztalható magas hőmérséklet jelentős mértékben hozzájárul a NO_x -képződéshez. A hőmérséklet tipikusan az 1 300-1 400°C tartományban mozog. A speciális kialakítású fúvókafejek használatával és a nitrogén mennyiségének csökkenésével járó füstgáz-visszaforgatással olyan szintre csökkenthető a hőmérséklet és a nitrogén-ellátás, ami a kevesebb NO_x -képződéshez vezethet.

A technika környezeti előnyei:

- az égetéshez kapcsolódó anyagok alacsonyabb kibocsátása
- az égésgázok jobb oxidációja, az égetés korábbi szakaszaiban
- a nem tökéletes égés termékei és a pernye csökkenő áthordása a gáztisztítási szakaszokba.

A technika előnye az égetéshez kapcsolódó anyagok (pl. NO_x , CO és/vagy VOC) alacsonyabb kibocsátása. A füstgáztisztító rendszer nem kezeli a CO- és VOC-szennyezést.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások

Ha normál oxigén-tartalmú szekunder levegőt injektálnak be az utóégető zónába, a fúvókák tetején 1 400°C-os hőmérsékletek mérhetők és ez termikus NO_x keletkezéséhez vezet.

A szekunder levegő mennyisége a hulladék alsó fűtőértékétől függ. Rostélytüzelésnél a szekunder levegő mennyisége rendszerint az összes égéslevegő mennyiségének 20-40%-a, a többi a primer égéslevegő. Ha túl kevés a szekunder levegő, fennáll a kockázat, hogy az utóégető kamra és a kazán vízfalainak korróziója felgyorsul, mivel a CO/ CO_2 szint az oxidáló és a redukáló feltételek között váltakozhat.

Az egyes meglévő üzemek esetében a szekunder levegő optimalizálásához szükséges változtatások költsége a speciális kiviteli jellemzőktől függően nagymértékben változik. Ez a költség új létesítmények esetén már benne foglaltatik a folyamat kialakításában.

A NO_x -szint csökkentése csökkentheti a kapcsolódó kezelés költségét és javítja az SNCR technika által elérhető NO_x -szintet. A szekunder levegő optimalizálása csökkentheti a keletkező füstgáz mennyiségét és így a szükséges füstgáztisztító üzem méretét. A szennyezőanyagok összes térfogatárama azonban hasonló marad. Az égési szakasz tökéletesítése az összes környezeti elembe történő kibocsátást csökkentheti.

Az új üzemek többségének kialakításánál alkalmazzák. Példaüzemek: ezen aspektus javítására végzett felújítás meglévő létesítményben: Toulon (F) 1. és 2. vonal (2x12 t/ó), ahol lecserélték a ventilátorokat és a fúvókákat.

A tüztérben lévő gázok tartózkodási idejének, hőmérsékletének, turbulenciájának, valamint az oxigénkoncentrációk optimalizálása

Az égési szakaszban keletkezett gázok hatékony kiégéséhez a gázt megfelelő mennyiségű oxigénnel alaposan el kell keverni, a keverést pedig megfelelően magas hőmérsékleten és kellően hosszú ideig kell végezni. Ezekre az elvekre és az ipari méretű égetőművek gyakorlati tapasztalataira alapozva számos európai és nemzeti szabályozásban fogalmaztak meg minimum követelményeket. Ezeket a kritériumokat azért fogalmazták meg, hogy biztosítható legyen a folyamatok olyan megtervezése és üzemeltetése, amely garantálja a keletkezett gázok oxidációját és a szerves szennyezők lebomlását, ezen szennyező anyagok kibocsátásának csökkentése érdekében.

A 3.1.19 táblázat az égési folyamatban keletkező gázok égetésére alkalmazott néhány műszaki feltétel rövid összefoglalását mutatja be:

Paraméter	Műszaki feltétel	Cél
Minimális tüzelési hőmérséklet a gázok tartózkodási ideje alatt	- legalább 850°C, vagy - legalább 1 100°C több mint 1 % szerves halogént (pl. Cl) tartalmazó veszélyes hulladékok esetén	az oxidációt lehetővé tevő megfelelő hőmérsékletek
Gázok minimális tartózkodási ideje	az utolsó égéslevegő befűvását követően 2 mp	megfelelően magas hőmérsékleten megfelelően hosszú tartózkodási idő megfelelő mennyiségű oxigén jelenlétében a reakció és az oxidáció lezajlásához
Turbulencia	elégéses ahhoz, hogy biztosítsa a gázok hatékony keveredését és az égési reakciót	a gázok keverése, hogy a reakciók a teljes gázáramban végbemenjenek
Oxigén-koncentráció (főlös)	>6% (vegye figyelembe, hogy a pontos oxigén-koncentrációra vonatkozó követelményt törölték a legutóbbi EU jogszabályból)	az oxidáció végbemenéséhez megfelelő mennyiségű oxigént kell bejuttatni

3.1.19 táblázat: Néhány, égetésre alkalmazott tüzelési műszaki feltétel

Az üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy ezek a követelmények általában megfelelőek és segítségükkel kielégítő szintű lebomlás érhető el. Sok meglévő létesítmény azonban alacsonyabb hőmérsékleten, rövidebb tartózkodási idővel és kisebb oxigén-koncentráció mellett üzemel, és így is hatékony égést biztosít, illetve minden környezeti elembe alacsony kibocsátást ér el. Néhány üzemben ráadásul jelentős kibocsátás-csökkentéseket értek el, különösen a NO_x terén, mégpedig anélkül, hogy más teljesítmény-paraméterek vagy a korróziós problémák terén jelentős romlás lett volna tapasztalható.

Éppen ezért lehetséges, hogy bizonyos körülmények között és bizonyos hulladéktípusoknál épp az alapvető kritériumoktól való eltérés hozza meg az optimális környezeti eredményt. Az eltérések engedélyezéséhez az összességében hatékony teljesítmény biztosítása érdekében a következő szempontokat kell megvizsgálni:

- alacsony és állandó CO-koncentráció a légszennyező kibocsátásokban (<50 mg/m³ napi átlag)
- salak jó minőségű kiégése (TOC <3 %)
- az előnyök többet nyomnak a latban, mint a kockázatok (pl. jelentős NO_x-csökkentés érhető el)
- a (betáplált) hulladék kellően homogén, konzisztens és ellenőrzött minőségű ahhoz, hogy a szennyező anyagok lebomlása az üzemelési spektrumban bizonyosan megfelelő legyen?
- megfelelő-e a turbulencia mértéke az égési zónában ahhoz, hogy lehetővé tegye az alacsonyabb hőmérsékletet/rövidebb tartózkodási időt?

A tartózkodási idő nagymértékben függ a kemence méretétől, ezért kevés lehetőség van a tartózkodási idő növelésére, miután az üzem már megépítették, hacsak nagyobb felújítást nem végeznek, ami viszont igen jelentős költséggel járhat. Az új üzemeket általában úgy tervezik meg, hogy 2 másodperces, vagy annál hosszabb tartózkodási időt biztosítsanak, kivéve, ha speciális és nagyon jól szabályozható, homogén hulladékáramokat égetnek, és így nagyobb biztonsággal érhetők el a kibocsátási szintek.

A minimálisan szükséges oxigén-koncentráció és hőmérsékleti szint csökkentése a következő lehetséges előnyökkel jár:

- a NO_x -termelődések, így a kezelés igényének és/vagy a kibocsátásoknak a csökkenése
- kevesebb füstgáz termelődik, ezért kisebb füstgáztisztítási rendszer is elégséges lehet
- jobb energiahatékonyság.

A füstgáz tartózkodási idejének csökkentése önmagában általában nem hoz semmilyen speciális környezetvédelmi hasznot, de a tüztér méretének csökkentése igen.

A füstgáz turbulenciájának növelése általában javítja a keveredést, így az oxidációs reakciók arányát, ami a hatékony égéshez vezet. Ahol azonban a turbulenciát főleg szekunder levegő befúvásával érik el, biztosítani kell a megfelelő egyensúlyt, mivel a feleslegesen befúvott levegő túlzott hűtést okozhat, vagy a levegővel együtt túl sok nitrogén juthat be a tüztérbe, ami fokozhatja a NO_x -képződést.

A tartózkodási idő, a hőmérséklet, az oxigén és a turbulencia csökkentése a nem tökéletes égés során keletkező termékek kibocsátásának emelkedését okozhatja, ha a feltételek olyan mértékben romlanak, hogy az tökéletlen égéshez vezet. Ezek a kockázatok nagyobbak olyan esetekben, ahol a (betáplált) hulladék nagyon heterogén, változatos összetételű vagy minősége nehezen biztosítható. A N_2O - (dinitrogén-oxid) kibocsátási koncentrációi (és ennél fogva a globális felmelegedésre gyakorolt hatás) is nagyobbak alacsonyabb égetési hőmérsékletek esetén. A CO szintje úgyszintén magasabb lehet.

Az égetendő hulladék lebontásához szükségesnél magasabb hőmérséklet alkalmazása általában csak kisebb mértékben csökkenti a nyers füstgázban a nem tökéletes égés termékeinek jelenlétét — gáztisztítást követően a relatív haszon még ennél is kisebb. A magasabb hőmérséklet másrészt jelentősen fokozott mértékű NO_x -képződéshez vezethet. Következésképpen, hacsak nem célunk valamilyen egyéb környezeti haszon elérése is (pl. a maradékanyagok minőségének javítása salakolvasztással, vagy a PCB-k garantáltan magasabb szintű elbontása), az egyes légszennyező kibocsátások magasabb hőmérséklet okozta csökkenésének kevesebb az előnye, mint amennyi a magas hőmérséklet fenntartása miatt jelentkező, környezeti elemek közötti kölcsönhatások (fokozódó tüzelőanyag-fogyasztás, NO_x -képződés stb.) hátránya.

PÉLDA: Szennyvíziszapot égető buborékos fluidágy:

A 3.1.20 táblázat a dinitrogén-oxid kibocsátás és a folyamat hőmérséklete közötti kapcsolatot mutatja be szennyvíziszapot égető buborékos fluidágyas égetőműben. Megjegyzendő, hogy a buborékos fluidágyas égetés nagyon különbözik a rostélyon végzett égetéstől, és hogy a 900°C -t meghaladó szekunder égetési hőmérséklettel üzemelő rostélytüzeléses TSZH égető dinitrogén-oxid kibocsátása rendszerint elhanyagolható.

Ágyhőmérséklet tartomány (°C)	Szabadoldali hőmérséklet		
	930°C	910°C	890°C
	Dinitrogén-oxid kibocsátás		
820-845	70	120	200
795-820	100	170	270
730-795	180	250	350

Megjegyzés: a dinitrogén-oxid koncentráció adatok mg/m³-ben vannak megadva

3.1.20 táblázat: A dinitrogén-oxid kibocsátás és a hőmérséklete közötti kapcsolat szennyvíziszapot égető buborékos fluidágyas égetőműben

Számos különböző módszer áll rendelkezésre az idő és hőmérséklet paraméterek meghatározására egy adott égetőben, amely különböző mérőműszereket használ eltérő hőátadási képességű kazánok különböző pontjain elhelyezve: a méréseket az üzem különböző terhelései alatt, és az üzem tisztítására való tekintettel különböző időben végzik el. Az egyes módszerek pontossági tartománya eltérő lehet. Mindezen bizonytalanságok ellenére a modern égetőművek környezeti szempontból általában megfelelnek a 2000/76/EK EU irányelvnek.

Példa: VERA szennyvíziszap égető, Hamburg, Németország

Ebben a fluidágyas égetőműben az égési szakaszban alkalmazott alacsonyabb hőmérsékletnek és oxigén-tartalomnak a kibocsátásokra gyakorolt hatásait tanulmányozták. Fluidágy esetében az ágy és a felette lévő szabad tér hőmérséklete egyaránt fontos a hatékony égetéshez.

Hulladék típusa:	szennyvíziszap és rácsszemét
Üzem mérete:	79 000 t/év
Égető típusa:	buborékos fluidágy
Égetés hőmérséklete: (T min)	810°C (ágy feletti tér vagy égető)
Oxigén-koncentráció: (min)	4%
Szennyezés-csökkentő rendszerek:	elektrosztatikus porleválasztó/HCl és SO ₂ mosó/zsákos porszűrő

A következő adatokat/következtetéseket jegyezték le az eredményekből ebben a létesítményben:

- a fluidágy hőmérsékletének 924°C-ról 810°C-re csökkentése nem növelte jelentős mértékben a PCDD/F kibocsátásokat (0,0005 ng/m³-ről 0,0008 ng/m³-re történt változásról számoltak be)
- az oxigén-koncentráció 6,8%-ról 4%-ra csökkentése a PCDD/F kibocsátások csökkenését eredményezte (0,0015-ről 0,0005 ng/m³-re)
- az ágy feletti térben mért 890°C alatti hőmérsékleteknél a NO_x kibocsátás 30-40 mg/Nm³ között volt, és nem függött az ágy hőmérsékletének 730 és 845°C közötti változásától
- az ágy feletti térben a hőmérséklet 890°C fölé emelése növelte a NO_x kibocsátást — ez a hatás leginkább magas ágyhőmérsékleteknél volt észlelhető
- az ágy feletti térben 900°C alatti hőmérsékleteknél az SNCR csak kis hatást gyakorolt a NO_x kibocsátásra
- alacsonyabb ágy feletti térben mért, illetve ágyhőmérsékleteknél a N₂O-kibocsátás magasabb (az adatokat ld. a fenti Környezeti elemek közötti kölcsönhatások fejezetben)
- a N₂O-kibocsátásokra az SNCR használata szinte semmilyen hatást nem gyakorolt.

Arról is beszámoltak, hogy az oxigénszint csökkentése a korrózió növekedését eredményezheti, ami speciális ellenintézkedéseket tesz szükségessé.

Általában új üzemek kivitelezési szakaszában alkalmazható, vagy olyan meglévő létesítményekben, ahol a tüztér jelentős felújítása folyik, vagy azt tervezik. Ott alkalmazható, ahol a tüztér méretét a rendelkezésre álló tér korlátozza.

Kevésbé alkalmazható, ahol a (betáplált) hulladék nagyon heterogén, változatos összetételű vagy minősége nehezen biztosítható.

A meglévő üzemekben előfordulhat, hogy a tartózkodási idő eleve 2 másodperc alatti. Amennyiben ezek az üzemek nem kívánnak kiterjedt (és költséges) felújításokat végezni, ezt a nem tökéletes égés termékeire a nyers gázban vonatkozó valós teljesítmény-adatok összegyűjtésével és összehasonlításával indokolhatják.

Az említett égetési paraméterek megváltoztatásának költségekre gyakorolt becsült hatását a normál tervezési értékekhez képest az alábbi táblázat tünteti fel:

Paraméter	A paraméter növelése vagy csökkentése	Becsült költség hatás
Égetési hőmérséklet	Növelés	Kiegészítő tüzelőanyagok költsége Kemence megnövekedett karbantartási költségei A salak lerakási költsége csökkenhet, ha a termék eladható
	Csökkentés	Kisebb igény kiegészítő tüzelőanyagokra Korlátozhatja az égethető hulladéktípusok körét
Füstgáz tartózkodási idő	Növelés	Nagyobb kemence = nagyobb költség A fogadható hulladéktípusok köre nőhet Az égető kivitelének megváltoztatása költséges
	Csökkentés	Kisebb égési folyamat = kisebb költség Korlátozhatja az égethető hulladéktípusok körét
Turbulencia	Növelés	Az égető kivitelének megváltoztatása költséges A levegőbefúvás fokozása növeli a keletkező füstgáz mennyiségét és a füstgáztisztítás költségeit
	Csökkentés	Műszakilag nem tanácsos/kívánatos
Oxigén (felesleg) koncentráció	Növelés	Az oxigénfelesleg koncentrációjának növelése bővítheti az égethető hulladéktípusok körét, kibocsátási problémák nélkül
	Csökkentés	Kisebb füstgázmennyiség kisebb füstgáztisztítási költséget jelent Korlátozhatja az égethető hulladéktípusok körét

3.1.21 táblázat: A tüzelési paraméterek bizonyos változtatásainak költségekre gyakorolt becsült hatása

A legjelentősebb költségvonzat általában a meglévő létesítmények esetében jelentkezik, ahol a (hatékony kibocsátási teljesítményeket mutató) meglévő üzem hagyományos hőmérsékleti és tartózkodási idő követelményeknek való megfelelése érdekében végzett újjáépítés/felújítás költségei igen magasak.

A NO_x-képződés csökken, így a füstgáztisztítási igény mérséklődhet. Nagyon konzisztens hulladékok esetén az EU irányelvnek megfelelő NO_x-kibocsátás speciális NO_x-csökkentő intézkedések (pl. SNCR vagy SCR) nélkül, vagy minimális intézkedésekkel is elérhető.

A gázok rövidebb tartózkodási ideje és levegőellátás korlátozása nyomán lecsökkenő füstgázmennyiségek kisebb tüztér, illetve füstgáztisztító-berendezések használatát teszik lehetővé, ami csökkenti a költségeket.

Példaüzem: VERA szennyvíziszap égető, Hamburg, Németország

A szekunder tüztér turbulenciát fokozó kialakítása

(Ld. a következő kapcsolódó alpontokat is:

- A szekunder levegő beinjektálása, optimalizálása és elosztása
- A szekunder levegő egy részének helyettesítése visszaforgatott füstgázzal
- A tüztérben lévő gázok tartózkodási idejének, hőmérsékletének, turbulenciájának, valamint az oxigénkoncentrációknak az optimalizálása)

A technika olyan kialakítási jellemzőket jelent, amelyek növelik a turbulenciát, és ezáltal biztosítják az égés során a tüztérben keletkező gázoknak még a fő hőkinyerő zónák kezdete előtti elkeveredését, ahol a gázok hőmérséklete rendszerint még meghaladja a kb. 850°C-t. Az itt tárgyalt zóna után, ahogyan a gázok áthaladnak a fő hőkinyerő zónákon (hőcserélők), állandó és egyenletes gáz-sebesség és gázáram szükséges a gázok ellenáramlásának és cirkulációjának megelőzése érdekében, ami hőcserélési problémákat okozhatna és szennyező anyagok keletkezésével járna.

Néhány esetben a szekunder tüztérben a turbulencia fokozására a szekunder égési zóna speciális kialakítása is használható. A kivitel példái a következők lehetnek:

- örvénykamra
- lángterelők beépítése (hűtés szükséges)
- szűkítések és kanyarok a tüztérben
- tangenciális szekunder levegő befúvás
- szekunder levegő befúvó rendszerek elhelyezése és irányzása (fúvókák stb.)

A jobb tüzelés a tüzelésből származó anyagok alacsonyabb koncentrációjához vezet a nyersgázban. Ez a technika csökkentheti a szekunder levegő szükséges mennyiségét, és így összességében a keletkező füstgáz mennyiségét és a NO_x-képződést. A hatékony turbulencia ezenkívül a tüzelési gázok jobb kiegészét eredményezi, alacsonyabb VOC-és CO-szintek mellett.

A szekunder tüztérteret a beszállító tervezi meg a tervezési stádiumban. Néhány kemence-kialakítás vagy hulladék-típus esetében további elemek lehetnek szükségesek. Egyéb fizikai kialakításokat a keveredés fokozására jelenleg főként a veszélyes hulladék égető ágazatban alkalmaznak.

Példaüzem: veszélyes hulladékok — Cleanaway, UK

A szekunder levegő egy részének helyettesítése visszaforgatott füstgázzal

A szekunder levegő bevezetésének egyik célja (a füstgázban lévő éghető anyagok oxidációján túlmenően) a füstgáz keveredésének és homogenizációjának javítása. A szükségesnél több szekunder levegő használata azonban a füstgáz mennyiségének megnövekedését eredményezi, ami csökkenti az üzem energiahatékonyágát, nagyobb füstgáztisztító berendezések létesítését igényli, és így növeli a költségeket.

A szekunder levegő egy részének visszaforgatott füstgázzal történő helyettesítésével a füstgáz mennyisége csökken a füstgáz elvételének helyén és a kibocsátásnál egyaránt. A levegőből származó friss nitrogén-utánpótlás csökkenése a kemence NO_x-kibocsátásának csökkenését is elősegíti.

A visszaforgatáshoz a füstgáz elvétele általában a füstgáztisztító berendezés után történik, a korrózió és egyéb, a nyers füstgáz által okozott üzemeltetési problémák csökkentése érdekében. Emiatt kis energiaveszteség lép fel és a füstgáztisztító berendezést nagyobb füstgáz-áramra kell tervezni.

Amennyiben azonban a visszaforgatáshoz a füstgáz elvétele a füstgáztisztító berendezés előtt történik, kisebb lehet a füstgáztisztító berendezés, bár a nagyobb koncentrációk miatt szennyezettebb füstgázt kell tisztítani, és fennáll az erózió, korrózió és eltömődés kockázata. Ld. még „A szekunder levegő beinjektálása, optimalizálása és elosztása” alpontot is

Elért környezeti haszon:

- kevesebb füstgáz és így kisebb füstgáztisztító berendezés-méret a füstgáz elvétele után (általában ott, ahol a szennyezett gázt forgatják vissza)
- jobb energiahatékonyság (egy kapcsolt hő- és energiatermelést végző üzemből kb. 0,75%-os növekedést jelentettek)
- a NO_x -keletkezés 10-30%-os csökkenése (ha a nyersgázban a NO_x szintje magas)
- a NO_x -csökkentés reagens-fogyasztásának csökkenése.

Nagy fölös levegőarányoknál a szükséges szekunder levegő kb. 50%-a helyettesíthető visszaforgatott füstgázzal. Ha ez a visszaforgatott füstgáz nyers füstgáz, az összes égéslevegő és füstgáz mennyiség 10-15%-os csökkenését eredményezi.

A füstgáztisztító berendezés terhelését arányosan lehet csökkenteni, amennyiben a kevesebb füstgázban koncentráltabban jelen lévő szennyezést ugyanazon módos lehet kezelni (ami a kibocsátások okozta terhelés csökkenését is eredményezi), és az üzem termikus hatásfoka kb. 1-3%-kal nőhet.

A pontos kemence-kialakítástól függően, amikor sok a visszaforgatott füstgáz mennyisége, a hatékony oxigénszint-csökkenés következtében megemelkedhet a CO (és egyéb elégetlen anyag) szintje. Emiatt nagy gondot kell fordítani a visszaforgatási arány optimalizálására.

Forgókemencében néhány esetben negatív hűtőhatás léphet fel, különösen alacsony fűtőértékű hulladékok égetése esetén, és ekkor a kemence hőmérsékletének fenntartásához kiegészítő tüzelőanyagra van szükség.

A visszaforgatásra szolgáló csövek korróziója előfordul. A technika alkalmazói arról is beszámoltak, hogy a jelenség kialakulása elkerülhető, ha nem alkalmaznak csatlakozásokat és a csöveket megfelelően szigetelik, hogy ne alakulhassanak ki hideg pontok, ahol a füstgáz kondenzálódhat és így a korrózió hamar megjelenik. A füstgáz alacsony oxigéntartalma miatt a kazánban is kialakulhat korrózió.

Ha az üzemeltető nem figyel oda, a korrózió nagyon gyorsan kialakul. Ilyen esetben a tervezett üzemeltetési megtakarítás helyett hamar magasabb javítási költségekkel, és az üzem hozzáférhetőségének csökkenésével kell számolni. A korrózió veszélye csökkenthető, ha a kazán forróbb pontjait bevonattal látják el. Amennyiben azonban ezt a burkolatot alkalmazzák, a kazán kimeneténél a fölös O_2 -koncentráció füstgáz-visszaforgatás nélkül is csökkenhet, és ez csökkenti a füstgáz-visszaforgatás hasznát.

Néhány füstgáz-visszaforgatással ellátott német TSZH-égetőben a visszaforgatást üzemeltetési okokból lezárták vagy nem használják. A füstgáztisztító berendezés méretezésénél legtöbbször nem veszik figyelembe a kisebb füstgáz-mennyiséget; sok üzemeltető dönt úgy, hogy a füstgáztisztító berendezést kapcsolt füstgáz-visszaforgatás melletti mennyiségekre méretezi, hogy minden lehetséges üzemeltetési körülményre fel legyen készülve.

A technikát új hulladékégetőkben alkalmazzák. Néhány meglévő létesítmény felújításakor is használták, ekkor a csővezetékek kialakításához hely szükséges.

A technika veszélyes hulladék-égetésnél korlátozottan alkalmazható. Forgókemencés veszélyes hulladék-égetéshez magas O_2 -tartalom szükséges, emiatt a gáz visszaforgatása korlátozottan alkalmazható.

A technika új üzemeknél további beruházást jelent, meglévő létesítmény felújításakor pedig jelentős költséggel jár.

A bevezetés hajtóereje a NO_x -kibocsátás csökkentése elsődleges technika használatával. de- NO_x berendezés még füstgáz-visszaforgatás esetén is szükséges, hogy a 200 mg/Nm^3 -es szint bármely üzemeltetési körülmények között biztosítható legyen.

19 Általánosságban BAT azon üzemeltetési feltételek alkalmazása (ú.m. hőmérséklet, tartózkodási idő és turbulencia), amelyeket a 2000/76/EK Irányelv 6. cikke határoz meg. Általánosságban kerülendő a hulladék hatékony elégetéséhez szükséges értékeket meghaladó üzemeltetési jellemzők. Egyéb üzemeltetési feltételek alkalmazása szintén lehet BAT — ha összességében ugyanolyan szintű vagy jobb környezeti teljesítményhez vezet. Ahol például az 1100°C -nál (ahogyan azt a 2000/76/EK Irányelv bizonyos veszélyes hulladékok esetében előírja) alacsonyabb üzemelési hőmérséklet használata összességében bizonyítottan ugyanolyan szintű, vagy jobb környezeti teljesítmény elérését biztosítja, az alacsonyabb hőmérséklet alkalmazása BAT-nak számít.

20 A primer égéslevegő előmelegítése alacsony fűtőértékű hulladékok égetésénél, a létesítményből származó hő hasznosításával, olyan feltételek esetén, ahol ez jobb tüzelési teljesítményt eredményez (pl. ahol alacsony fűtőértékű/magas nedvességtartalmú hulladékokat égetnek). Ez a technika veszélyes hulladék égetőkben általában nem alkalmazható.

A primer vagy szekunder égéslevegő előmelegítése

A primer égéslevegő előmelegítése a hulladék szárítása révén javítja a tüzelési folyamatot. Ez különösképpen ott fontos, ahol alacsony fűtőértékű/magas nedvességtartalmú hulladékokat égetnek, minthogy ezek további szárítást igényelhetnek. A primer égéslevegőt a kemence tűzálló bélésének hűtőlevegőjével keverve 150°C -ra melegítik elő.

A szekunder égéslevegő előmelegítése alacsony fűtőértékű hulladékok égetésénél növelheti a hatékonyságot és segítheti a tüzelés folyamatát, mégpedig úgy, hogy biztosítja a megfelelő hőmérsékletet és az egyenletes hőmérséklet-eloszlást a gáz kiegészi zónában.

A rostélytüzeléses települési szilárd hulladék égetőkben az égéslevegő előmelegítése rendszerint alacsony nyomású gőzzel történik, és nem hőcserével, a füstgázok hőjéből (bonyolult levegő csővezetékek, korróziós problémák).

Fluidágyas égetőkben az égéslevegő előmelegítése rendszerint a füstgázok hőjéből hőcserével történik, de erre a célra néha gőzt vagy kiegészítő tüzelőanyagokat is alkalmazhatnak.

Néhány létesítményben ezt a hőt a tűzálló bélés mögül, a hűtőlevegőből nyerik. Az égéslevegővel bejuttatott hő nem veszik el, mert a kazánban visszanyerhető.

A stabilabb tüzelés alacsonyabb légszennyező anyag-kibocsátást eredményez. Lehetővé válik az alacsonyabb értékű gőz minőségének javítása.

Ahol a hő az égetési folyamatból származik, a környezeti elemek közötti kölcsönhatások minimálisak. Ha külső forrásból származó tüzelőanyagot kell használni, a külső energia fogyasztása és az ebből származó további kibocsátások (pl. NO_x, por) környezeti elemek közti kölcsönhatásokat okoznak.

A primer, esetleg a szekunder égéslevegő előmelegítése különösen ott előnyös, ahol alacsony fűtőértékű hulladékot égetnek. Primer égéslevegő esetében az előny onnan származik, hogy az előmelegítés elősegíti a száradást és a hulladék begyulladását, a szekunder égéslevegőnél viszont onnan, hogy a technika segít fenntartani a hőmérsékletet a füstgáz kiegészi zónában.

Magas fűtőértékű hulladékot égető üzemekben szükség van a bejuttatott levegő hűtő hatására, emiatt nem látják hasznát ennek a technikának.

Új üzemeknél a rendszer kialakítása a hőcserélő és a gőz/kondenzátum kör kiépítésének plusz költségével jár. A plusz költségek hatása az üzem méretétől függ.

Meglévő üzemek átalakítása specifikus további beruházásokat tesz szükségessé.

A hőcserélő berendezés állóeszköz-beruházási költsége ellentételezhető a szükségtelenné váló kiegészítő tüzelőanyagok miatt kieső költségekkel.

A technika bevezetésének hajtóereje lehet a jobb tüzelési teljesítmény elérése, különösen ott, ahol alacsony fűtőértékű hulladékot égetnek.

A technikát Európa-szerte alkalmazzák az üzemekben.

21 Támasztó égőfej(ek) használata beindításkor és leállításkor, valamint a szükséges (az adott hulladéknak megfelelő) üzemeltetési hőmérséklet folyamatos fenntartására, amíg elégetlen hulladék van a tüztérben.

Automatikusan üzemeltetett támasztó égőfejek használata (póttüzelés)

Beindításkor támasztó égőfejeket használnak arra, hogy a szükséges minimális hőmérséklet feletti zónát alakítsanak ki, amelyen keresztül a füstgázokat a kemence teréből szekunder égetésre betáplálják. Az égőfejek kialakításánál ez a legfontosabb üzemeltetési feltétel.

A megfelelő hőmérsékletek extrém körülmények közt is biztosítható megteremtéséhez támasztó égőfejeket építenek be. Ezeket akkor használják, ha a hőmérséklet a szükséges minimum alá csökken.

Leállításkor a támasztó égőfejeket akkor használják, amikor a hőmérséklet a kemence névleges hőmérsékleti szintje, illetve a szükséges minimális hőmérséklet alá csökken: addig üzemelnek, amíg hulladék van a tüztérben.

Az automatikusan üzemeltetett támasztó égőfejek segítségével biztosítható a megfelelő égetési hőmérséklet, és ezáltal a keletkezett gázok megfelelő kiégetése, a nyers gázban a tökéletlen égéstermékek koncentrációjának csökkentése a kemence kivezető nyílásánál, és így valamennyi környezeti elembe történő kibocsátás csökkentése.

A támasztó égőfejek tüzelőanyag-felhasználása (rendszerint könnyűolaj vagy földgáz) környezeti elemek közötti kölcsönhatást eredményez. A támasztó égőfejeket alacsony CO-kibocsátásra kell optimalizálni, különben beindításkor és leállításkor magas kibocsátások várhatók.

A beindítás támasztó égőfejek nélkül is lehetséges, de az égőfejek használatával a művelet simábban, kevesebb korommal és a hőmérséklet jobb szabályozásával végezhető el. Normál TSZH égetőkben a támasztó égőfejek nélküli beindítás növelheti a hulladék klórtartalmából eredő korrózió kockázatát.

Minden hulladékégetőben alkalmazható, különösképpen ott, ahol az átvett hulladék fűtőértéke alacsony és/vagy a hulladék minősége inkonzisztens.

Az átalakítás költségei jelentősek lehetnek, a támasztó égőfejek elhelyezésének nehézségei miatt. Az olyan folyamatoknál, amelyek szakaszosan üzemelnek, a költségek jelentősen magasabbak lehetnek, bár ez összemérhető az ilyen üzemelési módokhoz társuló további kibocsátások kockázatával.

A bevezetés hajtóereje annak biztosítása, hogy valamennyi környezeti elembe csökkennek a kibocsátások, illetve a beindítási és leállítási műveletek szabályozhatók legyenek, és ne vezessenek a gázolaj és egyéb tüzelőanyagok égetéséből származókon felül további szennyező kibocsátásokhoz.

A technika alkalmazását a 2000/76/EK Irányelv előírja, bár bizonyos körülmények között a jogszabály kivételeket tehet a beindítási égőfej használatára vonatkozó kötelezettség tekintetében (2000/76/EK 6. cikk, 4. bekezdés).

22 A kazánbelső teréhez (pl. membránfalak használata a rostélyos kazánokban és/vagy a szekunder tűztérben) és a kazánfalazat hőszigetelő rendszeréhez kapcsolódó kombinált hőelvonás alkalmazása, az elégetett hulladék alsó fűtőértékével és korrozív hatásával összhangban oly módon, amely biztosítja

a. a kazán megfelelő hő-megtartását (alacsony fűtőértékű hulladék nagyobb hő-megtartást igényel),

b. a többlet hő elszállítását az energiakinyerés érdekében (magasabb fűtőértékű hulladék a korábbi kemenceszakaszokból hőelvonást tesz lehetővé).

A kemence membránfal és az első kazánhuzam védelme tűzálló vagy egyéb anyagokkal

A kemence falát membránfalak (más néven „vízfalak”) alkotják, amik abroncsokkal összekapcsolt, függőleges csősorokból állnak, zárt (membrán) fallá összehegesztve, amely a kazán elpárologtató zónájának része. Ezeket a membránfalakat —különösen a kemence alsó szakaszán, ahol a füstgázok még nem teljesen égtek ki— védeni kell ezen gázok korrozív és koptató hatásától. E célból a kemence alsó szakaszának falát egy réteg tűzálló kerámiával vagy más védő anyaggal fedik. A fal védelmének további előnye alacsony fűtőértékű hulladékok esetén a kazán felé történő hőátadás csökkentése, ami ott előnyös, ahol a hőmérsékletet fenn kell tartani.

A legtöbb modern hulladékégetőben a teljes kazán, a tápvíz-előmelegítő kivételével, vízcsöves falakból áll. Gőzkazánokban ez a fal az elpárologtató része.

Ahol nincsen membránfal, a hűtést néha a levegő tűzálló lemezek mögötti keringtetésével oldják meg, ilyenkor a meleg levegőt gyakran a primer égéslevegő melegítésére használják.

A tűzálló falazat szerepe a hőátadás csökkentése és a csövek védelme a túlságosan magas hőmérsékletekkel és a korrózióval szemben. A tűzálló falazatot a kemence/kazán belsejében alakítják ki, míg a kemence/kazán külsejét hőszigetelő anyag borítja.

Magas fűtőértékű hulladékokkal a tüzelési hőmérséklet rendszerint gond nélkül elérhető. A tűzálló kerámia falazat fő szerepe ezért a kemence falainak védelme a magas hőmérséklet okozta korrózió ellen, illetve a hőmérséklet túl gyors csökkenésének megelőzése. Magasabb hőmérsékletű gőz és magasabb fűtőértékű hulladékok esetén a kemence falának nagyobb részét kell tűzálló kerámia falazattal borítani. Alternatív megoldás lehet speciális korrózióálló ötvözetből, pl. króm-nikkelből készült fémborítás használata a kazáncsöveken a csövek korrózió elleni védelmére. A fémborítás hőcserélő képessége jobb (ld. a 29. BAT pontot), mint a tűzálló kerámia alternatíváknak.

A kemencében a megszilárdult hamuból álló lerakódások kialakulásának elkerülésére a következő technikákat fejlesztették ki:

- a kemence oldalfalainak hűtése — ami csökkenti a salak hőmérsékletét, ezáltal a salak megszilárdul, mielőtt eléri a kemencefalat
- a kemence tervezése során alacsonyabb fajlagos hőterhelés kialakítása (nagyobb méret ugyanazon termikus kapacitáshoz).

A jobb üzemenkészség azt jelenti, hogy a beindításhoz és leállításhoz kapcsolódó további kibocsátások kockázata csökken.

Az égés során keletkezett hő visszatartása a kemencében csökkenti az alacsony fűtőértékű hulladékokhoz adandó kiegészítő tüzelőanyag-igényt.

A tűzálló bélésű kemence magasabb hőkapacitása segít csökkenteni a hőmérséklet-ingadozásokat, amelyek a változó fűtőértékű hulladékokból adódnak, így elősegítve a stabilabb égést és a tüzelési szakaszból származó kibocsátások csökkentését.

A vízzel és levegővel hűtött falak használata lehetővé teszi:

- a hő hasznosítását
- a gáz-hőmérséklet csökkentését, ami csökkenti a pernye ragacsosságát, és ezáltal javítja a kazán üzemenkészségét és a hőátadás hatékonyságát
- a szekunder levegő mennyiségének csökkentését (ahol ezt a füstgáz hűtése céljából fúvatják be), kevesebb füstgáz keletkezését, a füstgáz-kezelő berendezés kisebb kapacitásúra tervezését, esetleg a nyers gáz alacsonyabb NO_x-tartalmának biztosítását.

Hasonló hatások érhetők el léghűtésű tűzálló falazattal.

Ahol a hulladék fűtőértéke alkalmas a tüzelési hőmérséklet fenntartására, és a tűzálló falazat túl vastag, csökkenhet a hőátadás a kazán felé és ennél fogva az energiakinyerési teljesítmény. Ha kiegészítő tüzelőanyag szükséges, mert a membránfalak túl sok hőt vonnak el, és emiatt a tüzelési hőmérséklet a hatékony tüzelési teljesítményhez megkívánt alá csökken, tűzálló falazatot kell használni. Alacsonyabb fűtőértékű hulladéknál a tűzálló burkolat növelése segíti a tüzelési hőmérséklet fenntartását.

Az alacsonyabb korrózió és salak felhalmozódás következtében jobb üzemenkészség érhető el.

Ezt a technikát főként rostélytüzeléses települési szilárd hulladékégetőkben alkalmazzák.

A kazáncsövek fokozott védelme tűzálló béléssel az elsődleges tüzelési zónához közel főleg ott alkalmazható, ahol:

- alacsony fűtőértékű hulladékok további hővisszatartást igényelnek az elsődleges tüzelési zónákban
- magas klór-terhelés további korrózióra ad alkalmat
- a magas hőmérsékletű égetés korrózióval kapcsolatos aggályokat okozhat

A jobb üzemkészség az üzemeltetési költségek csökkenését eredményezi. Azonban a kemence konfiguráció megváltoztatása meglévő létesítményekben a magas költségek miatt nem praktikus. A technika alkalmazása üzemeltetési és környezeti előnyökkel jár. Különösen fontos a javuló égési folyamat, alacsonyabb kemence korrózió, kevesebb karbantartás, a kazán hosszabb élettartama.

TSZH égetőkben széles körben alkalmazzák egész Európában.

Összeépített kemence-kazán használata

Az igen forró füstgázok tűzálló béléssel ellátott csővezetékben történő szállítása összetett feladat, mert a folyamat során ragacsos és néha olvadt lerakódások keletkezhetnek. Ezt elkerülendő a füstgáz hőmérsékletét néha a beadagolt levegőfelesleg mennyiségének növelésével csökkentik, ami a hatékonyság csökkenését okozhatja.

Összeépített kemence-kazánban a kazán közvetlenül fedi a kemencét, közbenső csővezeték nélkül, következésképpen a kazáncsövek képesek a kemence oldalát hűteni. A kazáncsöveket a kemence tűzálló falazata védi, miközben a csövek hűtik a falazatot (kölcsonös előny). A kazáncsövek és a tűzálló bélés megfelelő kivitelezése a kemence hűtés finom szabályozását teszi lehetővé. A kemence hatékony hűtése elengedhetetlen az eltömődés elkerülésére, különösen alacsony fűtőértékű hulladékok égetése esetén.

Az energia-hasznosítás növelése a kemence kimeneténél a sugárzási hőveszteség csökkentése révén (a külső hőszigetelés hatásának kiegészítése).

Lehetővé teszi SNCR NO_x-leválasztó rendszer beépítését.

A beadagolt levegőfelesleg és az ennek nyomán keletkező füstgáz mennyisége csökken.

Segít elkerülni a kemence eltömődését, ezáltal a kézi tisztítás (pl. pneumatikus fúrókalapáccsal) szükségessége miatti leállásokat.

Minden rostélytípushoz alkalmas. Nem alkalmazható forgódobos és rázótalcs kemencéknél.

10 t/ó-t meghaladó kapacitású kemencék esetében nélkülözhetetlen.

„Ipari” (2,5 t/ó kapacitású) égetők esetében az összeépített kemence-kazánra alsó kapacitáskorlát nem ismert.

Rendszerint olcsóbb, mint egy külön kazán, igen kis kapacitású (1-2 t/ó) kemencékkel rendelkező üzemeknél nagyobb létesítmények esetében. Napjainkban bevált tervezői gyakorlat.

A legtöbb modern üzem összeépített kemence-kazánal rendelkezik (kivéve a forgódobos- és rázótalcs kemencéket).

23 A kazán (beleértve a szekunder tűzteret is) megfelelő konstrukciója és méretei biztosítsák az elegendő tartózkodási idő és a hőmérséklet hatékony kombinációját ahhoz, hogy az égés során lejátszódó reakciók tartósan alacsony CO- és VOC-kibocsátásokat eredményezzenek.

Alacsony gázsebesség a kemencében, és üres huzamok alkalmazása a kazán konvekciós szakasza előtt

A hulladékégetők kemencéi rendszerint elég nagyok ahhoz, hogy a kellően alacsony gázsebességet és a gáz hosszú gáz tartózkodási idejét lehetővé tegyék. Így az égésgázok teljesen kiéghetnek, és a kazán csövei nem tömődnek el, mert:

- csökken a füstgáz pernye-tartalma
- a füstgázok hőmérséklete csökken, mielőtt kapcsolatba kerülnek a hőcserélő blokkal.

A lerakódások mennyiségét a hőcserélőn a fő kazántér és a hőcserélő blokkok közötti üres kazánhuzamok (pl. a gáz áramlását nem akadályozó membránfalak) alkalmazásával is csökkenthetjük, ahol a füstgáz hőmérséklete, így a pernye ragacsossága csökken. A konvektív túlhevítő előtt a pernye kazáncsövekre történő lerakódásának csökkentésére és ezáltal a korrózió megelőzésére 650°C alatti hőmérsékletek használatosak.

Elért környezeti haszon:

Kevesebb szervesanyag-kibocsátás a tüzelési szakaszból.

A kazánban a kazáncsöveken kialakuló lerakódások csökkenésének köszönhetően javul a hőcsere, ez jobb energiakinyerést eredményezhet.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások vizsgálatánál szempont lehet, hogy a szekunder levegő bejuttatás vagy egyéb, a füstgáz keveredését szolgáló mechanizmusok a nagy kemencék esetében is megfelelőek legyenek.

A kazáncső-lerakódások csökkenése révén javul a folyamat üzemkészsége, és javul a hőcsere.

Főként új üzemek kivitelezésénél alkalmazható, vagy ahol meglévő kemencék és kazánok jelentős felújítását végzik. Szinte valamennyi típusú égetőben alkalmazható.

A nagyobb kemencék építése költségesebb.

A technika alkalmazását a jobb égési folyamatból származó üzemeltetési előnyök, az erózió mértékének, a pernye mennyiségének és a karbantartási szükségleteknek a csökkenése, hosszabb kazán-élettartam ösztönözheti.

Európai TSZH égetőkben szokásos gyakorlat.

24 Gázosítás vagy pirolízis esetében, a hulladék keletkezésének megelőzése érdekében BAT:

- a gázosítási vagy pirolízis szakasz kombinációja egy ezt követő energiakinyeréssel és füstgáztisztítással rendelkező tüzelési szakasszal, amelyek az ebben a BAT-fejezetben a BAT alkalmazásához kapcsolódó kibocsátási tartományokba eső üzemelési légszennyező anyag kibocsátásokat biztosítanak, és/vagy**
- az el nem égetett anyagok (szilárd, folyadék vagy gáznemű) kinyerése vagy átadása külső felhasználásra.**

25 A magasabb hőmérsékletű pernye által okozott üzemeltetési problémák elkerülése érdekében megfelelő kazánkonstrukció kialakítása (pl. megfelelő méretű kazánhuzamok a kemencében/kazánban, és/vagy membránfalak, vagy más, hűtést elősegítő technikák), amely hatékony füstgázhűtést tesz lehetővé még a konvektív hőcserét megelőzően. Az aktuális hőmérséklet az elégetett hulladék típusától és a gőzkazán gőzparamétereitől függ. TSZH égetésénél általában 600-750°C, veszélyes hulladék esetében alacsonyabb, szennyvíziszap esetében magasabb. Egyes hőcserélő típusoknál (pl. lemezes túlhevítő) a hőmérséklet magasabb is lehet.

A kazán kiépítésének optimalizálása

A visszanyert hő a füstgázokból a gőzbe (vagy forró vízbe) átadott energia. A füstgáz maradék energiája rendszerint elveszik a kazán-kimenetnél (hacsak később nem alkalmaznak további hőcserélő rendszereket). Így az energiakinyerés maximalizálása érdekében rendszerint hasznos a füstgáz hőmérsékletének csökkentése még a kazán-kimenet előtt.

A kazán eltömődésének két hatása van az energia-hasznosításra. Az egyik, hogy csökkenti a hőátadási tényezőt és ezáltal csökkenti az energia-hasznosítást. A másik fontos hatás az, hogy a hőcserélő blokkok eltömődéséhez, ezáltal pedig az üzem leállításához vezet. A kazán eltömődésének további nemkívánatos hatása, hogy növeli a korrózió kockázatát a lerakódott réteg alatt. A kazánoknál eltömődések miatt maximum évente egyszeri kézi tisztítást terveznek be (ld. a 34. BAT pontnál).

A jó kazánnak megfelelő nagyságú hőcserélő felülettel és az eltömődés korlátozására megfelelően kivitelezett geometriával kell rendelkeznie. Ez függőleges, vízszintes vagy kombinált függőleges-vízszintes építési móddal egyaránt elérhető (ld. a 2.4.4.2 alfejezetet). A jó kivitelezési gyakorlat példái:

- a gázsebességnek alacsonynak (az erózió elkerülése érdekében) és homogénnek (a nagy sebességű területek, illetve a pangás kialakulásának elkerülésére, ez utóbbi eltömődést okoz) kell lennie a kazán teljes keresztmetszetében (terében)
- az alacsony gázsebesség fenntartásához a kazánhuzamok keresztmetszetének szélesnek és aerodinamikus geometriájúnak kell lennie
- az első kazánhuzam(ok)ban ne legyen hőcserélő és a huzam(ok) méretezése legyen megfelelően nagy (főleg a magasságot tekintve), hogy a füstgáz hőmérséklete 650-700°C alá csökkenhessen. A füstgáz (a konvekció elvén működő) membránfalakkal is hűthető (valójában ezek a csöves falak körülveszik az egész kazánt, a tápvíz-előmelegítő kivételével, gőzkazánokban pedig rendszerint az elpárolgató részét képezik). Magasabb hőmérsékleteknél a nyitott kazánhuzamokban sugárzó hőcserélők is elhelyezhetők
- az első hőcserélő blokkokat nem szabad olyan helyeken elhelyezni, ahol a pernye még ragacsos, vagyis ahol a hőmérséklet még túl magas
- a blokkok csövei között a résnek elég szélesnek kell lennie ahhoz, hogy elkerülhető legyen a lerakódás a csövek közt (eltömődés)
- a víz-gőz körforgásának a membránfalban és a konvektív hőcserélőkben optimálisnak kell lennie a forró pontok, nem megfelelő gáz-hűtés stb. elkerülése érdekében
- a vízszintes kazánt úgy kell kialakítani, hogy a füstgáz-áram ne csak egy útvonalat kövessen, ami a hőmérséklet rétegződését és rossz hatékonyságú hőcserét okozna
- gondoskodni kell arról, hogy megfelelő berendezések álljanak rendelkezésre a kazánban lévő lerakódások eltávolításához (helyben történő kazántisztításhoz)
- a konvektív hőcserélő elrendezésének optimalizálása (ellenáramú, azonos áramú stb.) a csőfal hőmérsékletének megfelelő felület-optimalizálás és a korrózió megelőzése érdekében.

Elért környezeti haszon:

- Jobb üzemkészség és jobb hőcsere, ami összességében jobb energiakinyerést tesz lehetővé.
- A kazán olyan kialakítása, amely megelőzi a lerakódásokat, a por olyan hőmérsékleti zónákban való visszatartását is csökkenti, amelyek a dioxinok kialakulásának kockázatát növelik.

A tervezési szakaszban minden energiakinyerő kazánnal ellátott hulladékégetőnél alkalmazható, ahol szempontnak számít az üzemeltetési élettartam és a hatékonyság növelése.

A kisebb karbantartási szükséglet és a több értékesített energia miatti üzemeltetési megtakarításoknak köszönhetően a beruházás igen rövid idő alatt megtérülhet, és így új létesítményekben indokolt lehet a technika bevezetése.

Meglévő létesítmények, amelyek le kívánják cserélni a kazánt, vagy ahol alacsony a kazán hatékonysága (kommunális hulladék égetőknél általában 75% alatti hőátadási hatékonyság), szintén számításba vehetik ezeket a tényezőket az új rendszer kialakításánál.

A technika alkalmazását a kevesebb karbantartás, a jobb energia-hasznosítás, és az értékesített energiából származó potenciális bevétel ösztönözheti.

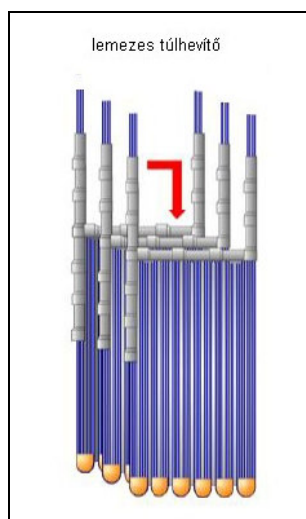
Lemezes túlhevítő használata

A lemezes túlhevítők párhuzamosan elhelyezett, hajlított csövekből álló lapos panelek, köztük széles résekkel, melyeket a gáz áramlási irányával párhuzamosan helyeznek el. A levegőbevezetést rozsdamentes acélból készített héjak védik, amelyeket speciális ragasztóanyag rögzít.

A hőcsere konvekció helyett sugárzással történik, emiatt ezek a túlhevítők magasabb hőmérsékletű helyeken is elhelyezhetők, mint a csöves blokkok (települési szilárd hulladék esetében 800°C füstgáz hőmérsékletig), és ezekhez képest csak korlátozott lerakódásokkal, kisebb erózióval és korrózióval kell számolni.

A lemezes túlhevítőkön a lerakódások akkor tudnak stabilizálódni, ha a vastagságuk eléri a 2 cm-t. Nincs eltömődés, ezért a manuális tisztítások és az ebből következő leállások száma nagymértékben csökken.

A sugárzó hőcsere következtében a gőz hőmérséklete egy teljes évet átfogó üzemelés alatt is állandó maradhat. Az erózió és korrózió jelentősen késleltetett.



3.1.3 ábra: Lemezes túlhevítő sematikus diagramja

A lemezes túlhevítők magasán túlhevített gőz-hőmérsékletet tesznek lehetővé jó üzemkészséggel és stabilitással.

Bármelyik, két-három üres kazánhuzammal rendelkező kazánba beépíthető. Utolsó szakaszban elhelyezett (forróbb) túlhevítőként, magasabb füstgáz-hőmérsékletű területeken (2. vagy 3. kazánhuzam) üzemeltetve kevésbé költséges, mint a blokkok.

Használata növelheti az építési költségeket, a döntéshozatal során ez ellenérv lehet a hőcserélő hosszabb elérhető élettartamával szemben.

Példaüzemek:

- Franciaország: Toulon 3, Thiverval 3, Lons le saunier, Cergy St Ouen l'Aumône, Rennes 3, Monthyon, Chaumont, Nice 4, Belfort, Villefranche sur Saône, Toulouse-Mirail 1 and 2, Lasse (Saumur)
- Belgium: Thumaide
- UK: London SELCHP, Stoke-on-Trent, Dudley, Wolverhampton, Chineham, Marchwood
- Spanyolország: Mataró
- Portugália: Maia, Loures and Santa Cruz (Madeira)
- Olaszország: Piacenza
- Oroszország: Moszkva

26 A létesítmény energetikai hatékonyságának és energiakinyerésének általános optimalizálása, figyelembe véve a műszaki-gazdasági megvalósíthatóságot (különös tekintettel a füstgázok magas korrozivitására, amely számos hulladék, pl. klórtartalmú hulladékok égetéséből származik) és azt, hogy rendelkezésre állnak-e felhasználók az így visszanyert energia átvételére, ahogyan azt a 4.3.1 fejezet leírja, valamint általában figyelembe véve az alábbiakat:

a. a füstgázzal távozó energia okozta veszteségek csökkentése

b. kazán használata a füstgáz energiatartalmának elektromos energiává és/vagy gőz-/hőenergiává alakítására, a következő termikus átalakítási hatékonysággal:

i. vegyes települési szilárd hulladék esetében legalább 80% (3.1.22 táblázat)

ii. fluidágyban kezelt előkezelt kommunális (vagy hasonló) hulladék esetében 80-90%

iii. nagyobb kazán-korróziót okozó (tipikusan kén- vagy klórtartalmú) veszélyes hulladék esetében 60-70%

iv egyéb hulladékok esetében az energiaátalakítási hatások általában 60-90% közé emelhető

c. gázosítást vagy pirolízist követő égetéssel kombinált eljárás esetében legalább 80%-os energiaátalakítási hatásokkal rendelkező kazán alkalmazása, illetve gázmotor vagy egyéb elektromos energia-előállító technológia használata.

	Minimum	Átlag	Maximum
Kazán hatékonyság	75,2%	81,2%	84,2%
1. A %-ok a forró füstgáz energiájának a kazán gőzébe való átadásának hatékonyságát mutatják.			
2. A hulladék nettó fűtőértékét a 2.3.2.1 fejezetben megadott módszernek megfelelően számították.			
3. Kisebb üzemekben a kazán hatékonysága alacsonyabb lehet.			

3.1.22 táblázat: TSZH kazán hatékonysági felmérés adatai

A létesítmény energetikai hatékonyságának és energiakinyerésének általános optimalizálása

A hulladékégetők felszabadítják a hulladék energia-tartalmát, és elektromos energiát, gőzt és forró vizet szolgáltathatnak. Ahol egy üzem úgy helyeznek el, hogy ezen termékek értékesítése és felhasználása maximalizálható legyen, lehetővé válik a hulladék energia-tartalmának jobb felhasználása.

A hulladék-égetőművek energia bemenete általában a hulladék fűtőértékéből származik, de származhat a tüzelési folyamat támogatására hozzáadott kiegészítő tüzelőanyagból vagy importált (elektromos) energiából is.

Az üzem maga is felhasználhat valamennyit a keletkezett energiából. A bemenetek és a (felhasználható) kimenetek közötti különbségek a veszteségek. Ennek a (felhasználható) kinyert energiának egy része értékesíthető (használható). Általában a megtermelt energia egésze értékesítésre kerül, de a gőz és a forró víz esetében ez a felhasználók igényeitől függ; a legkedvezőbb helyzet az, amikor a felhasználók igényei az egész év során nagyobbak, mint az égető termelése (pl. ipari gőzhasználat vagy nagy távfűtés-hálózat).

Az üzem optimalizálása az egész folyamat optimalizálását jelenti, magában foglalja a veszteségek csökkentését és a folyamat anyagfelhasználásának korlátozását. Az energia-kimenet növelése emiatt nem kizárólag az energiaátalakítási hatásfok javításával egyenlő, mivel azt is fontos számításba venni, hogy mennyi energiát igényel maga a folyamat, és melyek az értékesítés lehetőségei.

Az optimális energiahatékonysági technikák bizonyos mértékig az üzem elhelyezkedésétől és az üzemeltetési sajátosságoktól függenek. Az optimális energiahatékonyság meghatározásánál figyelembe veendő tényezők példái:

- elhelyezkedés. Rendelkezésre áll/létrehozható-e valamilyen energia felhasználó/elosztó hálózat?
- igény a kinyert energiára. Kevés értelme van kinyerni azt az energiát, amit utána nem fognak felhasználni. Ez különösképpen hő esetében kérdés, elektromos energiánál kevésbé.
- az igény változékonysága. (Pl. a nyári/téli hőigény különbözik.) A gőzt alapterhelésként exportáló üzemek nagyobb éves ellátást tudnak biztosítani, ezért több megtermelt energiát tudnak exportálni, mint a változatosabb kimenetű üzemek, amelyeknek némi hőt el kell hűteniük azokban az időszakokban, amikor kisebb rá az igény.
- éghajlat. Általában a hőnek hidegebb éghajlaton van nagyobb értéke (habár a hő felhasználása a hűtőberendezések üzemeltetésére opciót jelenthet azokon a területeken, ahol hűtésre/légkondicionálásra van igény).
- az üzemanyag/energiaellátás megbízhatósága. Az elszigetelt üzemek esetében megbízhatatlan hulladékszállítások (a tárolási időtől és kapacitástól függően), sőt akár áramkimaradások is tapasztalhatók, ami leállásokat és a saját megtermelt áram felhasználásától való nagyobb függést okozhat.
- a megtermelt hő és elektromos energia helyi piaci ára. A hő alacsony ára az áramtermelésre való átállást eredményezi, és fordítva.
- a hulladék összetétele. A korrozív (pl. klór-tartalmú) anyagok magasabb koncentrációja növeli a korrózió kockázatát, korlátozva a gőzparamétereket (és ezáltal az áramtermelés lehetőségét), ha a folyamat üzemképességét fenn kívánják tartani. Az összetétel az évszakoktól függően is változhat, beleértve a szabadságolások időszakát, ami néhány területen a népesség megváltozását okozza.
- a hulladék változékonysága. Az összetétel gyors és kiterjedt változásai lerakódási és korróziós problémákat okozhatnak, korlátozva a gőzparamétereket és ezáltal az áramtermelést. A hulladék összetételének változásai (amit önmagában is sok tényező befolyásol) az üzem élettartama során inkább a széles spektrumú, mint a finoman optimalizált kialakítások használatának kedveznek.
- a nagy energiaátalakítási hatásfokú üzemkialakítások vonzóak lehetnek, amikor az elektromos áram ára magas, habár gyakran sokkal bonyolultabb technológiát kell használni, aminek megvan a lehetséges negatív hatása az üzem üzemképességét illetően.

Az energiahasznosítási technikák optimalizálásához az égető létesítményt úgy kell kialakítani, hogy az képes legyen megfelelni a megtermelt energiát felhasználók igényeinek. A csak elektromos áramot szolgáltató üzemeket másként kell megtervezni, mint a hőt szolgáltató vagy a kapcsolt hő-és villamos energiatermelésre képes üzemeket.

Kizárólagos hőhasznosítás, forró víz vagy gőz formájában:

A hasznosított energia forró víz vagy gőz formájában (különbféle nyomásokon) szolgáltatható a felhasználóknak. A lehetséges fogyasztók:

- távfűtő vagy hűtő-művek (sokkal kevésbé elterjedt)
- ipar, pl. vegyipar, erőművek, sótalanító üzem³

A legtöbb ilyen felhasználó gőzt igényel, kivéve a távfűtést, amely gőzt és forró vizet egyaránt képes használni. Ha a távfűtési hálózathoz nem csatlakozik gőz-felhasználó, a forró víz az energia szállító közegeként is felhasználható. Víz használatakor nagyobb átmérőjű csöveket kell használni és a szivattyúzás is több energiát igényel, de egyszerűbb a távfűtés üzemeltetése és egyszerűsödnek a biztonsági intézkedések.

A legtöbb modern távfűtés-hálózat forró vizet használ⁴. Ebben az esetben a hulladékégető kazánja gőzt vagy forró vizet állít elő. Ha az üzem elektromos energiát is termel (ld. CHP, lejjebb), akkor a kazán gőzt állít elő. Ha nem, akkor általában a forró vizet részesítik előnyben.

A forró vizet a hőcserélőkben végbemenő hőátadás elősegítése érdekében (a hűtő- és fűtő közeg közötti hőkülönbözet növeléséhez) gyakran túlhevítik⁵ és magas hőmérsékleten (200°C) nyomás alá helyezik.

Ahol a távfűtő-hálózat gőzt használ, a kazán kimeneténél a gőzparamétereknek (hőmérséklet és nyomás) a távfűtő-hálózat által megkívánt legnagyobb értéknél magasabbnak kell lenniük. Ha az üzem csak hőt szolgáltat, a gőznyomás rendszerint 2-3 bar-ral a távfűtő-hálózat nyomása felett van, és a gőzt 2 bar-ral vagy 30°C-kal túlhevítik.

Csak elektromos áram:

A turbógenerátor által termelt elektromos áram mennyiségét két tényező befolyásolja:

1. a gőz magas entalpiája (magas nyomás és hőmérséklet)
2. alacsony entalpia a turbina kimeneténél, ami a gőz alacsony kondenzációs hőmérsékletéből adódik

Ez utóbbi hőmérséklet a hűtőközeg (levegő vagy víz) hőmérsékletétől, valamint ezen hőmérséklet és a turbina kimeneti hőmérséklet közötti különbségtől függ.

A turbina után hőcserélő használatával az elektromos áramon kívül forró víz is termelhető.

CHP (kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés)

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés csökkenti az alacsony hőigényű időszakokban (pl. távfűtés nyáron) fellépő energiavesztéseket. Az elektromos áram termelésének feltételei akkor a legkedvezőbbek, ha a hő levételét jól helyezik el a termikus ciklusban, vagyis az alacsony nyomású gőzt használják hőszolgáltatásra, így a magasabb nyomású gőz az áramtermelésben használható fel.

³ Európában egy példa van (AVR Rotterdam) TSZH égető és sótalanító összekapcsolására. Ez azért érdekes, mert a termikus sótalanító üzemeknek alacsony vagy közepes nyomású gőzre van szükségük (multi flash rendszerben 3 bar, termokompresszióval 20 bar) és rendszerint egész évben üzemelnek.

⁴ Néhány esetben, mint pl. Bázelen (Svájc) két hálózat van, egy forró vizes távfűtő-rendszer és egy másik, gőzt szolgáltató hálózat.

⁵ A túlhevített víz 100°C-t meghaladó hőmérsékletű víz.

Kapcsolt hő- és villamosenergia-termeléssel, amikor nagy a hőigény, a turbina alacsony nyomású kimeneténél a nyomás állandó. A nyomás csak a hideg, távfűtésből (vagy máshonnan) érkező víz hőmérsékletétől függ, a hőigény változásait gyűjtőtartállyal vagy léghűtéssel lehet egyensúlyban tartani.

Amikor a hőigény kicsi, a turbina alacsony nyomású kimenetének nagyon rugalmasnak kell lennie, mert a benne áramló gőz a hőigénytől függően változik. Pl.:

- a maximális értéktől (100% áramtermelés, 0% hőigény), amikor a gőzáram 100%-ban a turbina alacsony nyomású kimenetére áramlik
- a minimum értékig: maximális hőigény, amikor csak minimális gőzáram szükséges a turbina védelmére.

Kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés esetén a hő felhasználójához továbbított gőz nyomását és hőmérsékletét az határozza meg, hogy hol csapolják le a gőzt a turbinából⁶. A gőzráeresztést úgy rögzítik, hogy a csapolási pont telítettségi hőmérséklete és a távfűtés kimeneti pontjának hőmérséklete közti különbség 10°C körül legyen. Ez a távfűtést kiszolgáló csapolás rendszerint szabályozott, ami azt jelenti, hogy a nyomást állandó értéken tartják.

Általában a hőellátás élvez prioritást, de az áramtermelés is előnyben részesíthető. Ez gyakran a szerződéstől függ.

A hulladékban lévő energia kinyerésének növelése és hatékony felhasználása a külsőleg előállított energia iránti szükségletet váltja ki, ami egyben az erőforrásokkal való takarékoskodást és a külső energiaellátásból eredő kibocsátások és felhasználások elkerülését is jelenti. A hulladékból kinyerhető energia mennyisége a hulladék fűtőértékétől függ.

TSZH égetőkben 1 t TSZH-ből általában 0,3-0,7 MWh villamos energia állítható elő, a gőz mennyiségétől függően, mely utóbbi viszont a hulladék fűtőértékének, az üzem méretének, a gőz paramétereinek és a gőzhasznosítás hatékonyságának a függvénye.

Hő- és villamosenergia (áram) együttes előállítása esetén (teljes terhelés melletti üzemelésnél) további 1,25-1,5 MWh hőenergia/t hulladék állítható elő a hulladék fűtőértékétől függően, de az áramtermelés kisebb lehet. Ezekben az esetekben nagyon jelentősek a telephely-függő hőellátási lehetőségek, mint:

- földrajzi elhelyezkedés
- normál (táv)hőhasznosítási periódusok (pl. Németországban ez mindössze 1 300-1 500 óra/év a lehetséges 8 760 óra/év-ből, míg Dániában, ahol a távfűtési hálózatok nagy mérete egész évben lehetővé teszi a teljes megtermelt hő külső felhasználását, ez az érték 4 000-8 760 óra/év).

Ami a hőt illeti, egy alapterhelésen üzemelő égetőműben kedvező körülmények között a kazán segítségével (forró víz vagy gőz formájában) szolgáltatott hőenergia aránya a kazánba bemenő összes energia kb. 90%-áig növelhető (ebbe nem értendő bele a belső energiafogyasztási szükséglet). Ahol az energia átalakítás hatásfoka jó és magas az alapterhelés igény (vagyis speciális rendelkezésekkel ilyen körülményeket idéznek elő) speciálisan előkészített magas fűtőértékű (>20 MJ/kg) hulladékokkal akár összesen 4-5,5 MWh hőenergia/tonna hulladék kinyerése is lehetséges. Alacsony fűtőértékű hulladékkal (pl. vegyesen begyűjtött TSZH, melynek fűtőértéke rendszerint 8-12 MJ/kg) ez nem érhető el.

⁶ Ellennyomású turbinánál (alacsony nyomású szakasz nélkül) a gőz nyomása és hőmérséklete a turbina kimeneténél mérttel egyezik meg

A hulladék energiatartalmából származó haszon maximalizálása gyakran olyan helyzetekben a legvalószínűbb, ahol kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést (CHP) használnak, mivel ez lehetővé teszi az energia maximalizálását. Ez azért van, mert a CHP lehetővé teszi a magasabb nyomású gőz áramtermelésre való felhasználását, míg a fennmaradó gőzenergia (alacsonyabb nyomások) hő formájában még mindig értékesíthető illetve felhasználható. Egyedi körülmények között, ahol CHP használata nem lehetséges, más alternatívák adhatják a legjobb megoldást.

Az energiahasznosítás nem gátolhatja a hulladék biztonságos és hatékony kezelését. Pl. a magas nyomású gőz veszélyeztetheti az üzemkészséget, hacsak nem tesznek meg minden szükséges óvintézkedést. A jobb energiahatékonyság magasabb beruházási és karbantartási költségeket is jelent, és az üzemkészség csökkenéséhez is vezethet.

Különös figyelmet kell fordítani a kazán kialakítására a 450-200°C hőmérsékleti tartományban, hogy biztosítani lehessen a dioxinok képződésének minimálisra csökkentését (pl. a por tartózkodási idejének csökkentése az ilyen zónákban, ld. a 34. BAT pontnál).

Némely kibocsátás-csökkentő berendezés és technika igen energiaigényes, és bár a füstgáztisztítási rendszer néhány összetevőjének eltávolítása a folyamaton belüli energiafogyasztás csökkentésével növeli az energiakinyerés lehetőségét, ez elfogadhatatlanul magas kibocsátásokat okozhat —emiatt ezeknek a tényezőknek ki kell egyensúlyoznia egymást. A jelentős energiaigényű technikák néhány példája:

• zsákos porszűrők	-por (és egyéb) kibocsátások csökkentése, több szűrő sorozatban elhelyezése tovább növeli az energiaigényt
• SCR	-NO _x és gáz-alakú PCDD/F kibocsátások csökkentése, de csővégi füstgáztisztító berendezésként az SCR energiát igényel a füstgáz melegítéséhez
• HCl vagy NaCl regenerálás	-a szennyezett folyadék külső elpárologtatása
• füstfáklya újrahevítése	-csökkenti a füstfáklya láthatóságát
• salakolvasztás	-javítja a salak minőségét

Ausztriában a hulladék-égetőmű saját energiaigénye („parazita terhelés” néven is ismert) a termikus teljesítmény 2-3%-a (rostélytűzelésnél vagy forgódobos kemencével), és 3-4% fluidágyas reaktorokban.

A következő adatok a TWG energia-alcsoportja által folytatott felmérés eredményeit foglalják össze. Az adatok a megtermelt hő és villamos energia mennyiségi tartományait és átlagát mutatják be, valamint az ehhez felhasznált hulladék mennyiségét tonnában. A közölt mennyiségek közép-európai létesítmények éves átlagai, 2001-ből.

Paraméter		Értékek kezelt TSZH MWh/t-ban		Vizsgált üzemek száma
		Tartomány	Átlag	
Áram	Termelés	0,415-0,644	0,546	8
	Exportált	0,279-0,458	0,396	
Hő	Termelés	1,375-2,511	1,922	15
	Exportált	0,952-2,339	1,786	
A létesítmény energiaigénye	Teljes	0,155-1,116	0,575	50
	Elektromos	0,062-0,257	0,142	
Megjegyzés:				
1. A számok abszolút számok, azaz nem használtak konverziós/ekvivalencia együtthatókat				
2. A számításokat következetesen a TWG alcsoport által alkalmazott módszertannak megfelelően végezték el.				

3.1.23 táblázat: A TWG energia-alcsoportja által folytatott felmérés adatai bizonyos energiaáramokra néhány európai TSZH égetőben, a kezelt hulladék tonnában kifejezett tömegére vonatkoztatva

Az elérhető hatékonysági tartomány nagymértékben függ az elégetendő hulladék kémiai és fizikai tulajdonságaitól (ú.m. TSZH, veszélyes hulladék, szennyvíziszap stb.) és fűtőértékétől. Általában nagyobb villamosenergia-termelési hatékonyság érhető el ott, ahol a hulladék kisebb mennyiségben vagy kevésbé széles koncentráció-tartományban tartalmaz olyan anyagot, ami növeli a kazán korrózióját. Minthogy a magasabb gőzparamétereknél a magas hőmérséklet okozta korrózió egyre nagyobb probléma, az üzemkészség iránti nagy igény korlátozó tényező lehet.

Amikor a kinyert energia hő formájában áll rendelkezésre, ennek a hőnek egy részét meglehetősen gyakran valójában nem használják fel. Néhány esetben a hővel ellátott rendszer veszteségei jelentősek lehetnek, mivel az igény nem folyamatosan teljes terhelés mellett jelentkezik.

A kinyert hő tipikusan az alábbi helyzetekben maximalizálható:

- a fogyasztó a teljes hasznosított energiára igényt tartó ipar
- a hulladék tárolható, és akkor égethető el, amikor az energia iránti igény fellép (így elkerülhető a hulladék energiatartalmának elvesztegetése)
- a távfűtési rendszer igénye nagyobb, mint amennyi hőt a hulladékégető szolgáltat.

Ez utóbbi eset leginkább városokban fordul elő, vagy olyan területeken, ahol kiterjedt távfűtési hálózat működik.

Ahol alkalmas hőelosztó és felhasználó rendszer nem áll rendelkezésre, ez korlátozza a magas szintű hőkinyerés lehetőségeit és értelmét, ezáltal a folyamat képességét az összes elérhető energia exportálására, ennél fogva a hatékonyság legmagasabb szintjei nehezen érhetők el.

Az üzem megépítésére szolgáló terület kiválasztása és az európai (éghajlati) övezet, ahol az elhelyezkedik (pl. a hidegebb területek hő-export szempontjából előnyösek) kritikusak az elérhető energia-kimenetek meghatározásában, következésképpen a megvalósítható hatékonyságban.

Emiatt meglévő üzemek elért (és elérhető) hatékonyságának összehasonlításánál fontos figyelembe venni a létesítmény elhelyezkedését.

Új hulladékégető művek összes energiahasznosításának növelésére a lehetőségek tehát akkor a legjobbak, amikor az új üzem telepítési helyét kiválasztják. Az üzem elhelyezésére vonatkozó döntés (vagyis hogy megoldható lesz-e a létesítmény gazdaságos összekapcsolása egy alkalmas energia-elosztó hálózattal), általában sokkal nagyobb befolyással van a teljes energiahasznosításra, mint az üzemelő égetési technológiáját érintő döntések.

A létesítmény energiaigényének csökkentése iránti igény a füstgáztisztító rendszer típusára és kiterjedtségére vonatkozó döntéseket is érintheti. Ezekben a döntésekben az egyensúlyra törekvő megközelítés a helyes, vagyis a létesítmény energiaigényének csökkentése iránti igényeket és a szennyező anyagok csökkentésének megkívánt szintjeit egyaránt figyelembe kell venni.

Kisebb létesítményekben a hulladék relatíve magasabb kezelési költsége és a méretgazdaságosság hiánya ahhoz vezet, hogy kevesebb tőke áll rendelkezésre a kifinomultabb energia-kinyerési technikák beszerzésére. Ez azt eredményezi, hogy kisebb létesítményekben, pl. 100 Kt/év alatti releváns teljesítményű kommunális égetőknél alacsonyabb hatékonyság várható.

A megtermelt áramért és hőért fizetett összeg nagymértékben befolyásolja a kimenetek növelésére irányuló beruházások gazdaságosságát. Egyes esetekben az áramtermelést nagymértékben ösztönözheti az árak támogatása. Máshol a hő iránti nagy igény teremt kedvező hő-árakat. Ilyen esetekben az ezekből a forrásokból származó bevétel befektethető a kimeneteket még kedvezőbben növelő beruházásokba..

Csak áramot termelő üzemek esetében a villamos energia-termelési hatékonyság növelése további megtermelt/értékesített áramból származó jövedelmeket, de magasabb beruházási költségeket és gyakran magasabb karbantartási költségeket is jelent. Emiatt az (értékesített) energia ára a megoldás kiválasztásánál döntő szerepet játszik.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést folytató üzemekben minél nagyobb a hő formájában exportált energia mennyisége, annál kevesebb előny származik az áramtermelés megnövelt hatékonyságából.

A nagyobb energiahatékonyság elérésének fő motivációját a kedvező gazdasági feltételek adják. Ezeket másfelől olyan tényezők befolyásolják, mint pl.:

- az éghajlat
- az elhelyezkedés
- a hő és az áram ára.

Az energia értékesítéséből származó magasabb bevételek lehetővé teszik:

- az áram-export hatékonyságának növelését 20-30%-ra (pl. egy tonna vegyesen begyűjtött, tonnánként potenciálisan 2,9 MWh villamos energia előállítására elegendő energiát tartalmazó TSZH-ből 0,6-0,9 MWh/t villamos energia termelésének biztosítása -). A magasabb hatékonysági értékek hulladék előkezelő rendszerek használatával érhetők el, ideértve a fluidágyas égetéshez a hulladék mechanikai-biológiai előkezelésével nyert másodlagos tüzelőanyag (RDF) előállítását, és a 40 bar 400°C fölé emelt gőzparamétereket (megjegyzendő, hogy az előkezelés gyakran energiaigényes, és az égetési szakasz megnövelt energiahatékonysága mellett nyerhető összes energiát felhasználhatja, sőt, akár többet is),
- beruházásokat a hő vagy gőz-szolgáltató rendszerekben, amelyek növelik képességüket a rendelkezésre álló energia felhasználására, 80-90%-os hatékonysággal (pl. vegyesen begyűjtött TSZH esetében >2,3 MWh/t értékről 2,9 MWh/t értékre), ahol a hőigény egész évben fennáll
- beruházások olyan technikákba, amelyek képesek megfogni az alacsonyabb hőmérsékletű forrásokból származó hőt, amelynek hasznosítása egyébként nem lenne gazdaságos, pl. kondenzációs mosók vagy hőszivattyúk (ld. később).

Az optimális energia kinyeréssel, illetve a műszaki kockázatok és a költségek csökkentésével kapcsolatos szempontok alapján a hőtermelés, amennyiben lehetőség van rá, előnyösebbnek tekinthető. Mindamellet ez a helyi körülményektől, illetve jelentős mértékben a hő és az

elektromos áram vonatkozó értékesítési árától függ. Ha a hő (jelentős) része nem használható fel, a legkedvezőbb megoldást a kapcsolt hő- és energiatermelés jelentheti. Ha a hő nem értékesíthető, a jó gyakorlat rendszerint a rendelkezésre álló energia felhasználása elektromos áram termelésére.

Hő

Az ügyfél igénye a fő hajtóerő, emiatt nagyon fontos a telepítés helye.

Nagyon fontos tényező a hő befogadására kötött szerződés időtartama. Az ipari ügyfelek gyakran nem képesek magukat egy-két évnél hosszabb időre elkötelezni. Ez nem megfelelő a hulladékegetőművek számára, ahol egy projekt időigénye, akár már az üzem működésének megkezdése előtt, több év lehet, a finanszírozás és az üzemeltetés pedig általában hosszú távú (15-25 év).

A legkedvezőbb helyzet az, amikor a kinyert hőenergiát teljes mennyiségében hőenergia formájában lehet értékesíteni. Ez ipari fogyasztók vagy távfűtés kiszolgálása esetén fordulhat elő, hűvösebb éghajlaton, vagy nagyon nagy távfűtőrendszer esetén, ahol az „alap” terhelés nagyobb, mint az üzem teljesítménye⁷.

Ahol nem értékesíthető az összes kinyert hőenergia, a cél a megmaradt energia felhasználása villamos energia előállítására. A döntés a megmaradt energia mennyiségétől, a szükséges tökebefektetéstől és a villamos energia értékesítéséből befolyó bevételektől függ.

CHP

Amikor a megtermelt hőenergiának csak egy része értékesíthető, a teljes energia-kimenet növelésére rendszerint a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés lehet a megoldás. A CHP kifejezetten hatékony, ha az igényelt hő hőmérséklete alacsony.

Elektromos áram:

Ha a hőenergiára nincs vevő, az egyetlen lehetőség a villamosenergia előállítása. Az elektromos kimenet növelése növelt gőzparaméterekkel érhető el (ld. a 29. BAT pontnál). A gőzparaméterek megválasztása (magas vagy alacsony) leginkább gazdasági megfontolások alapján történik. A műszaki kockázatot szintén figyelembe kell venni, hiszen a kockázat a magasabb gőzparaméterek használatánál megnövekszik (pl. 40 bar nyomást és 400°C hőmérsékletet meghaladó körülmények vegyesen begyűjtött kommunális hulladék esetében), és amennyiben az üzemeltetés vagy a karbantartás nem megfelelő, az az üzemkésztség csökkenését okozhatja.

Példaüzemek:

Települési hulladékegetők:

- Renova, Gothenburg és Dyvumuren (Umea), Svédország — magas fokú belső energia-integráció a helyi hálózatok hőellátásának maximalizálásának érdekében
- Odense, DK — speciális bélelés alkalmazása a kazánokban, a magas gőzparaméterek és elektromos kimenet lehetővé tételére
- Indaver, Beveren, B — ipari gőz közvetlen átadása szomszédos ipari üzemeknek.

Példák távfűtés számára forró vizet előállító TSZH égetőkre:

- Rungis (Párizstól délre, Franciaország)
- Villejust (Párizstól délre, Franciaország)

⁷ Néhány üzem arról számolt be, hogy az általuk megtermelt hőenergiát gőz formájában 100%-ban átadják egy másik üzemnek, amely ebből elektromos áramot állít elő, pl. Brüsszel, Belgium; Metz, Franciaország; Vancouver, Kanada. Nyolc csak hőenergiát értékesítő német üzem közül mindegyik, amelyik hulladék tonnánként nagy mennyiségű hőenergiát értékesít, közvetlenül egy erőműnek adja át a hőenergiát, és rendszerint kizárólag ipari gőz formájában.

- Caen (Franciaország)
- Thiverval-Grignon (Párizstól nyugatra, Franciaország)
- Nantes East (Franciaország).

Távfűtés számára gőzt szolgáltató példaüzemek:

- Franciaországban három üzem biztosítja a gőzt több mint 200 000 párizsi lakás távfűtéséhez
- Issy-les-Moulineaux (Párizstól dél-nyugatra, Franciaország)
- Ivry (Párizstól dél-keletre, Franciaország)
- St Ouen (Párizstól észak-nyugatra, Franciaország).

Példák ipar számára gőzt szolgáltató üzemekre:

- Nantes (F)
- Rambervilliers (F).

Példák csak elektromos áramot termelő üzemekre:

- Brüsszel (Belgium)
- AZN Moerdijk (NL)
- számos példa Németországban
- Vancouver (Kanada).

Példák veszélyes hulladék égetőkre:

- Ekokem, (FIN) — elektromos áram és hőellátás
- Indaver, Antwerp, (B) — a gőz telephelyen belüli felhasználása más folyamatokban.
- HIM, Biebesheim (D) – a gőz telephelyen belüli felhasználása olaj/szennyvíz elpárolgatására
- német vegyipar (19 üzem, >500 000 t/év kapacitás) a gőz telephelyen belüli felhasználása más folyamatokban, áram (4 üzem) és távfűtés.

Az energiaveszteség csökkentése: a füstgáz által okozott veszteségek

A füstgáz által okozott veszteségek a füstgázzal az üzemet (a kazán szintjén) elhagyó hőenergia mennyiségével egyeznek meg. A tényleges veszteség a füstgázáramtól és a gáz hőmérsékletétől (entalpia) függ.

A veszteségek csökkentésének néhány lehetősége:

- a füstgázáram csökkentése; ennek elérésére számos lehetőség van:
- a levegőfelesleg csökkentése, pl. a primer és/vagy szekunder levegő-elosztás javítása
- a füstgáz visszaforgatása, azaz a szekunder levegő egy részének helyettesítése füstgázzal
- az égéslevegő dúsítása oxigénnel, vagyis az O₂-arány növelése és az N₂-arány csökkentése O₂-beinjektálással (ezt csak speciális esetekben alkalmazzák)
- a füstgáz hőmérsékletének csökkentése, pl. füstgáz-kondenzáció alkalmazásával, vagy a hőmérséklet csökkentésével a kazán kimeneténél — ld. az ebben a fejezetben később leírt technikákat
- amennyire lehetséges, a kazántól a kémény felé csökkenő hőmérsékleteken üzemelő füstgáztisztító berendezés választása

A füstgáz-veszteségeket csökkentő technikák alkalmazásával járulékosan visszanyert energia felhasználható.

A füstgázáram csökkentése a levegőfelesleg csökkentésével, illetve a füstgáz visszaforgatásával növelheti a korrózió kockázatát, emiatt további műszaki javító intézkedéseket igényel. A szintek

túlzott csökkentése veszélyeztetheti a gáz kiégését és az égésből származó szennyezők maradhatnak a füstgázban.

Az O₂-beinjektálás növelheti az égési hőmérsékletet. Amennyiben ezt nem szabályozzák gondosan, a magas hőmérséklet eltömődéseket, illetve a tűzálló és fémes anyagok károsodását okozhatja.

A szükséges O₂ előállításának jelentős energiaigénye van, amely magasabb, mint az elérhető energiavesztés csökkentés, így a technika nem megvalósítható, ha az egyetlen számításba vett haszon az energetikai egyensúly — azonban az oxigénben dúsabb égéslevegő egyéb előnyei (pl. jobb kiégés) összességében indokolhatják a technika alkalmazását.

A kazánból kilépő füstgáz lehűtése a közvetlenül a kazán után következő füstgáztisztító berendezések által igényelt szintre további energiaigényt generál akkor, mikor a füstgázt a folyamatban később elhelyezkedő berendezések optimális működéséhez ismét fel kell melegíteni, ráadásul az előmelegítők korróziós kockázatát is fokozza. Ez különösen zsákos porszűrők és SCR alkalmazása esetében fontos szempont.

A kémény kimeneténél az alacsonyabb hőmérséklet az alábbi következményekkel jár:

- nagyon jól látható kondenz füstfáklya (kevésbé probléma ott, ahol kondenzációs mosót használnak, mert az csökkenti a füstgáz víztartalmát)
- a füstfáklya kisebb lebegési képessége, ennél fogva diszperziója
- a kémény korróziója (üvegszálás vagy hasonló bélés szükséges).

Települési hulladék égetőművekben a füstgázzal távozó energia okozta veszteségek tipikusan a hulladékkal belépő energia 13-16%-át teszik ki.

A kazán kimeneti hőmérsékletének optimalizálása minden üzemben végrehajtható. Azt, hogy a hőmérséklet milyen mértékig csökkenthető, a következő füstgáztisztító berendezések energiaigényének és a füstgázban lévő savak harmatpontjának figyelembe vételével kell megállapítani.

A füstgáz révén bekövetkező energia-veszteségeket csökkentő technikák betervezésére új létesítmények esetében kínálkoznak a legjobb lehetőségek. Azok az üzemek a legalkalmasabbak a füstgázból kivont további hő hasznosítására, amelyek relatíve alacsony hőmérsékleten szolgáltatnak hőenergiát (rendszerint hűvösebb éghajlaton). Ahol ez a hő nem értékesíthető vagy nem használható fel az üzemben belül, az alacsony hőmérsékletű hő jobb szolgálatot tesz a füstgázban, elősegítve pl. a szétoszlást.

A kazán névleges kimeneti hőmérsékletének megváltoztatásánál a kazán után következő füstgáztisztító műveletek energiaigényét figyelembe kell venni. A hő elvonása, amit később viszont más forrásokból pótolni kell, a hőcsere folyamat veszteségei miatt energiahatékonysági szempontból valószínűleg csökkenti az eredményességet.

Számos üzem alkalmazza Európában, pl. Brescia, Olaszország.

Egyéb energiavesztés-csökkentő intézkedések

A dokumentum egyéb alfejezeteiben leírt technikákon kívül a következő veszteségcsökkentő technikák használhatók:

Az energiaveszteség leírása	Veszteségcsökkentő technikák	Megjegyzések
Hőszugárzás és hőáramlás – főleg a kemencéből és a kazánból	- hőszigetelés - az égető épületen belüli elhelyezése	Kommunális égetőkben a veszteségek a bemenő energia kb. 1%-ára csökkenthetők
Veszteségek a szilárd maradékanyagok révén (salak és pernye)	- a hulladék jó kiégetése - a salakfűrdő hőjének hasznosítása	Kommunális égetőkben a veszteségek 0,5-1,0%-ot tesznek ki, főleg a salakban
Kazán lefűvatások és elfolyások	a víz energiájának hasznosítása az üzemben épületfűtésre.	Hűtési célokra zárt körfolyamatok
Lerakódások a kazánban csökkentik a hőátadás hatékonyságát	- a kazán olyan kialakítása, amely csökkenti a lerakódás arányát - a kazán hatékony tisztítása	
Beindítás és leállítás	beindítás és leállítás elkerülése a megfelelő kialakítás, folyamatos üzemelési eljárások és jó karbantartás révén	Példa: a kazán olyan kialakítása, ami csökkenti a lerakódás arányát, csökkentheti a beindítások és leállítások gyakoriságát is és javítja az üzemkésztséget.
A hulladék tulajdonságainak vagy a hőigénynek a gyors változásai	- a hulladék keverése, minőségbiztosítás/szabályozás - a hő elvezetése puffertároló hálózatba	Az input és output stabilitását javító technikák segítik a helyi körülményekhez való optimalizálás képességét.
Az üzem meghibásodása/üzemszünet	az üzem meghibásodását megelőző karbantartás	Némelyik üzemszünet az energia-kinyerő berendezés részleges leállításával járhat (pl. turbógenerátor). Más esetekben a hulladékot el kell irányítani az üzemből, és így a releváns teljesítmény csökken, ha a tárolás nem megvalósítható.
A külső energiaigény csökkenése/változásai	- olyan szerződések megkötése a felhasználókkal, melyek a konyert energia elszállításának lehetőségét maximalizálják - a hő elvezetése puffertároló hálózatba	Az üzem energiaszolgáltató képességére a legjelentősebb hatással a kinyert energia iránti külső igény van. Hő esetében gyakrabban felmerülő kérdés, mint elektromos áram esetén.
Mérőberendezések és -műszerek által okozott veszteségek	Alacsony nyomásesésű és pontos eredményeket mutató mérőrendszerek használata	Új műszerek lehetővé teszik pl. a gőz paraméterek veszteség nélküli és nagyon pontos mérését.

3.1.24 táblázat: Különböző energiaveszteségek csökkentését szolgáló technikák hulladékégető-művekben

A technikák alkalmazása esetén további kinyert energia használható fel.

A kemencék, a kazánok és a csővezetékek egy része rendszerint közetgyapot vagy más anyagú hőszigeteléssel rendelkeznek, amely mérsékli a hőveszteségeket, illetve a kezelőszemélyzet biztonsága érdekében csökkenti a külső hőmérsékletet.

Az ismertetett technikák minden létesítményben segíthetnek a veszteségek csökkentésében. Telephely-specifikus jellemzők miatt azonban elképzelhető, hogy némelyik technika nem hozzáférhető, vagy nem alkalmazható az adott helyen (pl. hőkinyerés a salakkihordónál, a lefűvatás vagy a puffer hőtároló használata csak ott vehető számításba, ahol az alacsony jellemzőkkel rendelkező hő egész évben értékesíthető).

27 A hulladékégető által kínált hő-/gőzellátás széleskörű igénybevételének biztosítása (lásd előző pont) nagyfogyasztók esetén lehetőség szerint hosszú távú szerződésekkel annak érdekében, hogy rendszeres igény legyen a kinyert energiára, ezáltal az elégetett hulladékból nyert energia hasznosításának növelésére.

28 Az új létesítmény helyének megválasztása oly módon, hogy a kazánban keletkező hő és/vagy gőz felhasználása maximalizálható legyen, a következők valamilyen kombinációja révén:

- a. elektromos áram előállítása és felhasználható hő vagy gőz szolgáltatása (pl. kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés alkalmazása)
- b. hőenergia szolgáltatása melegvíz vagy gőz formájában távfűtési elosztó hálózatra
- c. ipari gőz szolgáltatása különböző, főként ipari célokra (példák a következő pontban)
- d. hőenergia szolgáltatása melegvíz vagy gőz formájában hűtő/légkondicionáló rendszerek működtetéséhez.

29 Az új létesítmény helyének kiválasztása komplex, sok, az IPPC Irányelv 9. cikk 4. bekezdésében hivatkozott helyi tényezőt magában foglaló folyamat (pl. hulladék szállítása, energiafelhasználók elérhetősége stb.) esetén. Olyan speciális esetekben, ahol a hő/gőzhasznosítást helyi körülmények nem teszik lehetővé, a leghatékonyabb megoldás a hulladék energiataralmának hasznosítására az lehet, ha kizárólag villamos energiát állítanak elő vele.

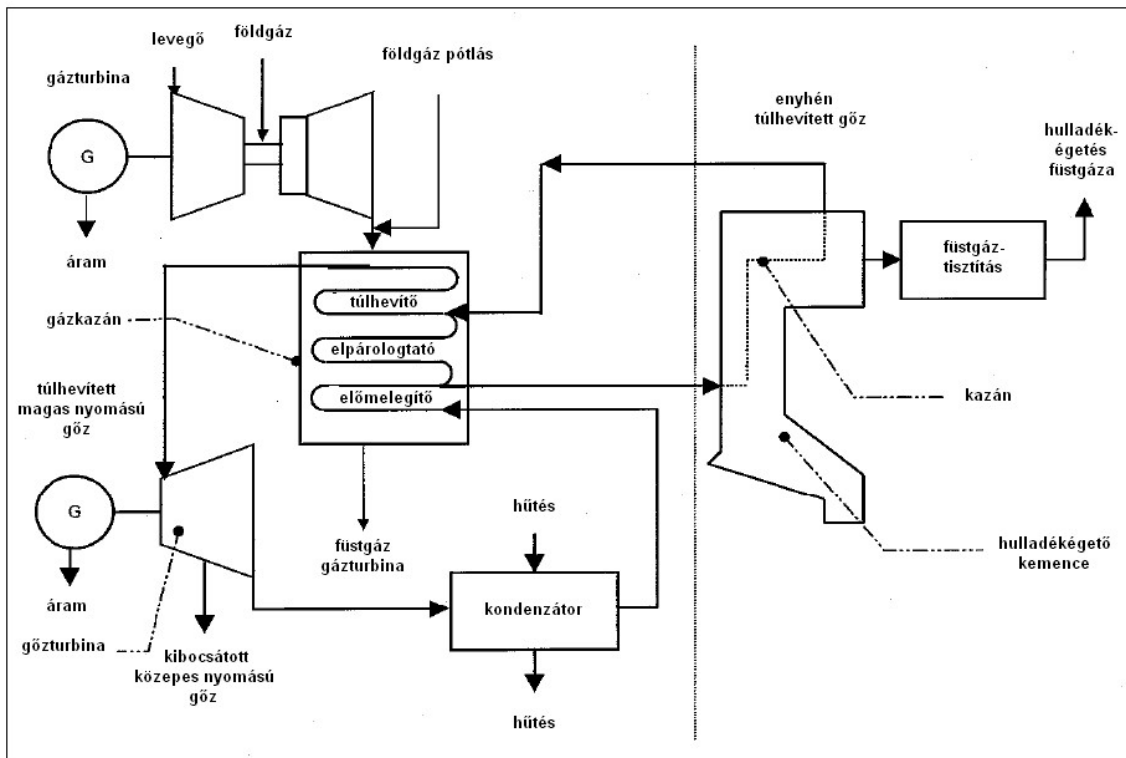
A víz-/gőzkör speciális kialakítása külső erőmű bevonásával

A füstgázok korrozív természete miatt a települési szilárd hulladék égetés során az elektromos áram előállításának hatékonyságát az a maximális hőmérséklet —és ezzel összefüggő legmagasabb gőzhőmérséklet— korlátozza, amit a kazáncsövek anyaga még elvisel.

Települési szilárd hulladék égetőkben, a kazáncsövekben speciális, korrózió ellen védő anyagok használata nélkül, a gőzparaméterek értéke általában ≤ 40 bar és 400°C . Veszélyes hulladék égetőművekben (ahol a nyersgáz klorid- stb. terhelése magasabb) alacsonyabb hőmérsékletet és nyomást (pl. 30 bar és 280°C) alkalmaznak a túlzott korrózió és az ebből következő magas karbantartási költségek elkerülése érdekében. Magasabb gőzparaméterek alkalmazása lehetővé teszi több hő magasabb hőmérsékleten való átadását. A termodinamikai hatásfok, és így az egy tonna hulladékra eső energia-kimenet nő. A kazáncsövek védelméhez szükséges anyagok költsége a további energia-értékesítésből származó bevételhez képest általában jelentős (ld. 29. BAT pont)

A kazáncsövek anyagainak magasabb hőmérsékletét elkerülő alternatíva a gőz túlhevítése tisztított füstgázzal, ami kevesebb klórt tartalmaz, vagy egyáltalán nincs benne klór. Ez akkor lehetséges, ha a települési szilárd hulladék égetőmű megfelelő kapacitású erőművel kombinálható.

Példa: települési szilárd hulladék égetőmű, AZN Moerdijk, NL



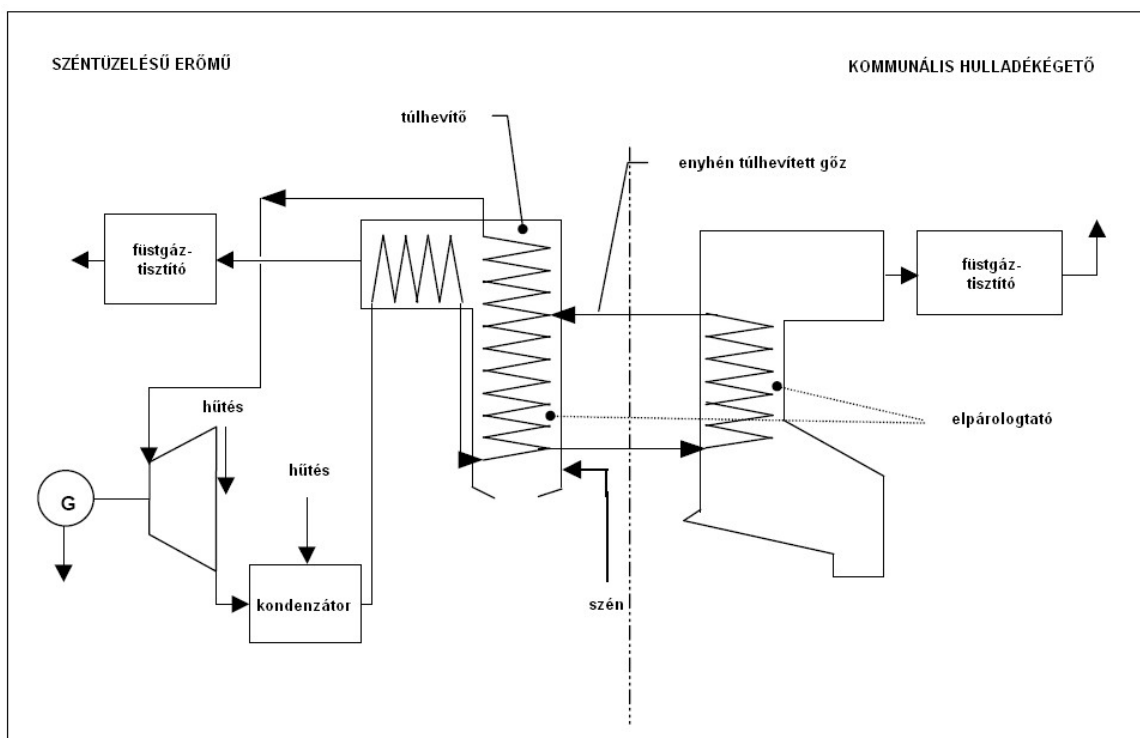
3.1.4 ábra: Hulladék égetőmű kombinálása gázturbinás erőművel

Mint az az ábrán is látható, a hulladék égetőmű egy szomszédos kombinált ciklusú földgáz erőművel van összekapcsolva. A 100 bar nyomású, 400°C-ra enyhén túlhevített gőzt betáplálják a gázturbinás erőmű hulladékhő kazánjába, ahol abból kb. 545°C-os túlhevített gőzt állítanak elő.

A hulladékégető-mű és az erőmű egyaránt három külön vonallal rendelkezik. A kombinált technológiai folyamat-elrendezések mindkét üzemben lehetővé teszik, hogy minden hulladékégető és erőművi vonal egymástól függetlenül is üzemeljen, bár ilyen körülmények mellett alacsonyabb energiahatékonysággal.

Példa:

Hasonló elrendezés használható hulladék égetőmű széntüzelésű erőművel való kombinációjában. A széntüzelésű erőmű a kommunális hulladék égetőmű gőzét túlhevíti. Ennek érdekében a kommunális hulladék égetőmű által termelt gőz nyomásának a szokásosnál magasabbnak kell lennie.



3.1.5 ábra: Kommunális hulladékégető kombinálása széntüzelésű erőművel

Ezt a konfigurációt az 1970-es években alkalmazták, méghozzá Münchenben, egy kommunális hulladékégető és egy nagy széntüzelésű erőmű összekapcsolásával. Mivel az üzem csak úgy funkcionált hatékonyan, ha mind a széntüzelésű kazán, mind a hulladékégető egyszerre működött, a kombinációt akkoriban nem tartották költséghatékonynak.

A technika alkalmazásával összességében jobb energiahatékonyság érhető el, mivel a hőt együttműködő felhasználónak adják át.

Ezekben a konfigurációkban az égetési folyamatban nincs szükség magas gőzhőmérsékletekre, így a korrózió és a hozzáférhetőségi problémák elkerülhetővé válnak.. A nyomást mindazonáltal néha emelni lehet, hogy az integráció még több előnnyel járjon. Ilyen esetekben a magasabb gőzhőmérséklet az elpárologtatóban további karbantartási költségeket generál. 40 bar nyomáson a telítési hőmérséklet például 250°C, 100 bar-on 311°C, vagyis 61°C a különbség. Megjegyzendő, hogy a kazáncsövek falán a füstgázok okozta korrózió a külső hőmérséklet emelkedésével exponenciálisan nő.

Csak ott alkalmazható, ahol a szinergikus tevékenység elhelyezkedése erre lehetőséget biztosít, és megfelelő kereskedelmi megállapodások is rendelkezésre állnak.

Főként ott alkalmazható, ahol az energiakinyerés az áramtermelésre összpontosít. Kevésbé alkalmazható olyan üzemekben, amelyek a hőt vagy gőzt közvetlenül szolgáltatják a felhasználónak.

Az energiahatékonyság csak ott nő, ahol a felhasználó igénye folyamatosan fennáll, és az átadott energiát az átvevő következetesen felhasználja.

Az elektromos áram magas ára ösztönzi az olyan technikák alkalmazását, amelyek javítják az áramtermelés hatékonyságát. Ebben az esetben ez azzal a hatással jár, hogy emeli a szomszédos erőmű számára a hulladékégető által átadott gőz/hő relatív értékét.

Az energiaellátás integrálása külső felhasználóval növeli a hulladékból származó energia használatának lehetőségeit.

Példaüzemek:

Lásd a szövegben fent. Ezen kívül Bilbao Zabalgarbi, ES is.

Egy másik hulladékégető, ahol a gőzt egy szomszédos erőmű víz-gőz körébe vezetik be, Ausztriában található.

29. Villamosenergia-termelés esetén a gőzparaméterek optimalizálása az alábbiak figyelembe vételével:

a. magasabb gőzparaméterek alkalmazása a villamosenergia-termelés növelése érdekében

b. a gőzkazán védelme, megfelelően ellenálló anyagok használatával (pl. bélés vagy speciális kazáncső-anyagok)

Az optimális paraméterek az egyes berendezéseknél jelentősen eltérhetnek a füstgáz korróziós hatásától, a hulladék összetételétől függően.

Fokozott gőzparaméterek és speciális anyagok alkalmazása a kazán korróziójának csökkentésére

A magasabb gőzparaméterek növelik a turbina hatékonyságát, így egy tonna elégetett hulladékból több elektromos áram termelhető. Az égetéskor a hulladékból keletkező gázok korrózív természete miatt viszont az égetőkben nem alkalmazható ugyanaz a hőmérséklet és nyomás, mint némelyik elsődleges áramtermelő erőműnél (pl. 100-300 bar és 620°C). Példaképpen, széntüzeléses erőművekben a szokásos maximális hőmérséklet 540°C.

Különbséget kell tennünk a következők között:

- a gőznyomás, ami a membránfalak (amelyek béleléssel védhetők) és a hőcserélő kötegek hőmérsékletét (telítettségi nyomás) adja
- a gőz hőmérséklete (túlhevített gőz), ami a túlhevítők hőmérsékletét adja

Hacsak nem tesznek meg speciális intézkedéseket a korrózió (ami az üzem hozzáférhetőségének csökkenéséhez és a költségek növekedéséhez vezet) hatásainak elkerülésére, a TSZH égetőkben a maximális nyomás általában 40-45 bar-ra, míg a legmagasabb hőmérséklet 380-400°C-ra van korlátozva. Ezen értékek felett kompromisszumot kell kötni:

- a speciális intézkedések, pl. speciális korróziócsökkentő anyagok költsége
- az üzemkiesés és több karbantartás költsége
- a megtermelt többletenergia értéke között.

A korrózió hatásainak csökkentésére króm-nikkel (fő összetevők) ötvözetből készült bélést vagy más speciális anyagot lehet használni a füstgázoknak kitett hőcserélők felületének védelmére. A bélés rendszerint a tűzálló falazat után kezdődik, és az első kazánhuzamot, valamint a második huzam elejét fedheti be. A tűzálló falazatnál léghűtéses (enyhén túlnyomásos) kialakításra is lehetőség van, a tűzálló falazat mögötti csövek korrózió elleni védelme érdekében. A kazáncsővek védelmére kerámia burkolólapokat is alkalmaznak.

A membránfalak és a túlhevítők magas hőmérséklet okozta korróziója a túlhevítők előtt a füstgáz hőmérsékletének 650°C alá csökkentésével, és/vagy a hőcserélők felületének kerámia burkolólapokkal vagy speciális ötvözetekkel történő védelmével csökkenthető.

A speciális ötvözetek fő előnye a kazánfalak kerámiaburkolatával szemben a jobb hőátadás a kazán felé, így a füstgázok hőmérséklete alacsonyabb lesz az első hőszállító kötegek előtt.

A bélés alternatívája kompozit kazáncsővek beépítése. A kompozit cső egy külső és egy belső csőből áll, melyek metallurgiai kötésben vannak egymással. Különböző ötvözet-kombinációkban kapható. A 70-es évek óta használják hulladékégetők kazánjaiban.

Egy tonna elégetett hulladékból több elektromos áram termelhető a gőz nyomásának és/vagy hőmérsékletének növelésével. Ez a magasabb energiahatékonyság csökkenti a fosszilis tüzelőanyag külső (pl. erőművekben történő) felhasználását (forrás-megtakarítás) és az ebből származó CO₂-kibocsátásokat (üvegház-hatású gáz).

A megnövelt gőzparaméterek, speciális korrózió-ellenes intézkedések megtétele nélkül, növelik a korrózió, valamint az ezzel járó több karbantartás, üzemkiesés kockázatát.

Ez a technika nagy technológiai kockázattal jár, és magas szintű képzettséget kíván meg az értékelés és a karbantartás terén.

A megnövelt gőzparaméterek alkalmazása az elektromos áram-kimenet növelése érdekében minden, csak elektromos energiát kinyerő égetőben alkalmazható, illetve ott, ahol a ko-generáció hő-aránya alacsony.

A technika korlátozottan alkalmazható olyan folyamatokban, ahol megbízható lehetőségek állnak rendelkezésre a megtermelt gőz vagy melegvíz felhasználására, mivel ott nincs szükség az elektromos áram-kimenet növelésére, az ezzel járó további műszaki kockázattal és költségekkel.

A bélést és más speciális anyagokat arra használják, hogy csökkentsék a korrózió kockázatát megnövelt gőzparaméterek és/vagy igen korrozív hulladékok égetése esetén.

A meglévő üzemek, ahol a tapasztalatok szerint a beszállított hulladék alsó fűtőértéke növekedést mutat, hasznát vehetik a speciális anyagoknak és a bélésnek, mert ezáltal csökkenhetnek a karbantartási költségek és nőhet az elektromos áram-kimenet.

A bélés költségét ellensúlyozhatják a kisebb karbantartási költségek, az áram értékesítéséből származó megnövekedett bevételek és a jobb üzemkészség.

A bélés költsége a jelentések szerint kb. 3 000 EUR/m².

A villamos energia értékesítéséből származó bevételek növekedésének mértéke az energia áráról függ.

A lenti táblázat valós dán villamos- és hőenergia árakon és egy 34 t/ó kapacitású, modern, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést végző TSZH égető tényleges üzemeltetési adatain alapul. A táblázat a kimenetek és bevételek alakulását mutatja különböző gőzparamétereknél.

Jellemző adatok	Mértékegység	Gőznyomás [bar]		
		50	40	30
Generátor kimenete	MW	19,6	18,6	17,3
Hőtermelés	MJ/s	71,2	72,2	73,5
Az elektromos áram kimenet változása	MW	0	-1	-2,3
A hő kimenet változása	MJ/s	0	1	2,3
Gazdasági adatok				
Üzemkészség	ó/év	8 000	8 000	8 000
Áram ára	EUR/MWh	48	48	48
Hő ára	EUR/MWh	17	17	17
Éves bevétel változása	millió EUR/év	0,0	-0,25	-0,54

3.1.25 táblázat: Energia kimenet és bevétel példák különböző gőznyomások esetén egy magas gőznyomásokkal dolgozó kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést végző TSHZ égetőben

A példában, a dániai energiaárakat figyelembe véve, a gőznyomás 40-ről 50 bar-ra növelése mintegy 250 000 EUR éves bevétel-növekedést eredményezett. 15 éves üzemelési idővel számolva (2002-es inflációs rátán) ez mintegy 2,5 millió EUR bevétel-növekedést jelent.

Ezek a számok nem tartalmazzák a gőznyomás 40-ről 50 bar-ra növeléséhez szükséges további állóeszköz-beruházási költségeket. Ebben az esetben ezeket a járulékos költségeket (az eltelt 15 év alatt) az ugyanazon idő alatt nyert bevétel-növekedéssel összevetve nem tekintették jelentősnek.

A nyomás megváltoztatása a teljes csővezeték-rendszer, a tartály szelepek és a gőzgyűjtő cseréjét jelenthetik, ami miatt új engedélyt szükséges beszerezni a nyomástartó berendezésekre vonatkozó 97/23/EK irányelv szerint.

A magasabb áramárak ösztönözni fogják a technika alkalmazását, minthogy az ezekből származó bevétel lehetővé teszi a szükséges beruházások gyorsabb megtérülését.

Példaüzemek:

Magas gőzparaméterek:

Odense (Dánia) 50 bar 520°C béleléssel.

AVI Amszterdam, AVR Botlek, AVR AVIRA és AVI Wijster, Hollandiában.

AVE-RVL Lenzing, Ausztria: különböző hulladék frakciókat, köztük kb. 60% műanyagot fogadó cirkulációs fluidágy, ami 78 bar nyomású, 500°C-s gőzt termel.

Ivry, Franciaország (75 bar, 475°C),

Mataró, Spanyolország (60 bar, 380°C),

Lasse Sivert Est Anjou, Franciaország (60 bar, 400°C),

Utólagos fejlesztések:

Rennes, Franciaország, 26 bar, 228°C (telített állapot); amikor a harmadik vonalat kialakították, a kazán teljesítményét 26 bar nyomásra és 380°C-ra méretezték, a két kevert gőz-áramot küldik a turbógenerátorra.

Speciális anyagok használata:

Utólagos fejlesztések: Toulon, Thiverval (F), Mataro (Sp), Stoke on Trent (UK);

Új üzem: Lasse Est Anjou (F)

30 A turbina feleljen meg

- a. az elektromos- és a hőellátó-rendszer igényeinek,**
b. biztosítson magas elektromos hatékonyságot.

A turbina kiválasztása

Az égetőművekben általánosan alkalmazott főbb turbinatípusok a következők:

- ellennyomású turbina
- kondenzációs turbina
- (hő)elvételes kondenzációs turbina
- kétfokozatú kondenzációs turbina

Ellennyomású turbinát ott használnak, ahol jelentős és lehetőleg állandó mennyiségű hőenergia szolgáltatható a felhasználóknak. Az ellennyomás szintje attól függ, hogy milyen hőmérsékleten kell a hőt szolgáltatni. Az ellennyomású turbina kilépőnyomása meghaladja az atmoszférikus nyomást (pl. absz. 4 bar).

A kondenzációs turbinát ott használják, ahol korlátozottan, vagy egyáltalán nem áll rendelkezésre lehetőség hőszolgáltatásra felhasználók felé, és a kinyert energiából elektromos áramot állítanak elő. Az áramtermelés hatékonyságát befolyásolja az alkalmazott hűtőrendszer (ld. a 31. BAT pontnál). A kondenzációs turbina kilépő nyomása vákuum alatti (pl. absz. 0,2 bar), és a kondenzációs turbina alacsony nyomású része sokkal nagyobb.

A (hő)elvételes kondenzációs turbina olyan kondenzációs turbina, ahol valamilyen célra jelentős mennyiségű, közepes nyomású gőzt vesznek el. Kondenzációs turbináknál szinte mindig vesznek el valamennyi gőzt a folyamatban történő felhasználásra. (Hő)elvételes kondenzációs turbinát akkor használnak, ha jelentős és változó mennyiségű melegvíz vagy gőz szolgáltatható a felhasználóknak. A szükséges mennyiségű (alacsony nyomású) gőzt elveszik a turbinából, a fennmaradó mennyiséget kondenzálják.

A kétfokozatú kondenzációs turbinák a két fokozat között felhevítik a gőzt, a bemenő gőz egy részének a második fokozatba belépő gőz túlhevítésére történő felhasználásával, hogy alacsonyabb kondenzációs hőmérsékleten több energiát állíthassanak elő, a turbina károsodása nélkül.

A kiválasztott típus hatással van az elektromos áram-termelésre és az energia-kimenetre.

A gőz lecsapolása optimális energia-felhasználást eredményez. A fosszilis tüzelőanyagok megtakarítása csökkenti a szennyezőket és az üvegházhatású gázok kibocsátását azáltal, hogy csökkenti a külső erőművekből származó járulékos energia-felhasználást.

A turbina végén az alacsony kondenzációs hőmérséklet a gőz magas nedvességtartalma révén korróziót okozhat.

A TSZH égetők turbinái rendszerint nem túl nagyok, általában 10 MW teljesítményűek (1-60 MW-ig terjedő tartomány). A megcsapolások száma általában max. 3-4 (az erőművektől eltérően, ahol egy turbinának sokkal több megcsapolása lehet).

A turbina alacsony nyomású részében minimális gőz-áram fenntartása szükséges a lapátok hűtésére, a vibráció elkerülésére és a kondenzáció megelőzésére.

Ha bizonyos üzemeltetési körülmények között a fennmaradó gőz mennyisége túl alacsony, a magas és alacsony nyomású résszel rendelkező turbógenerátor helyett használható két turbina (egy magas

és egy alacsony nyomású). A döntést a helyi körülményektől függően kell meghozni, és az optimális megoldás idővel változhat.

Kondenzációs turbinánál az áramtermelés fokozása érdekében az égetési folyamat számára (pl. a légtelenítőhöz, a léghevítőhöz, a koromlefúvatóhoz) szükséges gőzt a turbinából általában a turbina magas nyomású részében az expanzió után veszik el. Ezt „megcsapolás(ok)” (más néven „elvétel” vagy „leeresztés”) által végzik. Ezek „megcsapolás(ok)” „szabályozatlanok”, mert a nyomás a turbina terhelésétől függ (ha a gőzáram 50%-al csökken, az elvételnél kikerülő gőz nyomása kettővel osztható). Az elvételek olyan módon vannak elhelyezve, hogy a nyomás(ok) a folyamat igényeinek megfelelően elég magasak legyenek, bármilyen terhelés alatt üzemeljen is a turbina terhelése.

A turbina kiválasztását a gőzkör többi jellemzőjének meghatározásával egyidejűleg kell elvégezni. A választás a külső körülményektől inkább függ, mint az égetési folyamatától.

Példaüzemek:

1. RMVA Köln, Németország

A kondenzációs turbinából lecsapolt gőz számára számos felhasználási lehetőséget találtak, így az energiahatékonyság összességében optimalizálható. A gőz 400°C hőmérsékleten és 40 bar nyomáson kerül a turbinára. A gőzt helyi és külső felhasználásra kb. 300°C hőmérsékleten és 16 bar nyomáson, kizárólag helyi felhasználásra kb. 200°C hőmérsékleten és 4,8 bar nyomáson veszik el, ezt azt jelenti, hogy az energiát a lehető legjobban ki tudják aknázni.

A gőzt helyben a helyi rendszerek és épületek számára levegő és a víz előmelegítésére használják, ebben az üzemben főként a gőztermelés folyamathőjeként, és a távozó levegő tisztítására. A külső felhasználású gőzt elsődlegesen termelési folyamatok támogatására használják, de a távfűtésbe is kerül belőle.

2 Rennes-i üzem — felújítás

2, egyenként 5 t/ó kapacitású hulladék-vonal termel 26 bar nyomású és 228°C (telített) hőmérsékletű gőzt a távfűtési rendszer részére. 1995-ben egy harmadik, 8 t/ó-s hulladék-vonalat építettek hozzá, ami azonos nyomáson de 380°C-n termel gőzt (150°C túlhevítés).

A három vonal kevert gőzét, köztes túlhevítéssel, egy 9,5 MVA turbógenerátor kapja. A turbógenerátor a három vonal bármelyikének leállása esetén is üzemképes, vagyis képes a 150°C túlhevítéssel üzemelni, amikor a két 5 t/ó-s hulladék-vonal áll, de a telített gőzzel is, amikor a 8 t/ó-s hulladék-vonal nem üzemel. A turbina csak telített gőzt használ.

3. három párizsi üzem

Ezek az üzemek összesen 1 800 000 t/év hulladékot égetnek és 4 000 000 t/év gőzt (2 900 000 MWth/év) szolgáltatnak a párizsi távfűtő rendszerbe, ami az igény 45%-ának felel meg, ezenkívül 290 000 MWh áramot is termelnek, amiből 160 000 MWh-t a nemzeti hálózatba szolgáltatnak.

A gőzt szeleppel szabályozva 12 és 21 bar között szolgáltatják, a távfűtő rendszer igényeinek megfelelően, hőcserélők nélkül, közvetlenül a távfűtő hálózatba. A gőz változó mennyiségű része kondenzátumként visszajön. A sótalanító üzem a gőz tömegáramának 2/3-át képes megtermelni.

A berendezések ilyen speciális megválasztását előállított gőzhöz képest igen nagy távfűtési igény indokolta, illetve az a tény, hogy három üzem szolgál ki egy, ugyanazon tulajdonoshoz tartozó, ugyanazon vállalat által üzemeltetett távfűtő rendszert.

31 Új vagy korszerűsítésre kerülő berendezéseknél, ha a villamos áram-termelés elsőbbséget élvez a hőellátással szemben, minimalizálni kell a kondenzátornyomást.

A kondenzátor nyomásának csökkentése (a vákuum növelése)

A gőzturbina alacsony nyomású részének elhagyása után a gőzt kondenzátorokban lekondenzálják és a hőt hűtőfolyadéknak adják át. A gőzből lekondenzált vizet általában visszaforgatják, és kazántápvízként használják fel.

A turbina kimeneténél a hűtési hőmérséklet fontos a turbina termelése szempontjából. Minél alacsonyabb a hőmérséklet, annál nagyobb az entalpia esése és ennél fogva az energiatermelés. Éghajlati feltételekből adódóan nyilvánvaló, hogy ezt az alacsony nyomást hűvösebb éghajlaton könnyebb elérni. Ez az egyik oka annak, hogy az északi létesítmények jobb hatékonysággal tudnak üzemelni, mint a déli országokban lévők.

A legalacsonyabb hőmérsékleteket a gőz kondenzálásával érik el, hűtőközegként levegőt vagy vizet használva. A hőmérsékletek az atmoszférikus nyomásnál alacsonyabb (azaz vákuum) nyomásnak felelnek meg.

Ahol az egész év során valamilyen nagy távfűtő rendszer használja a TSZH égető által előállított összes gőzt, ahogyan ez Svédországban és Dániában történik, a hűtés forrása a távfűtő rendszer által visszaküldött hideg víz, ami néha igen alacsony hőmérsékletű (pl. 40 vagy 60°C-s) lehet (ld. az alábbi táblázatot).

Távfűtés visszatérő hőmérséklet (°C)	További energiahatékonyság
40	14%
50	7%
60	0%

3.1.26 táblázat: A (távfűtésből visszatérő) hűtőközeg hőmérséklete és a további energiahatékonyság közötti kapcsolat

A vákuum nem növelhető „korlátlanul”. Amint a gőz átlépi a Mollier-diagram telítési vonalát, elkezd nedvesedni és a nedvesség aránya a gőz turbinában történő expanziójával arányosan nő. A végső turbina-szakaszok károsodásának (vízcseppek által okozott erózió) megelőzése érdekében a nedvességtartalmat korlátozni kell (gyakran 10% körüli értékre).

A vákuum növelésével több elektromos áram termelhető.

Nyílt vízkörben, ú.m. *egyszeri átbocsátású* hűtő hidro-kondenzátorban, 10°C vízhőmérséklet-emelkedést feltételezve, a szükséges vízáram 180 m³/MWh megtermelt energia körül lesz.

Hűtőtorony és zárt vízkör alkalmazása mellett a vízfogyasztás (elpárologtatott víz) 2,5-3 m³/MWh megtermelt energia érték körül alakul.

A nyílt és a zárt vízkörökben egyaránt szükséges lehet vegyi anyagok adagolása, vagy más technikák alkalmazása a hőcserélőkben a lerakódások, illetve a folyamatvíz esetleges kezelésének csökkentésére. A kibocsátás hatása nyílt rendszerekben sokkal nagyobb.

Az alacsony kondenzátor nyomás növeli a gőz páratartalmát, ami növelheti a turbina kopását.

A légekondenzátorok zajt bocsátanak ki. Emiatt nagyon fontos az ezzel kapcsolatos részletekre is kiterjedő tervezés (pl. burkolás, a frekvencia-átalakító zajszintje stb.).

A kondenzátorok felszínének tisztítása nagyon fontos a hatékonyság érdekében, ezt alacsony hőmérsékleten kell elvégezni.

Kondenzátor nyomás/kondenzátor típusok:

Légűtéses kondenzátorral és 10°C-os levegővel a kondenzátorban tipikusan 100-85 mbar abszolút nyomás érhető el, a kondenzátor felületétől függően. Amikor a külső hőmérséklet 20°C, az abszolút nyomás ugyanabban a légűtéses kondenzátorban 200-120 mbar. A kialakítás során kompromisszumot kell elérni az egyszerű méretű hőcserélő felszín és az alacsony kondenzációs nyomás között.

Hidro-kondenzátorral (egyszeri átbocsátású hűtő kondenzátor, nyílt vízkör), 10°C-os folyóvizet használva, az abszolút nyomás a kondenzátorban 40-80 mbar, mert vízzel könnyebben végbemegy a hőcsere.

Atmoszférikus hűtőtoronyban⁸ a víz hőmérséklete a levegő hőmérsékletéhez és higrometriájához (a nedves hőmérő hőmérséklete) kötött. Ha a nedves hőmérséklet 10°C, a nyomás a kondenzátorban 60 mbar körüli lesz. A torony feletti gőzfelhő csökkenthető (de nem tüntethető el teljesen) a torony kialakításával, és a kondenzátorban a nyomás is kissé megnő. Ezen hűtő-típusnál fennáll a Legionella előfordulásának kockázata, a vízpárolgás és a közvetlen kontaktus miatt. Főként kis hűtés-igénynél alkalmazzák (mint pl. kisegítő turbinák).

Összefoglaló kalkuláció szerint a vákuum 100-ról 40 mbar nyomásra növelésével az elektromos energia termelés 24,1-25,8%-ra (+7%) nő.

Ahol az áramtermelés alacsonyabb prioritású (pl. ahol lehetséges a hőszolgáltatás), megengedhető a turbina atmoszférikus érték feletti kimeneti nyomása. Ebben az esetben a turbina ún. ellennyomással működik és a (fennmaradó) gőz magában a kondenzátorban kondenzálódik le.

A légűtéses kondenzátor gyakran az egyetlen alkalmazható típusnak számít.

A nyílt vízkörű hidro-kondenzátorok csak olyan helyen alkalmazhatók, ahol bőséges vízellátás áll rendelkezésre, ami a kiengedett hűtővíz fűtő hatását tolerálni képes.

Az elektromos áram kimenetben nagyobb nyereség érhető el a kondenzátor nyomásának csökkentésével, és emiatt a technikák alkalmazása a kondenzációs turbináknál több előnnyel jár.

A nyomást nagyobb mértékben csökkentő technikák alkalmazása ott gazdaságosabb, ahol az elektromos áram ára magasabb.

Légűtéses kondenzátornál a nagyobb nyomásesés miatt nagyobb felületű berendezésre és nagyobb teljesítményű ventilátor-motorokra van szükség, amelyek növelik a költségeket.

Példaüzemek:

A legtöbb európai üzemben légűtéses kondenzátor üzemel, pl. az Issy és Ivry üzemek Párizs közelében és Bellegarde-ban, Franciaországban; illetve Southampton, UK (épülőben). Mindkettőnek nyílt vízkörű hidro-kondenzátora van.

Franciaországban Strasbourg-ban és Rouen-ben zárt vízkörű hidro-kondenzátor üzemel, hűtőtoronnyal.

⁸ Hűtőtorony. A gőzkondenzátor hűtőfolyadék a víz. Ez a víz zárt vízkörben mozog, és a hűtőtoronyban a környezeti levegővel való érintkezés által hűl le. A toronyban a víz egy része elpárolog. Emiatt a torony felett a vízpára látható csóvát alkot.

32 Az egész létesítmény energiaigényének általános csökkentése, figyelembe véve az alábbiakat:

- a. összességében alacsonyabb energiaigényt eredményező módszerek kiválasztása**
- b. a füstgáz ismételt felfűtésének kerülése (vagyis a magasabb üzemi hőmérsékletű berendezéseket lehetőleg az alacsonyabb üzemi hőmérsékletűek elé kell helyezni)**
- c. az SCR alkalmazási feltételei**
 - i. hőcserélők használata az SCR-be belépő füstgáznak az SCR-ből kilépő füstgáz energiájával történő melegítésére**
 - ii általában olyan SCR rendszer választása, amely a megkívánt teljesítményszinthez (beleértve az üzemkészséget/elzáródásokat és a redukciós hatékonyságot) a legalacsonyabb üzemelési hőmérséklettel rendelkezik**
- d. ha a füstgáz ismételt felfűtése szükséges, az energiaigény csökkentése hőcserélők alkalmazásával**
- e. saját energia felhasználása, a primer fűtőanyagok használatának csökkentése.**

A folyamat összes energiafogyasztásának csökkentése

Az égetési folyamat maga is energiát igényel az üzem működtetéséhez. Ez az energia a hulladékból nyerhető ki. A szükséges energia-mennyiség az égetendő hulladék típusától és az üzem kialakításától függ.

A létesítmény energiaigényének csökkentését a hulladék kezelését és a kibocsátások (főként a levegőbe történő kibocsátások) szabályozását biztosító hatékony égetés igényével kell egyensúlyba hozni.

A folyamatban rendszerint az alábbi pontokon tapasztalható a jelentős energiafogyasztás:

- elszívó és nyomó-szellőző ventilátorok a nyomásesés leküzdésére és az égéslevegő mozgatására
- hulladékszállító/-rakodó berendezések (pl. szivattyúk/daruk és markolók/csigás adagolók)
- léghűtéses kondenzátorok
- hulladék előkezelés (shredder stb.)
- füstgáz-melegítés bizonyos légszennyezés-csökkentő berendezésekhez (pl. zsákos porszűrők, SCR rendszerek)
- füstgáz-melegítés a füstfáklya láthatóságának csökkentésére
- a támasztótüzeléshez szükséges tüzelőanyagok az égetés beindításakor és leállításakor (leggyakrabban alacsony fűtőértékű hulladékoknál)
- nedves füstgáz-kezelés, ami jobban hűti a füstgázokat, mint a félszáraz vagy száraz rendszerek
- más készülékek energiaigénye.

Sok esetben, különösen, amikor a füstgáztisztítási technológia egy lépésének megváltoztatása szükséges, minél alacsonyabb a kibocsátási határérték, annál több energiát fogyaszt a füstgáztisztító rendszer — emiatt nagyon fontos, hogy a megnövekedett energia-fogyasztás környezeti elemek közötti kölcsönhatásait figyelembe vegyék, amikor a kibocsátási szintek csökkentésére törekszenek.

A következő technikák és intézkedések csökkenthetik a folyamat energiaigényét:

- felesleges berendezések használatának elkerülése
- integrált megközelítés alkalmazása a létesítmény átfogó energia-optimalizálására, ahelyett, hogy minden folyamat-lépést külön optimalizálnának

- a magas hőmérsékleten üzemelő berendezések alacsonyabb hőmérsékleten, vagy nagy hőmérséklet-eséssel üzemelő berendezések előtti elhelyezése
- hőcserélők alkalmazása az energia-bemenet csökkentésére, pl. SCR rendszereknél
- a hulladékégető-mű által termelt, egyébként nem használt vagy értékesített energia használata külső energia-források importjának helyettesítésére
- frekvenciaszabályozott forgó berendezések használata olyan berendezés-részekben, amelyek változó sebességeken működnek, mint pl. ventilátorok és szivattyúk, ahol az ilyen részek hatékony üzemeltetését gyakran csökkentett terhelés mellett kell megoldani. Ez jelentősen csökkenti a berendezések átlagos energia-fogyasztását, mert a nyomásváltozásokat a berendezés sebességének megváltoztatásával, nem pedig szelepekkel hozzák létre.

A folyamat energiaigényének csökkentése csökkenti a külső energiatermelés iránti igényt, illetve nagyobb mennyiségű energia exportját teszi lehetővé. A kinyert extra energia felhasználásra értékesíthető.

Ha az energiaigényt a füstgáztisztító rendszer kialakításának és üzemeltetésének megváltoztatásával csökkentik, ez a levegőbe történő kibocsátások növekedését eredményezheti.

Települési égetőben az energia-fogyasztás rendszerint 60-190 kWh/t hulladék, az alsó fűtőértéktől függően.

Egy 9 200 kJ/kg alsó fűtőértékű hulladékot égető, csak elektromos áramot (tehát hőt nem) termelő TSZH égető esetében 75 kWh/t hulladék átlagos áram-fogyasztást jelentettek. A létesítmény; megfelel a 2000/76/EK irányelvben meghatározott kibocsátási határértékeknek, félnedves füstgáztisztító rendszert és SNCR de-NO_x rendszert használ és nem rendelkezik a füstfáklya láthatóságát csökkentő berendezéssel. Egy ilyen TSZH égetőben, ahol nem végeznek előkezelést, füstgáz-újramelegítést és nem csökkentik a füstfáklya láthatóságát, az áramfogyasztás megoszlása nagyjából a következők szerint alakul:

- elszívó ventilátor: 30%
- nyomószellőző ventilátor: 20%
- tápszivattyúk és más vízszivattyúk: 20%
- léghűtéses kondenzátor: 10%
- egyéb: 20%

A nagyobb kapacitású üzemek gazdaságosabbak, ami kezelt hulladék egységenként alacsonyabb energia-fogyasztást eredményez. Ezt a 3.1.27 táblázat is illusztrálja:

TSZH égető méret tartomány (t/év)	A folyamat energiaigénye (kWh/t hulladék bemenet)
150 000-ig	300-700
150 000-250 000	150-500
több mint 250 000	60-200

3.1.27 táblázat: Üzem kapacitása és a folyamat teljes energiaigénye TSZH égetőben Németországban

A gazdaságosság mértéke nem feltétlenül olyan drámai, mint azt a fenti példa-adatok sugallják. A fenti táblázatban látható általában magasabb "parazita" (azaz a létesítmény saját) energiaigénye legvalószínűbben a komplex, felújított füstgáztisztító rendszer alkalmazásával magyarázható, amelyet Németországban gyakran használnak a jóval a 2000/76/EK irányelvben meghatározott kibocsátási határértékek alatti kibocsátási szintek biztosítására.

A további energiafogyasztás nagy része egyéb olyan füstgáztisztítási technikák alkalmazásából származik, melyek maguk is energiát fogyasztanak. A folyamat teljes energiaigényének csökkentése

az ilyen komponensek felszámolásával kevésbé lehet megfelelő ott, ahol a helyi környezetvédelmi motivációk a kibocsátások további csökkentését indokolják.

Az optimalizálás lehetőségei az új létesítményekben a legnagyobbak. Ezenél lehetőség van számos átfogó kialakítási változat megvizsgálására mielőtt kiválasztják azt a megoldást, ahol a kibocsátás-csökkentés és az energia-fogyasztás egyensúlyban van.

Meglévő létesítményekben a teljes átalakítás költsége (és a járulékos műszaki kockázat) következtében a lehetőségek száma korlátozott. Adott kibocsátási határértékek elérése érdekében felújított üzemekben általában a füstgáztisztító rendszer végénél állítanak be újabb berendezéseket, ami az üzem energiafogyasztásának növekedését okozhatja.

A folyamat külső energiaigényének csökkentésével üzemeltetési költség-megtakarítás érhető el. Ahol a megtakarított energia értékesíthető, az további bevételt eredményezhet.

A meglévő létesítmények jelentős átalakításának állóeszköz-beruházási költsége néhány esetben igen nagy lehet, az elérhető haszonhoz viszonyítva.

Az energia-értékesítésből, vagy a kisebb energia-felhasználás miatti üzemeltetési költség-megtakarításból további bevételek származnak.

33 Hűtőrendszerek alkalmazása esetén megfelelő gőzkondenzátor kiválasztása, amely legjobban megfelel a környezetvédelmi feltételeknek.

A hűtőrendszer kiválasztása

A helyi környezeti feltételeknek legjobban megfelelő hűtőrendszer kiválasztása segít az összes környezeti hatás csökkentésében.

Három fő hűtőrendszert használnak:

1. Vízhűtés konvekcióval:

Ez a rendszer felszíni vizet használ, amit azután, hogy néhány fokkal felmelegítették, újra felszíni vízbe bocsátanak ki. Ez a hűtőrendszer sok vizet igényel és nagy hőterhelést okoz a helyi felszíni vízben. Főleg nagy folyók mellett használják. A zajszint alacsony. A vizet rendszerint tisztítani szükséges, a víz szűrése viszont károsíthatja az abban élő halakat és egyéb élő szervezeteket. A vízkivételi megoldás kialakításánál gondot kell fordítani arra, hogy ezt a káros hatást csökkentsék.

2. Elpárologtatásos vízhűtés

A kondenzátor hűtésére vizet használnak. Ezt a vizet nem bocsátják ki, hanem visszaforgatják, miután áthalad egy elpárologtató hűtőtornyon, ahol a víz, egy kis részének elpárologtatása révén, lehűl. A rendszer vízminőségének szabályozásához egy kisebb mennyiségű vizet ki kell bocsátani.

Az elpárologtatásos vízhűtésnek három főbb kialakítása ismert:

- kényszerhuzamú hűtőtorny, ahol a víz elpárologtatásához szükséges levegőt ventilátorok szolgáltatják, melyek energiát- fogyasztanak
- természetes konvekciós hűtőtorny, ahol a légmozgást a levegő hőmérsékletének (kismértékű) emelkedése okozza (nagy méretű, 100 m magas beton hűtőtornyok) és
- hibrid hűtőtorny, ahol a víz a benne lévő hő egy részét hűtőkötegek („léghűtés”) révén adja át a levegőnek, amivel csökkenthető a vízpára csóva mérete.

A kényszerhuzamú rendszer zajszintje magas, míg a konvekciós rendszerek zajszintje közepes.

Ennél a hűtő-típusnál fennáll a Legionella előfordulásának kockázata, a víz párolgása és a közvetlen kontaktus miatt.

3. Léghűtés

Léghűtés esetén a gőzt egy szokásos kivitelű hőcserélőben (pl. „kempingsátor modell”) levegővel kondenzálják. Ezek a kondenzátorok sok áramot fogyasztanak, mivel a szükséges légmozgást nagyméretű ventilátorokkal idézik elő.

A zajszintek magasabbak. A kondenzátor felülete rendszeres tisztításra szorul.

Az energiahatékonyságra gyakorolt befolyás a vízhőmérséklettől, a levegőhőmérséklettől, és a légnedvességtől (nedves hőmérő hőmérséklete) függ, de általában a konvekciós vízűtés mutatja a legjobb eredményeket, ezt a párologtatásos hűtés követi, és a sort a léghűtés zárja. A konvekciós hűtés és a léghűtés hatékonysága közti különbség rendszerint a 2-3%-os tartományban van.

Lásd még az „Az elérhető legjobb technika alkalmazása az ipari hűtőrendszerekben” horizontális BAT-referencia dokumentumot is.

A kiválasztott típustól függően (ld. a fenti leírást) lehetséges:

- a létesítmény saját („parazita”) energia-igényének csökkentése
- a kibocsátott melegvíz termikus hatásának csökkentése
- a zajhatások csökkentése
- a vizuális hatások csökkentése.

A hűtőrendszer kiválasztása a fő helyi környezetvédelmi és egészségügyi kérdésektől, illetve az egyes rendszerek környezeti elemek közötti kölcsönhatásainak relatív fontosságától függ.

A konvekciós vízűtés (a fenti 1. típus) nem alkalmazható tengertől messze fekvő, száraz területeken.

Az elektromos áram magasabb ára fokozhatja az érdeklődést a konvekciós hűtés iránt.

Példaüzemek:

Az Issy és Ivry üzemek, Párizs közelében, Franciaországban; Southampton, UK (épülőben). Mindkettőnek nyílt vízkörű hidro-kondenzátora van.

34 Off-line és on-line kazán-tisztítási technikák kombinációjának alkalmazása a kazánban lévő por tartózkodási idejének és felhalmozódásának csökkentésére.

A hőcserélő csőkötegek hatékony tisztítása

A tiszta kazáncsövek és más hőcserélő felszínek jobb hőcserét eredményeznek, és a dioxinok kialakulásának kockázatát is csökkenthetik a kazánban.

A tisztítás elvégezhető on-line (a kazán üzemelése közben) és off-line (a kazán leállításkor és karbantartási időszakokban). A kazán méretei és a hőcserélő kialakítása (pl. térköz a csövek között) befolyásolják a tisztítás rendjét.

Az on-line tisztítás technikái:

- mechanikus kopogtatás
- koromlefúvatás gőz beinjektálásával
- magas vagy alacsonynyomású vízpermetezés (főleg az üres kazánhuzamok falán)

- ultra/infrahangos tisztítás
- lövéses tisztítás és mechanikus pellet csiszolás
- robbantásos tisztítás
- magas nyomású (10-12 bar) levegő beinjektálása mozgatható lándzsákkal.

Off-line tisztítási technikák:

- periodikus manuális tisztítás (TSZH égetőben általában évente egyszer)
- kémiai tisztítás

Ezek a technikák túlmenően előnyös lehet megelőzni a konvekciós hőcserélő kötegekkel kapcsolatba kerülő gázok magas (650°C-t meghaladó) hőmérsékletének kialakulását (ekkor a szálló pernye ragacsosabb, és emiatt jobban odatapad az útjába kerülő felületekhez,):

- csak vízfalakkal álló üres kazánhuzamok beiktatásával
- nagy kemence méret alkalmazásával, ami csökkenti a gáz sebességét a csőkötegek előtt.

A jobb hőcsere javítja az energiakinyerést.

Bár a füstgáztisztító rendszerek alkalmazhatók a PCDD/F-k abszorbálására vagy roncsolására, az újraképződés kockázata hatékony tisztítással csökkenthető. Ennek oka, hogy csökken az az idő, amit a porfészeségek és a PCDD/F vegyületek esetleges kialakulását elősegítő más anyagok a 450-250°C hőmérséklet-tartományban töltenek, ahol is a reakció aránya a legmagasabb.

A folyamatban megtermelt gőzzel végzett koromlefúvatás során a kazán az energia legnagyobb részét (80-90%) hasznosítja.

A koromlefúvató anyag fogyasztása, pl. magas nyomású víz, alacsony nyomású víz, gőz (csak részben), környezeti elemek közötti kölcsönhatást okoz. A zaj is probléma lehet néhány technika alkalmazása esetén, pl. robbantásos tisztítás, mechanikus kopogtatás.

A folyamatos on-line csőtisztítást lehetővé tevő technikák alkalmazása (rendszerint egy 8 órás műszakban egyszer elvégezve) nyomán általában ritkábban lesz szükség karbantartási, tisztítási célú kazán-leállásokra. Manuális tisztítást rendszerint akkor végeznek, ha a lerakódások a füstgáz hőmérsékletének 20-50°C-s emelkedését, ezáltal az energiahatékonyság 1,5-3%-os csökkenését okozzák. A kazán-szerkezet és a csövek potenciális mechanikai károsodása főként robbantásos tisztítás és mechanikus kopogtatás esetén fordulhat elő. A csövek eróziója az energiahatékonyság 1,5-3%-os csökkenéséhez vezethet, és végső fokon a csövek cseréjét is szükségessé teheti.

Minden kazánal rendelkező égetőben alkalmazható. A technika alkalmazása jobb hőhasznosítást, kisebb korróziót, alacsonyabb kibocsátásokat és energiafogyasztást tesz lehetővé.

Példaüzemek:

Speciális tisztítórendszerek számos üzemben Hollandiában és Dániában, pl. AVI ARN Beuningen (robbantásos tisztítás gázzal), AVI Amsterdam és AVI Wijster (robbantásos tisztítás dinamittal).

35 Összetett füstgáztisztító rendszer, ami a létesítmény egészére kiterjedő alkalmazása esetén, általában biztosítja a 3.1.28 táblázatban felsorolt üzemelési kibocsátási szintek teljesülését, a BAT alkalmazásával elérhető légszennyező kibocsátások vonatkozásában.

Anyag(ok)	3.1.28 táblázat: A BAT alkalmazásával elérhető üzemelési kibocsátási szintek(ld. a lenti megjegyzéseket) légszennyező kibocsátások vonatkozásában (mg/Nm ³ -ben kifejezve vagy ahogy a táblázatban szerepel)			
	Nem-folyamatos minták	Félórás átlag	24 órás átlag	Megjegyzések
Összes por (szilárd anyag)		1-20 (ld. 2. eltérő vélemény)	1-5	A tartományon belül az alacsonyabb érték általában zsákos porszűrők használatával érhető el. A porkibocsátás-csökkentő rendszerek hatékony karbantartása nagyon fontos. A porkibocsátások csökkentése általában a fémek kibocsátását is csökkenti.
Hidrogén-klorid (HCl)		1-50	1-8	A hulladék ellenőrzése és keverése csökkentheti a nyersgáz-koncentrációk ingadozását, melyek egyébként rövid ideig tartó magas kibocsátásokat okozhatnak. Ezekre a szennyezőkre általában a nedves füstgáztisztító rendszereknek van a legmagasabb abszorpciós kapacitásuk, és ezek biztosítják a legalacsonyabb kibocsátási szinteket, azonban általában ezek a rendszerek költségesebbek. A fő füstgáztisztítási rendszerek közötti választás kritériumai, beleértve a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat is, a 3.3 táblázatban található.
Hidrogén-fluorid (HF)		<2 (ld. 2. eltérő vélemény)	<1	
Kén-dioxid (SO ₂)		1-150 (ld. 2. eltérő vélemény)	1-40 (ld. 2. eltérő vélemény)	
Nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO ₂), SCR-t használó létesítményeknél, NO ₂ -ben kifejezve		40-300 (ld. 2. eltérő vélemény)	40-100 (ld. 2. eltérő vélemény)	Az SCR-rel társított hulladék- és tüzelés-szabályozó technikák általában ezen kibocsátási tartományokon belüli működést eredményeznek. Az SCR használata további energia- és költség-igénnyel jár. Nagyobb létesítményeknél az SCR használata általában kezelt hulladék tonnánként további, de kevésbé jelentős költségnövekedéssel jár. A magas N-tartalmú hulladékok a nyers gáz NO _x -koncentrációjának növekedését okozhatják.
Nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO ₂), SCR-t nem használó létesítményeknél, NO ₂ -ben kifejezve		30-350	120-180	Az SNCR-rel társított hulladék- és tüzelés-szabályozó technikák általában ezen kibocsátási tartományokon belüli működést eredményeznek. Alacsonyabb 24 órás átlag eléréséhez általában SCR használata szükséges, bár SNCR-rel 70 mg/Nm ³ alatti kibocsátási szinteket értek el, pl. ahol a nyersgáz NO _x koncentrációja alacsony, és/vagy a reagenst magas dózisban használják. Ahol magas dózisban használják az SNCR reagenst, az ebből következő NH ₃ -szökés nedves füstgáztisztítással csökkenthető, de megfelelő intézkedéseket kell tenni a keletkező ammónia-tartalmú víz kezelésére. A magas N-tartalmú hulladékok a nyers gáz NO _x -koncentrációjának növekedését okozhatják. (ld. a 8. megjegyzést a kis létesítmények vonatkozásában)
Gáz vagy gőz formájú szerves anyagok, TOC-ban kifejezve		1-20	1-10	Az égetés körülményeit javító technikák csökkentik ezen anyagok kibocsátását. A kibocsátási koncentrációkat a füstgáztisztítás rendszerint nem befolyásolja nagymértékben. Beindításkor és leállításkor, illetve olyan új kazánoknál, ahol még nem állt be a normál üzemi lerakódási szint, a CO-szintek általában magasabbak lehetnek.
Szén-monoxid (CO)		5-100	5-30	
Higany és vegyületei, Hg-ben kifejezve	<0,05 (ld. 2. eltérő)	0,001-0,03	0,001-0,02	Sok hulladék esetében általában szén-alapú reagenst használó adszorpció szükséges ezen kibocsátási szintek eléréséhez – mivel a fém higany csökkentése

	vélemény)			bonyolultabb, mint az ionos higanyé. A pontos csökkentési teljesítmény és a megkívánt technika függ a Hg szintjétől és eloszlásától a hulladékban. Néhány hulladék-áramban igen változatos a Hg-koncentráció — ilyen esetekben hulladék-előkezelés lehet szükséges a füstgáztisztító rendszer kapacitás csúcs-túlterhelésének megakadályozásához. A 2000/76/EK irányelv értelmében nem szükséges folyamatos monitoring, de néhány tagországban elvégzik.
Összes kadmium és tallium (és vegyületeik a fémekben kifejezve)	0,005-0,05 (ld. 2. eltérő vélemény)			Ld. a Hg-ra vonatkozó megjegyzéseket. Mivel ezeknek a fémeknek a higanyénál kisebb az illékonysága, kibocsátásaik csökkentésére a por és az egyéb fémek kibocsátásának csökkentését szolgáló módszerek hatékonyabbak, mint a higany esetében.
Σ egyéb fémek	0,005-0,5			A szilárd anyag-kibocsátást csökkentő technikák általában ezeket a fémeket is szabályozzák.
Dioxinok és furánok (ng TEQ/Nm³)	0,01-0,1 (ld. 2. eltérő vélemény)			A tüzelési technikák elroncsolják a hulladékban lévő PCDD/F-t. A speciális kialakítás és a hőmérséklet-szabályozás csökkenti a de-novo szintézist. Ezeken az intézkedéseken túlmenően, a végső kibocsátás szén-alapú reagenset használó kibocsátás-csökkentő technikákkal szorítható ebbe a kibocsátási tartományba. A szén adszorbens dózisának növelésével akár 0,001 mg/Nm ³ levegőbe történő kibocsátást is elérhető, de ekkor megnő a fogyasztás és a keletkező maradékanyagok mennyisége.
A hulladékégetésről szóló 2000/76/EK irányelvben nem szereplő anyagok				
Ammónia (NH₃)	<10	1-10	<10 (ld. 1. eltérő vélemény)	A NO _x -kibocsátás csökkentő rendszerek hatékony kontrollja, beleértve a reagens adagolását is, hozzájárul a NH ₃ -kibocsátás csökkentéséhez. A nedves mosó abszorbeálja a NH ₃ -t és azt a szennyvízbe viszi át.
Benz(a)pirén	Ezekre az anyagokra nem állt rendelkezésre elegendő adat ahhoz, hogy határozott BAT következtetést lehessen levonni a kibocsátási szintekre. A 3. fejezetben szereplő adatok mindenesetre azt jelzik, hogy kibocsátási szintjeik általában alacsonyak. A PCB-k, PAH-ok és a benz(a)pirén a PCDD/F-re használt kibocsátás-csökkentő technikákkal csökkenthetők. Az N ₂ O-szinteket a tüzelési technika és a tüzelés optimalizálása határozza meg, illetve, ahol karbamidot használnak, az SNCR optimalizálása.			A PCDD/F-t csökkentő technikák a benz(a)pirént, a PCB-ket és a PAH-okat is csökkentik.
PCB-k				A hatékony oxidatív tüzelés és a NO _x -kibocsátás csökkentő rendszerek által biztosított szabályozó hatás hozzájárul a N ₂ O-kibocsátás csökkentéséhez. A magasabb értékek a fluidágyas rendszerek alacsonyabb hőmérsékleten, pl. ~900°C alatti üzemeltetések fordulóknak elő.
PAH-ok				
Dinitrogén-oxid (N₂O)				

MEGJEGYZÉSEK:

1. Az ebben a táblázatban megadott tartományok az üzemelési teljesítmény azon szintjeit képviselik, amelyek általában elvárhatók a BAT alkalmazásának eredményeképpen — tehát nem jogilag kötelező kibocsátási határértékek.
2. Σ egyéb fémek = Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V és vegyületeik összessége, a fémekben kifejezve
3. A nem folyamatos méréseket a 30 perc és 8 óra közé eső mintavételi periódusok alapján átlagolják. A mintavételi periódusok hossza az ilyen méréseknél 4-8 óra közé esik.
4. A adatok 11% oxigénre, száraz füstgázra, 273K-re és 101,3kPa-ra vonatkoznak.
5. A dioxinokat és furánokat a 2000/76/EK irányelvben szereplő egyenérték faktorokkal számítjuk.
6. A teljesítmény ezen tartományokkal való összehasonlításakor a következőket minden esetben figyelembe kell venni: az elvégzett meghatározásokhoz tartozó megbízhatóság értéke; a meghatározások relatív hibája nő, ahogy a mért koncentrációk az alsó kimutathatósági határ felé csökkennek.
7. A fent említett BAT-tartományokat alátámasztó üzemelési adatokat a WID határértékek 0-3-szorosának megfelelő mérési tartományú műszerek alkalmazását megkívánó jó monitoring gyakorlat jelenleg elfogadott szintjeinek megfelelően nyerték. Nagyon alacsony alapértékekkel és rövid ideig tartó csúcs-kibocsátásokkal bíró paramétereknél különös figyelmet kell szentelni a mérési tartománynak. Pl. néhány esetben jelezték, hogy ha CO mérésénél a mérési tartományt a WID határértékek háromszorosáról a tízszeresére növelték, ez 2-3-szor magasabb mért adatokat eredményezett. Ezt a táblázat értelmezésénél figyelembe kell venni.
8. Egy tagállam jelentette, hogy néhány esetben műszaki nehézségeket tapasztaltak meglévő kis méretű TSZH égetőnél utólagos SNCR beépítésénél, és hogy a NO_x-csökkentés (pl. SNCR) költséghatékonysága (azaz a NO_x-csökkentés egységnyi költsége) a kis méretű (vagyis <6 t hulladék/ó kapacitású) TSZH égetőknél kisebb.

ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK

1. BAT 35: Meglévő létesítmények teljesítményére vonatkozó ismereteik alapján jónéhány tagország és a környezetvédelmi civil szervezet azt az eltérő véleményét fejezte ki, hogy a BAT alkalmazásával elérhető 24 órás NH₃-kibocsátási tartománynak <5 mg/Nm³-nek kellene lennie (a <10 mg/Nm³ helyett).
2. BAT 35: Egy tagország és a környezetvédelmi civil szervezet eltérő véleményét fejezte ki a 3.1.28 (levegő) táblázat BAT-tartományait illetően. Eltérő véleményüket számos meglévő létesítmény teljesítményére vonatkozó ismereteikre, és a TWG által szolgáltatott, valamint az ebben a BREF-ben (pl. a 3. fejezetben) található adatok értelmezésére alapozták. A TWG-ülésen a 3.1.28 táblázatban található tartományokat fogadták el, de a következő eltérő vélemények feljegyzésével:
összes por félórás átlag 1-10 mg/Nm³; NO_x (mint NO₂) SCR használatával félórás átlag 30-200 és 24 órás átlag 30-100 mg/Nm³; Hg és vegyületei (mint Hg) nem-folyamatos 0,001-0,03 mg/Nm³; összes Cd + Tl nem-folyamatos 0,005-0,03 mg/Nm³; dioxinok és furánok nem-folyamatos 0,01-0,05 ng TEQ/Nm³. Ugyanazon érvelés alapján a környezetvédelmi civil szervezet a következő eltérő véleményeket is feljegyeztette: HF félórás átlag <1 mg/Nm³; SO₂ félórás átlag 1-50 mg/Nm³ és 24 órás átlag 1-25 mg/Nm³.

3.1.28 táblázat: A BAT alkalmazásával elérhető üzemelési kibocsátási szintek hulladékégetőkben, légszennyező kibocsátások vonatkozásában

- 36 A teljes füstgáztisztító rendszer kiválasztásánál a következők figyelembe vétele:**
- a. az alábbi első két alpontban leírt általános szempontok**
 - b. a létesítmény energiafogyasztására gyakorolt lehetséges hatás**
 - c. meglévő létesítmények utólagos kiegészítésénél esetlegesen felmerülő átfogó rendszer-összeférhetőségi kérdések.**

Általános tényezők

A füstgáztisztító rendszer kiválasztásánál a következő általános tényezőket kell figyelembe venni (a felsorolás nem teljes körű):

- a hulladék típusa, összetétele, változásai
- a tüzelési folyamat típusa és mérete
- a füstgázáram és hőmérséklete
- a füstgáz tartalma, mennyisége és az összetétel ingadozásának mértéke
- az elérendő kibocsátási határértékek
- szennyvíz-kibocsátásokra vonatkozó követelmények
- a füstfáklya láthatóságára vonatkozó követelmények
- rendelkezésre álló földterület és hely
- az összegyűjtött/kinyert maradékanyagok számára valamilyen kimenet hozzáférhetősége és költségei
- összeférhetőség bármely már meglévő folyamat-összetevővel (meglévő létesítmények)
- víz és egyéb reagensek hozzáférhetősége és költségei
- energiaszolgáltatás lehetőségei (pl. hőszolgáltatás kondenzációs mosóból)
- a kiadott energiára vonatkozó támogatások hozzáférhetősége
- a beérkező hulladék elfogadható ártalmatlanítási költsége (piaci és politikai tényezők is befolyásolják)
- a kibocsátások csökkentése elsődleges módszerekkel
- zajkibocsátás
- a kazántól a kémény felé a füstgáztisztító berendezések csökkenő füstgázhőmérsékletek szerinti elrendezése, amennyiben ez lehetséges.

Átfogó optimalizálás és „a rendszer, mint egész” megközelítés

Az energetikai szempontok figyelembevételén túl (ld. az energiáról szóló alfejezetet) hasznos a füstgáztisztító rendszert mint egységes egészet szemlélni. Ez különösen fontos a szennyezők eltávolítása szempontjából, mert a berendezések gyakran hatnak egymásra, például az egyik szennyező esetében elsődleges tisztítást végző egység esetleg egyidejűleg egy másikra is hatást gyakorol. A tisztítási sorozaton belüli elhelyezéstől függően különböző tisztítási határfok érhető el. A multifunkcionális készülékek a legelterjedtebbek, például:

- ha a reagens beinjektálása után portalanító fülkét használnak, a portalanító hatásán túl kiegészítő reaktorként is hat. A szűrő anyaga okozta nyomáscsökkenés elosztja a füstgázokat a szűrőn lerakódó porréteg felületén, ami kisebb mennyiségben leülepedett reagenseket is tartalmaz, és az alacsony gázsebesség hosszú tartózkodási időt okoz. A portalanító fülke így hozzájárul a savas gázok, és az olyan gáz-állapotban lévő anyagok, mint a Hg és Cd vagy a POP-ok (környezetben tartósan megmaradó szerves vegyületek, mint pl. PAH-ok, PCB-k dioxinok és furánok) kezeléséhez,
- a savas gáz-kezelésen felül a nedves mosók elősegítik a por egy részének leválasztását, és ha a pH elég alacsony, vagy ennek hiányában mosó reagens alkalmazásával a Hg megkötését

- az SCR de-NO_x, ha megfelelően van kialakítva (méretezve), a dioxinokat is képes roncsolni,
- az aktív szén és lignites adszorpció a dioxinokra, a Hg-ra és egyéb anyagokra is hatást gyakorol.

Energia-optimalizálás

Némelyik füstgáztisztítási technika jelentős mértékben megnöveli az égetési folyamat összes energiaigényét. Fontos figyelembe venni az alacsonyabb kibocsátási határértékek alkalmazásának járulékos energiaigényét. Ezzel kapcsolatban a következő fontosabb megállapítások tehetők:

- a porkibocsátás csökkentése, beleértve a kazánhamut (és a porral kiszűrt fémeket) is, általában további szűrést igényel és növeli az energiafogyasztást
- a NO_x-kibocsátás 100 mg/m³ alá csökkentését gyakran SCR használatával érik el, ami, mivel rendszerint a hulladékégetésben alacsony porszintű rendszerként üzemeltetik, a füstgáztisztító rendszer tiszta gázt kibocsátó végén helyezkedik el. Emiatt általában bizonyos többlet-energia szükséges a füstgáz újrahevítésére. A nyers gáz nagyon alacsony SO_x-szintje lehetővé teszi az SCR újrahevítés nélküli használatát (ld. a 2.5.5.2.2 alfejezetet). Amennyiben az alacsonyabb kibocsátási határértékek elérése érdekében végzett további füstgáztisztítás járulékos energiaigényét az égető állítja elő, kevesebb energiát lehet kiadni a létesítményből,
- a füstgáz hőmérséklete a kazánból való kilépéskor alapvetően meghatározza a füstgáztisztító rendszer energiaigényét, ha a hőmérséklet a sav harmatpont alatt van, további energia szükséges a füstgáz újrahevítésére,
- általánosságban, ha a füstgáztisztító rendszer elemeit úgy helyezik el, hogy a legmagasabb üzemelési hőmérséklettel rendelkező berendezések az alacsonyabb hőmérsékleten üzemelőket megelőzik, ez összességében a füstgáztisztító rendszer alacsonyabb energiaigényét eredményezi (néhány esetben ez nem megvalósítható, pl. az SCR általában tiszta gázt igényel, és emiatt az alacsonyabb hőmérsékletű gáz-tisztítási szakaszok után kell elhelyezni).

A technikák kiválasztása új vagy meglévő létesítmények számára

A mindenre kiterjedő optimalizálás és a füstgáztisztító rendszer elemeinek (valamint az égetési folyamat többi részének) megfelelő összekapcsolása új és meglévő létesítmények esetében egyaránt fontos. Meglévő létesítmények esetében a lehetőségek száma sokkal korlátozottabb lehet, mint újaknál. A folyamatok közötti összeférhetőségre vonatkozó megjegyzések az egyedi füstgáztisztítási technikákkal foglalkozó fejezetekben találhatók.

37 A nedves/félnedves és száraz füstgáztisztító rendszerek közötti választásnál a 3.1.29 táblázatban példaként felsorolt általános kiválasztási kritériumok (nem teljes felsorolás) figyelembe vétele:

Kritérium	Nedves füstgáztisztítá s	Félnedves füstgáztisztítá s	Száraz meszes füstgáztisztítá s	Száraz nátrium- hidrogén- karbonátos füstgáz- tisztítás	Megjegyzések
Légszennyező kibocsátási teljesítmény	+	0	-	0	- HCl, HF, NH₃ és SO₂ vonatkozásában általában a nedves rendszerek biztosítják a legkisebb kibocsátást a levegőbe - rendszerint a rendszerek mindegyikét további por- és PCDD/F-kibocsátás csökkentő berendezéssel kombinálják - a száraz meszes rendszerek a száraz nátrium-hidrogén-karbonátos vagy félnedves rendszerekhez hasonló kibocsátási szintek elérésre lehetnek képesek, de csak több reagens adagolásával, és az ezzel járó több maradékanyag keletkezésével
Maradékanyag keletkezés	+	0	-	0	- a hulladék tonnánkénti maradékanyag keletkezés általában magasabb a száraz meszes rendszereknél, és alacsonyabb a nedves rendszereknél, a nedves rendszerek maradékanyagaiban viszont a szennyezés koncentrációja magasabb - száraz meszes rendszereknél, és nedves rendszereknél a mosó szennyvizének kezelése után a maradékanyagból anyagkinyerés lehetséges,
Vízfogyasztás	-	0	+	+	- a nedves rendszereknél a vízfogyasztás általában magasabb - a száraz rendszerek kevés vizet használnak, vagy egyáltalán nem használnak vizet
Szennyvíz keletkezés	-	+	+	+	- nedves rendszereknél a keletkezett szennyvíz (ha nem párologtatják el) kezelést igényel, és általában kibocsátják — ha a kezelt sós szennyvízre alkalmas befogadót lehet találni (pl. tengeri környezetben), a kibocsátás önmagában nem feltétlenül jelentős hátrány - az ammónia eltávolítása a szennyvízből bonyolult lehet
Energia-fogyasztás	-	0	0	0	a nedves rendszereknél az energia-fogyasztás a szivattyúzás igénye miatt általában magasabb — és még tovább nőhet, ahol (ahogyan ez általában szokás) más füstgáztisztítási elemmel, pl. porleválasztással kombinálják
Reagens- fogyasztás	+	0	-	0	- nedves rendszereknél általában alacsonyabb reagens-fogyasztás - száraz meszes rendszereknél általában magasabb reagens-fogyasztás — de a reagens visszaforgatásával ez csökkenthető - a félnedves, száraz meszes és száraz nátrium-hidrogén-karbonátos rendszereknél hasznos lehet a nyers gáz sav-monitoringja (ld. 4.4.3.9 – 39. BAT pont)
Képes megbirkózni a szennyezőanyag bemenő váltoásaival	+	0	-	0	- a nedves rendszerek jobban képesek kezelni a HCl, HF és SO₂ széles tartományban és gyorsan lejártszódó változásait - a száraz meszes rendszerek általában kevésbé rugalmasak — habár ez a nyers gáz sav-monitoringjával (ld. 4.4.3.9 – 39. BAT pont) javítható
Füstfáklya láthatósága	-	0	+	+	- a füstfáklya láthatósága nedves rendszereknél általában nagyobb (hacsak nem alkalmaznak speciális intézkedéseket) - a füstfáklya láthatósága általában száraz rendszereknél a legkisebb
A folyamat komplexitása	- (legmagasabb)	0 (közepes)	+	+	a nedves rendszerek önmagukban meglehetősen egyszerűek, de egyéb füstgáztisztítási elemek szükségesek egy átfogó füstgáztisztító rendszer kialakításához, beleértve a szennyvíztisztító telepet stb.
Költségek - beruházási	általában magasabb	közepes	általában alacsonyabb	általában alacsonyabb	a nedves rendszerek további költségei a további füstgáztisztítás és kiegészítő komponensek további költségeiből adódnak — ez kisebb üzemek esetében a legjelentősebb
Költségek - üzemeltetési	közepes	általában alacsonyabb	közepes	általában alacsonyabb	- a nedves rendszereknél további költség a szennyvíztisztító üzemeltetési költsége — ez kisebb üzemek esetében a legjelentősebb - ahol több maradékanyag keletkezik, több a maradékanyag ártalmatlanítási költsége. A nedves rendszerek termelik a legkevesebb reagenst, így a reagens ártalmatlanítási költsége itt lehet a legalacsonyabb. - az üzemeltetési költségek a fogyó anyagok költségeit, az ártalmatlanítási és karbantartási költségeket tartalmazzák. Az üzemeltetési költségek nagymértékben függenek a fogyó anyagok helyi árától és a maradékanyag helyi ártalmatlanítási költségeitől.
Jegyzetek: + : a technika alkalmazása általában előnyös a vizsgált kritérium vonatkozásában 0: a technika alkalmazása általában nem jelent jelentős előnyt vagy hátrányt a vizsgált kritérium vonatkozásában - : a technika alkalmazása általában hátrányos a vizsgált kritérium vonatkozásában					

3.1.29 táblázat: Példa néhány IPPC szempontból releváns kritérium értékelésére, amelyeket figyelembe lehet venni a nedves/félnedves és száraz füstgáztisztító rendszer lehetőségek közötti választásnál

38 Általában (vagyis ha nincs valamilyen speciális helyi hajtóerő) kerülendő egy füstgáztisztítási vonalon belül két zsákos szűrő használata, a járulékos megnövekedett áramfogyasztás megelőzése érdekében.

Egy további füstgáz utótisztító rendszer alkalmazása

A technika egy további füstgáztisztító rendszer alkalmazására vonatkozik, a porkibocsátás végső csökkentésére, más füstgáztisztító rendszerek alkalmazását követően, de még a véggázok légköri kibocsátása előtt. Itt a következő fő rendszereket alkalmazzák:

- zsákos porszűrők
- nedves elektrosztatikus porleválasztó
- elektrodinamikus venturi mosók
- összetett szűrési modulok — kb. a venturi mosónak felel meg
- ionizáló nedves mosó.

Lehetséges megfontolni finom kezelésként egy végső nedves füstgáztisztító rendszer beiktatását, miután más rendszerek már kezelték a savas gázokat. Ezt a rendszert tipikusan a nagyon változékony HCl-kibocsátások csökkentésére alkalmazzák. Főként meglévő üzemekben használják, ahol a savas gázkibocsátások magasak vagy változóak, és ezeket alacsony szintre kívánják csökkenteni. Magas és változó klór- vagy egyéb savképző összetevő-tartalmú hulladékokhoz a legalkalmasabb (pl. veszélyes hulladékok vagy ipari hulladékot tartalmazó települési hulladék).

Tekintettel arra, hogy ebben az esetben a megfontolás tárgya egy további füstgáz-utótisztító szakasz létesítése, a kapcsolódó további költségek jelentősek.

A fő műszaki elemeket a 2.5.3 alfejezet már bemutatta.

Tisztítórendszereket iktatnak be a cseppek (főként a finom cseppek) eltávolítására is. Ezeket rendszerint azért iktatják be, hogy megelőzzék a lerakódások kialakulását az utánuk következő rendszerekben, mint pl. az SCR.

A más füstgáztisztító rendszerek által elért értékeken túlmenően a levegőbe történő kibocsátások további csökkentése érhető el, az alábbi táblázatban bemutatott mértékben:

Anyag(ok)	Csökkentési hatékonyság tartomány (%)	Elérhető kibocsátási tartományok				Megjegyzések
		félórás átlag (mg/Nm ³)	napi átlag (mg/Nm ³)	éves átlag (mg/Nm ³)	fajlagos kibocsátás (g/t bemenő hulladék)	
Por		<30	0,04-5	<5		
Jegyzet: az elért pontos végső kibocsátási szintet a végső porleválasztó szakaszba belépő levegő porkoncentrációja (ami viszont a korábban alkalmazott tisztítási szakaszok hatékonyságától függ) és a végső porleválasztó szakasz hatékonysága határozza meg. Az itt megadott értékek útmutatást nyújtanak arról, általában milyen kibocsátási szintek várhatók finom tisztítási szakasz hozzáadása esetén.						

3.1.30 táblázat: Portalanító fülkés finom tisztítás használatával elérhető kibocsátási szintek

A por csökkentésén kívül a következő anyagok levegőbe történő kibocsátása szintén csökkenthető:

- nehézfémek – minthogy ezek kibocsátási koncentrációja általában a porleválasztási hatásfokhoz kapcsolódik,

- higany és PCDD/F – ahol abszorberként szenet (rendszerint lúgos reagenssel kombinálva) alkalmaznak a zsákos szűrőkön,
- savas gázok – ahol lúgos reagenst használnak a zsákos szűrő védelmére.

Ezen további csökkenésekből származó előnyök kisebbek lehetnek ott, ahol az utótisztítást megelőzően a füstgázban már alacsonyok a koncentrációk.

A következő táblázat mutatja be a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat:

Szempont	Mértékegység	Az elért értékek tartománya	Megjegyzések
Energiafogyasztás	kWh/t bemenő hulladék		Nő, a berendezésben fellépő nyomásesés miatt
Reagens-fogyasztás	kg/t bemenő hulladék		Több reagenst kell használni
Vízfogyasztás			A nedves elektrosztatikus porleválasztó használata víz-kibocsátáshoz vezethet, ami visszaforgatható a folyamatba.
Maradékanyag-típus			A finom tisztító szűrőjében leválasztott szálló pernye és/vagy más anyagok általában egy további szilárd hulladék-áramot képeznek.
Maradékanyag-mennyiség	kg/t bemenő hulladék		A bemeneti terheléstől és a korábbi füstgáztisztítási technikáktól függően változik, de általában alacsony.
Füstfáklya láthatósága	+/-	+/-	A nem száraz rendszerek növelhetik a füstfáklya láthatóságát.

3.1.31 táblázat: További füstgáztisztítás alkalmazásának környezeti elemek közötti kölcsönhatásai

Erre a technikára a legjelentősebb környezeti elemek közötti kölcsönhatások:

- energiafogyasztás a zsákos szűrőben fellépő nyomásesés következtében,
- szilárd maradékanyagok keletkezése (finom tisztítási célból történő alkalmazás esetén elhanyagolható).

A zsákos szűrő hatékony karbantartása nagyon fontos a hatékony üzemelés, és így az alacsony kibocsátások biztosítása érdekében. A zsákokban a nyomásesést monitorozzák, hogy a szűrőn lerakódott réteg szintjét fenn lehessen tartani. Ez a zsák károsodásának (mint pl. visszafordíthatatlan lerakódás-képződés) kimutatására is használható. A porkibocsátás rendszerint igen alacsony szintre csökkenthető, egyszerűen a nyomásesés pontosabb megfigyelésével, és a zsákok cseréjére vonatkozóan szigorúbb követelmények alkalmazásával (ú.m. nyomásesésre vonatkozó szigorúbb tűréshatások alkalmazása a karbantartást megelőzően). A szűrő anyaga is elemezhető, a reagens megfelelő dózisének kiszámításához, illetve a szűrő állapotának és várható élettartamának felmérésére.

A nyomásesés vonatkozásában egyedileg monitorozott többkamrás rendszerek, és az olyan portalanító fülkék, amelyek megfelelő fölös kapacitással rendelkeznek ahhoz, hogy a károsodott részeket le lehessen zárni a zsák cseréje céljából, növelik a legalacsonyabb kibocsátási határértékeknek való megfelelés képességét.

A zsákos porszűrőket gyakran rekeszekre osztják, amelyek karbantartási célból elválaszthatók. Az optimális teljesítmény szempontjából fontos az egyenletes füstgázeloszlás.

Szempontok	A szempontokat befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/alacsony) vagy adat	Megjegyzések
Komplexitás	• további egységek szükségesek a technológiai folyamatban • kritikus üzemeltetési szempont	M	A további egységek növelik a komplexitást.
Rugalmasság	• a bemeneti feltételek széles tartományában képes üzemelni	K	Csővégi technikaként kevésbé van kitéve ilyen változásoknak.
Megkívánt szakértelem	• jelentős extra képzés vagy személyzet	M	A zsákos szűrők alapos karbantartást igényelnek.

3.1.32 táblázat: További füstgáztisztítás alkalmazásának üzemeltetési adatai

A technika alkalmazhatóságának értékelése az alábbi táblázatban található:

Kritérium	Értékelés/Megjegyzés
A hulladék típusa	• a technikák képessége arra, hogy a füstgázok nehézfém-koncentrációját tovább csökkentsék, növeli az alkalmazhatóságukat olyan esetekben, ahol igény van a nehézfémek mennyiségének további csökkentésére
Az üzem mérettartománya	• a nagyobb gázárammal rendelkező nagyméretű üzemek ezen technikák alkalmazásával nagyobb kibocsátás-csökkentést érhetnek el
Új/meglévő	• új és meglévő létesítményekben egyaránt alkalmazható • csővégi technikaként igen alkalmas utólagos beépítésre, ahol porkibocsátás-csökkentés a cél • az egyéb megoldások révén eleve alacsony kibocsátású (<10 mg/Nm³) meglévő létesítményeknek nemigen származik előnye a technikák alkalmazásából
Folyamatok összeférhetősége	• figyelembe kell venni a hőmérsékletet és a sav harmatpontot • az SCR előtt hatékony gáztisztítási lépés
Kulcsfontosságú elhelyezési tényezők	• a rendelkezésre álló hely korlátot jelenthet (további technológiai egység)

3.1.33 táblázat: További füstgáztisztítás alkalmazhatóságának értékelése

A technika kulcsfontosságú költség-vonatkozásai a következők:

- további technológiai egység megnövekedett állóeszköz-beruházási költsége,
- megnövekedett üzemeltetési költségek — főleg a nyomásesés okozta energiaigény, a portalanító kamra ellenáramú pulzáló levegőfúvatásához (amennyiben elvégzik) szükséges sűrített levegő és a további karbantartási költségek következtében.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- a jogszabályi előírások miatt az engedélyekben alacsony por-, (porhoz kapcsolódó) nehézfém-kibocsátási határértékeket kell megállapítani, vagy ahol további dioxin és savas gáz-csökkentési potenciálra van szükség,
- a helyi levegőminőséggel kapcsolatban aggodalmak merülnek fel, és a folyamat ezekre hatással lehet,
- az utána következő SCR előtt portalanítóként működik.

Példaüzemek:

Németországban, Ausztriában és Hollandiában vannak példaüzemek. Egyéb példák Franciaországból:

Toulouse: összetett szűrési modulok nedves füstgáztisztítás után

Tronville: csővégi zsákos szűrő mész + aktív szén beadagolással (nedves füstgáztisztítást követően)

Ocreal: csővégi zsákos szűrő aktív szén beadagolással PCDD/F csökkentésére

Dupla zsákos porszűrés alkalmazása

Ez a technika a füstgáztisztítási vonalban két zsákos porszűrő sorozatban történő alkalmazását jelenti. A két zsákos porszűrőnek nem kell közvetlenül szomszédosnak lennie (vagyis más füstgáztisztítási komponens is lehet köztük). Ez a technika nem az olyan helyzetekre utal, ahol a zsákos porszűrőt egy nem-zsákos szűrővel, pl. elektrosztatikus porleválasztóval, ciklonnal vagy nedves mosóval kombinációban alkalmazzák.

A levegőbe történő porkibocsátás további csökkentése, szinte minden esetben 1 mg/m^3 alatti 24 órás átlagértékek érhetők el.

Lehetségesé válik a füstgáztisztítási maradékanyagok szétválasztása, pl. a szálló pernye elválasztása a füstgáz-semlegesítés maradékanyagaitól. A technika így lehetővé teszi egyik vagy másik frakció hasznosítását, ahol az anyagokra van fogadókészség.

A következő táblázat azonosítja a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat:

Szempont	Mértékegység	Az elért értékek tartománya	Megjegyzések
Energiafogyasztás	kWh/t bemenő hulladék	magas	Nő, a berendezésben fellépő nyomásesés miatt
Reagens-fogyasztás	kg/t bemenő hulladék	3-15	A reagens típusától függ
Maradékanyag-típus		száraz	Szálló pernye és só maradékok
Maradékanyag-mennyiség	kg/t bemenő hulladék	15-25	A bemeneti terheléstől és a korábbi füstgáztisztítási technikáktól függően változik, de általában alacsony.
Füstfáklya láthatósága	+0/-	+0	A porlasztva szárító rendszerek növelhetik a füstfáklya láthatóságát.

3.1.34 táblázat: Dupla szűrés alkalmazásának környezeti elemek közötti kölcsönhatásai

Erre a technikára a legjelentősebb környezeti elemek közötti kölcsönhatások:

- az energiafogyasztás, a füstgáztisztító egészében fellépő nyomásesés következtében, jelentősen magasabb,
- szilárd maradékanyagok keletkezése (általában a többi füstgáz-maradékanyagtól elkülönülten).

A beszámolók szerint két zsákos szűrő együttes alkalmazása (még ha nem is egymás mellett üzemelnek), bár jár némi előnnyel a további szennyezés-csökkentés szempontjából, magas teljesítményű ventilátorokat igényel a nyomásesés leküzdésére, és így magasabb elektromos áram-fogyasztással jár.

Szempont	A szempontokat befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/alacsony) vagy adat	Megjegyzések
Komplexitás	• további egységek szükségesek a technológiai folyamatban • kritikus üzemeltetési szempont	M	A további egységek növelik a komplexitást.
Rugalmasság	• a bemeneti feltételek széles tartományában képes üzemelni	M	Az első szakasz bemenete igen változékony lehet, miközben a kibocsátások a második szakaszból viszonylag egyenletesek.
Megkívánt szakértelem	• jelentős extra képzés vagy személyzet	M	A zsákos szűrők alapos karbantartást igényelnek. A plusz egység miatt ez az igény fokozottan jelentkezik.

3.1.35 táblázat: Dupla szűrés alkalmazásának üzemeltetési adatai

A zsákos porszűrőket gyakran rekeszekre osztják, amelyek karbantartási célból elválaszthatók. Az optimális teljesítmény szempontjából fontos az egyenletes füstgázeloszlás.

Bármelyik égetési folyamatban alkalmazható, de főként ott, ahol nagyon alacsony porkibocsátási határértékeknek kell megfelelni, vagy a füstgáztisztítás maradékanyagainak szétválasztása kívánatos.

A technika alkalmazhatóságának értékelése az alábbi táblázatban található:

Szempont	Értékelés/Megjegyzés
A hulladék típusa	• bármelyik
Az üzem mérettartománya	• a nagyobb gázárammal rendelkező nagyobb üzemek ezen technikák alkalmazásával nagyobb kibocsátás-csökkentést érhetnek el
Új/meglévő	• új és meglévő létesítményekben is alkalmazható • ahol a további szűrést csővégi technikaként alkalmazzák, igen alkalmas utólagos beépítésre ott, ahol porkibocsátás csökkentése a cél • az egyéb megoldások révén eleve alacsony kibocsátású (<10 mg/Nm³) meglévő létesítményeknek nemigen származik előnye a technikák alkalmazásából
Folyamatok összeférhetősége	• figyelembe kell venni a hőmérsékletet és a sav harmatpontot • az SCR előtt hatékony gáztisztítási lépés
Kulcsfontosságú elhelyezési tényezők	• sok hely szükséges a beépítéséhez • a só visszaforgatására képes ipari üzem elhelyezkedése

3.1.36 táblázat: Dupla szűrés alkalmazhatóságának értékelése

Az extra technológiai folyamat-egység alkalmazása beruházási költséggel, valamint további energia- és karbantartási költséggel jár.

Leginkább ott alkalmazzák, ahol követelmény az alacsony porkibocsátás (<3 mg/Nm³). A só kinyerésének lehetősége is fennáll.

Példaüzemek:

Számos példa található Belgiumban, Németországban, Franciaországban és másutt.

39 A füstgáztisztítás reagens-fogyasztásának és a füstgáztisztítás maradékanyag-termelésének csökkentése száraz, félnedves és az ezek közt átmenetet képző füstgáztisztító rendszerekben a következők megfelelő kombinációjával:

a. a füstgáz kezelési követelményeinek való megfelelés érdekében beinjektált reagens(ek) mennyiségének szabályozása és ellenőrzése, hogy a célként kitűzött üzemeltetési kibocsátási szintek teljesíthetők legyenek,

b. a beadagolás előtt és után elhelyezett, nyers HCl és/SO₂ szinteket (és más paramétereket, amik e célból hasznosak lehetnek) jelző gyors reagálású jelzőműszerek jeleinek használata a füstgáztisztító reagens adagolási arányának optimalizálására,

c. a füstgáztisztítás összegyűjtött maradékanyagai egy részének visszaforgatása.

A fenti, BAT-ot képviselő technikák alkalmazhatósága és az alkalmazhatóság foka különösképpen a következőknek megfelelően változik: a hulladék jellemzői, és ebből következően a füstgáz paraméterei, a megkívánt végső kibocsátási szintek, és a létesítményben a technikák gyakorlati üzemeltetéséből származó műszaki tapasztalatok.

Savas gáz monitoring alkalmazása a füstgáztisztítás optimalizálására

A száraz és félnedves füstgáztisztító előtt és/vagy után elhelyezett gyors reagálású HCl-gáz jelzőműszerek használatával a füstgáztisztító működését úgy lehet beállítani, hogy a felhasznált lúgos reagens mennyisége az üzemelés beállított kibocsátási értékére legyen optimalizálva. A technikát általában a csúskoncentrációk csökkentésére kiegészítő módszerként használják, és a reagens réteg felhalmozódása a zsákos porszűrő falán a reagens fluktuációra is fontos puffer hatást gyakorol.

A technika nedves mosókban nem alkalmazható, mert ott a mosóközeg víz, és a víz beadagolását az elpárolgási és megcsapolási arányok szabályozzák, nem pedig a nyers HCl-koncentráció.

Néha SO₂-méréseket is végeznek. Mindazonáltal, önmagában a HCl növekedésének megelőzése elősegítheti, hogy megfelelő mennyiségű reagens álljon rendelkezésre az SO₂, és így a csúskibocsátások csökkentésére.

Elért környezeti haszon:

- a csúcs nyers gáz terhelések előre láthatók, így nem okoznak nagy légszennyező-anyag kibocsátást,
- a semlegesítő reagens fogyasztás csökkenthető azáltal, hogy a szükségletnek megfelelő mennyiséget használnak,
- csökken a fel nem használt reagensek mennyisége a maradékanyagokban.

A jelzőműszer válaszütemének elég rövidnek kell lennie, hogy a hatékony reagálás érdekében időben eljuttathassa a szabályozó jelet a reagens-adagoló készülékhez. Alapvető szempont, hogy a jelzőműszerek ellenálljanak a korróciónak, hiszen rendkívül agresszív környezetben kell működniük. A lerakódások is problémát okozhatnak.

A füstgáztisztító berendezés abszorpciós kapacitását a következőképpen lehet változtatni:

- a füstgáz áram megváltoztatása változó fordulatszámú ventilátorok vagy csavarkompresszorok használatával,
- a félnedves rendszerekben a reagens koncentrációjának megváltoztatásával – amikor a kisebb keverőtartály-űrtartalom megnöveli a koncentráció-változás sebességét.

A technika alkalmazhatóságának elemzése az alábbi táblázatban található:

Szempont	Értékelés/Megjegyzés
A hulladék típusa	Különösen száraz, félnedves és a kettő közt átmenetet képező füstgáztisztító rendszerekhez alkalmas, ahol a savas gázok bemeneti koncentrációja nagyon változékony
Az üzem mérettartománya	A kisebb létesítményeknél lehet a leghasznosabb, minthogy a túlságosan heterogén bemenő hulladékok a kisebb áteresztőképességű rendszerekre nagyobb hatással vannak.
Új/meglévő	Új és meglévő létesítményekhez egyaránt alkalmas, de különösen alkalmas utólagos beépítésre, ahol a savas gázok csökkentése tovább optimalizálható.
Folyamatok összeférhetősége	Főleg száraz és félnedves rendszerekhez alkalmas.
Kulcsfontosságú elhelyezési tényezők	Nincsenek jelentős problémák.

3.1.37 táblázat: A nyers gáz monitoring alkalmazhatósága a füstgáztisztítás optimalizálására

A technikára általában nincs szükség a nedves mosót üzemeltető folyamatokban, mivel azok rugalmasabbak a bemenő HCl-koncentrációkkal szemben. Kevésbé alkalmazható ott, ahol a hulladékot homogenizálják, és jó minőségét válogatással, keveréssel vagy előkezelési műveletekkel biztosítják. Leginkább ott alkalmazható, ahol a kemencébe kerülő hulladék minőségének szabályozása korlátozott.

A technikát utólag építik be, olyan meglévő létesítményekbe, ahol rövid idejű kibocsátási szint túllépések fordultak elő. A technikát új folyamatok kialakításánál is alkalmazzák.

Példaüzemek:

Az Egyesült Királyságban és Franciaországban alkalmazzák néhány égetőben.

A füstgáztisztítás maradékanyagainak visszaforgatása a füstgáztisztító rendszerbe

A száraz, félszáraz és hasonló (de semmiképpen nem a nedves eljárások közé tartozó) füstgáztisztítási rendszerekben használt zsákos porszűrőkben felgyülemelő maradékok általában nagyobb mennyiségben tartalmaznak felhasználatlan füstgáztisztítási reagenseket, pernyét és a gázáramból leválasztott egyéb szennyező anyagokat. A felgyülemlett maradék egy része a füstgáztisztítási rendszeren belül visszaforgatható.

Ha visszaforgatást alkalmaznak, általában növelik a füstgáztisztítási rendszer méretét, hogy az képes legyen kezelni a visszaforgatott szennyeződések által megnövelt anyagmennyiséget.

Elért környezeti haszon

A reagens visszaforgatása a rendszerbe az alábbi előnyökkel jár:

- csökkenő reagens-felhasználás (a száraz és félszáraz rendszerekben),
- csökkenő szilárd maradék termelődés (a szilárd maradék kevesebb felhasználatlan reagenst tartalmaz).

A levegőbe történő kibocsátások csökkenése hasonló a gyorsszárító füstgáztisztító rendszerek alkalmazásánál leírtakhoz.

Anyag(ok)	Csökkentési hatékonyság %	Elért kibocsátási tartományok				Megjegyzések
		félórás átlag (mg/Nm ³)	napi átlag (mg/Nm ³)	éves átlag (mg/Nm ³)	fajlagos kibocsátás (g/t bemenő hulladék)	
HCl	>99	<10	<6	2,9	10-30	A magas visszaforgatási arány következtében stabil
HF	>99,5	<2	<1	<0,5	1-5	A magas visszaforgatási arány következtében stabil
SO ₂	>99	<50	<5	<1	5-50	A magas visszaforgatási arány következtében stabil

3.1.38 táblázat: A gyorszártító füstgáztisztító rendszerek alkalmazásához társított kibocsátási értékek

A folyamat, zsákos szűrővel és reagens-adagolással kombinálva, a következők kibocsátásának csökkentését is szolgálja:

- por és az ehhez társuló nehézfémek (0,4-2 mg/Nm³-ig)
- Hg (szén beadagolással 0,002-0,015 mg/Nm³-ig)
- PCDD/F (szén beadagolással 0,05-0,1 mg/Nm³-ig)

A rendszert általában reagens-visszaforgatással használják, ami más füstgáztisztító rendszerekkel szemben a következő előnyökkel jár:

- kisebb reagens-fogyasztás (a száraz és félnedves rendszerekhez képest)
- kevesebb szilárd maradékanyag keletkezik (kevesebb el nem reagált reagenst tartalmaz)
- kisebb vízfogyasztás és nem keletkezik szennyvíz (a nedves rendszerekhez képest)

A technika alkalmazása esetén a környezeti elemek közti legjelentősebb kölcsönhatások a következők:

- szilárd maradékok termelődése (bár a szilárd maradékok mennyisége a visszaforgatást nem alkalmazó rendszerekhez képest csökken),
- a zsákos porszűrő használata miatt fellépő növekvő energiafogyasztás.

Egyes esetekben növekvő higany-kibocsátások is előfordulhatnak. Ennek szabályozása a bekerülő higany mennyiségének figyelembevételét és megfelelő higanyleválasztási technika alkalmazását igényli.

Üzemeltetési adatok

Szempontok	A szempontok teljesülését befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/ alacsony)	Megjegyzések
Komplexitás	- kiegészítő üzemegységek szükségesei - kritikus működtetési szempontok	M/K	megfelelő gondosság a reagensok hatékony visszaforgatása és a nedvesség szabályozás során
Rugalmasság	a technika működtethetősége változatos bemeneti (input) körülmények mellett	M/K	- a keringő reagensok nagy puffer mennyisége növeli a rugalmasságot - a bemeneti körülmények változatosságát tekintve nem olyan rugalmas, mint a neves rendszerek
Megkívánt szakértelem	Nagyfokú extra képzési vagy munkaerő igény	K/A	

3.1.39 táblázat: Jellemző üzemeltetési adatok, maradékok visszaforgatása mellett

A reagensok befecskendezését és a maradékok eltávolításának gyakoriságát az adszorbensek túlterhelődése és az ennek eredményeként végül fellépő szennyezések (pl. szénen adszorbeált Hg és PCDD/F) elkerülése érdekében optimalizálni kell. A savas gázok hatékony adszorpciójának biztosítása a nedvesség szintjének folyamatos megfigyelését és szabályozást igényli.

A lúgos reagens/víz adagolási arányának optimalizálásához szükségessé válhat a füstgáz HCl monitoringja a rendszerbe bekerülés előtt.

A visszaforgatott maradékok okozta megnövekedett anyagmennyiség kezeléséhez szükség lehet a füstgáztisztítási rendszer egyes részeinek bővítésére.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	- bármely hulladék típus esetében használható, kivéve azokat, ahol a bemeneti körülmények nagyon változatosak, pl. kereskedelmi veszélyes hulladékok, hacsak nem kombinálják az ilyen hulladékokat kezelő más rendszerrel - jelenleg TSZH, RDF és fahulladék esetében használják
Üzemméret	nincs korlátozva
Új/meglévő	- nem áll fenn speciális korlátozás - más rendszerekhez viszonyítva nagyobb szűrő szükséges a visszaforgatott anyagmennyiség kezeléséhez
Folyamatok összeférhetősége	a nedves rendszerek kivételével egyéb füstgáztisztítási rendszerekkel kompatibilis
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	a nagyobb reaktor helyigénye

3.1.40 táblázat: A maradékok visszaforgatásának alkalmazhatósága: értékelés

A technika alternatívája lehet a hatékony egyszeri áteresztésű rendszerek alkalmazása, amelyek szintén csökkentik a reagens-felhasználást és a szilárd maradékok mennyiségét. Az ilyen létesítményekben nem alkalmaznak visszaforgatást, az üzem kialakítását és üzemeltetését úgy oldják meg, hogy a felhasznált reagensok túlnyomó része reakcióba lép (azaz kevés felhasználatlan reagens marad a rendszerben). A reagált és felhasználatlan reagensok arányáról a füstgáztisztítási maradékok elemzése adhat tájékoztatást.

A visszaforgatott maradékok nyomán fellépő nagyobb kapacitásigény miatt a zsákos porszűrő mérete és a kapcsolódó költségek megnövekednek.

Az egyéb költségek a rendszer alacsonyabb reagens fogyasztása miatt csökkennek (a száraz rendszerekhez képest kedvezőbb sztöchiometrikus arány), ezenkívül csökkennek a maradékok ártalmatlanításának költségei is.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- csökkenteni kell a fajlagos reagens fogyasztást,
- csökkenteni kell a maradékok mennyiségét.

Példaüzemek:

Az eljárást jelenleg is alkalmazzák Svédországban, Norvégiában, Németországban, Dániában és Spanyolországban.

40 Primer (égéshez kapcsolódó) NO_x -csökkentő technikák alkalmazása a NO_x -termelődés mérséklésére, a füstgázban lévő kibocsátások csökkentésének megkövetelt mértékétől függően SCR vagy SNCR technikával kombinálva (ld. 15. BAT pont). Ahol követelmény az NO_x mennyiségének nagyobb arányú csökkentése (vagyis ahol a nyers füstgáz NO_x -tartalma magas), illetve ahol a kibocsátott füstgázokban alacsony NO_x -koncentrációk kívánatosak, ott az SCR általánosságban BAT-nak tekinthető. Az egyik tagállamból jelzések érkeztek bizonyos műszaki nehézségekről, melyek akkor léptek fel, amikor meglévő kisméretű TSZH égető létesítményekben SCNR rendszereket üzemeltettek be, illetve arról, hogy (pl. SCNR esetében) a NO_x -csökkentés költséghatékonysága (azaz az NO_x kibocsátás csökkentésének egységni költsége) a kisebb méretű (<6 t/ó kapacitású) TSZH égetőkben alacsonyabb.

41 A PCDD/F kibocsátások átfogó csökkentésére valamennyi környezeti elem esetében, az alábbiak alkalmazása:

- a. a hulladék ismeretének és ellenőrzésének javítását célzó technikák, különös tekintettel a hulladék égési tulajdonságaira
- b. primer (égéshez kapcsolódó) technikák, melyek elbontják a hulladékban lévő PCDD/F vegyületeket és lehetséges PCDD/F prekursorokat
- c. a létesítmények olyan kialakítása illetve az üzemeltetés olyan szabályozási rendszere, amelyek segítségével elkerülhető az olyan körülmények fellépése, melyek a PCDD/F vegyületek újraképződését vagy keletkezését eredményezhetik, különös tekintettel a 250-400°C közt végzett porleválasztásra. Egyes jelentések szerint az újraképződés további csökkenése volt tapasztalható azokban az esetekben, ahol az üzemi hőmérsékletet a porleválasztás során tovább csökkentették, 250°C-ról 200°C-re
- d. az alábbi kiegészítő PCDD/F csökkentési technikák megfelelő alkalmazása, akár egyenként, akár kombinációban:
 - i. adszorpció aktív szén vagy egyéb reagensek adagolása megfelelő dózisban, zsákos porszűrő alkalmazása mellett, vagy
 - ii. adszorpció nyugvóágyas adszorberekben, megfelelő adszorbens pótlási arány mellett, vagy
 - iii. többrétegű SCR, a PCDD/F szabályozás igényeinek megfelelően méretezve, vagy

iv. katalizátoros zsákos porszűrők (de csak azokban az esetekben, ahol megoldott a fém és elemi higany hatékony leválasztása).

A PCDD/F képződés megakadályozásának primer technikái

Mivel jelen fejezet a füstgáztisztítási szempontokkal foglalkozik, a primer módszerekre nem tér ki. Ezeket máshol tárgyaljuk (ld. lejjebb).

A hulladékégetőkben a PCDD/F képződés megakadályozásának legfontosabb módja az égési folyamatok megfelelő szabályozása, melynek révén megakadályozható a prekursorok kialakulása. Jelen fejezet korábbi részeiben foglalkoztunk azokkal a technikákkal, melyek alkalmazásával javíthatóak az égetéssel kapcsolatos vonatkozások, és ezek révén az égetési teljesítmény, ami viszont a PCDD/F képződés kockázatának csökkenését vonja maga után. Ezek a technikák az alábbi részekben szerepelnek:

A termikus kezelést megelőző általános gyakorlati alkalmazások

Ez a rész annyiban tartozik a PCDD/F problémaköréhez, hogy a hulladék égetés előtti ellenőrzésével és előkészítésével foglalkozik. A bemutatott technikák alkalmazása javítja az égési jellemzőket és fejleszti a hulladékra vonatkozó ismereteket, ezek nyomán pedig javítható az égési folyamat szabályozása, ami viszont csökkenti a PCDD/F vegyületek képződésének kockázatát.

Termikus kezelés

Mint arra már utaltunk az ezt megelőző bekezdésben, a megfelelően szabályozott égés elősegíti a hulladékban esetlegesen jelenlévő PCDD/F vegyületek és prekursoraik lebontását, illetve megakadályozza a prekursorok képződését. A 4.2. fejezetben felsorolt technikák, az adott hulladéktípusra/létesítményre vonatkozó alkalmazhatóságuk függvényében, kulcsfontosságúak a bármely közegbe történő PCDD/F kibocsátások primer módszerekkel való csökkentésében.

Energiahasznosítás

A hulladékégető létesítmény energiahasznosításra szolgáló részeiben a PCDD/F kibocsátások szempontjából legfontosabb feladat az újbóli keletkezés megakadályozása. Különösen fontos figyelembe venni azoknak az anyagoknak a jelenlétét, illetve a hőmérsékleti zónák felépülésének olyan jellegzetességeit, melyek növelhetik a PCDD/F vegyületek kialakulásának kockázatát. Az energiahasznosítással foglalkozó részben felsorolt technikák a PCDD/F ellenőrzés szempontjait is figyelembe veszik.

Éppen ezért az alábbi pontok csak a PCDD/F problémakör azon vonatkozásait tárgyalják, melyek a füstgáztisztítással kapcsolatosak, míg a primer módszereket máshol mutatjuk be (ld. a fenti bekezdéseket).

A PCDD/F vegyületek újraképződésének megakadályozása a füstgáztisztítási rendszerben

Ha a portartalmú füstgázok által a 450-200°C közé eső hőmérsékleti tartományban eltöltött időt csökkentjük, mérsékeljük a PCDD/F és az ezekhez hasonló vegyületek kialakulásának kockázatát.

Amennyiben a porleválasztást a fenti hőmérsékleti értékek mellett végzik, a pernye hosszabb időt tölt a veszélyes hőmérsékleti tartományban, ami növeli a PCDD/F vegyületek

keletkezésének kockázatát. Amennyiben a nagy portartalmú zónákban alkalmazott porleválasztó eszközöket (ezek általában elektrosztatikus porleválasztók és zsákos porszűrők) 200°C feletti hőmérsékleten üzemeltetik, megnő a PCDD/F vegyületek képződésének kockázata, éppen ezért a porleválasztási fázis bemeneténél a hőmérsékletet 200°C alá szükséges csökkenteni. Ennek eszközei:

- kiegészítő hűtés a kazánban (a 450-200°C hőmérsékleti tartományban üzemelő kazánokat úgy kell kialakítani, hogy az korlátozza a por tartózkodási idejét, elkerülendő, hogy a probléma egyszerűen tovább kerüljön),
- porlasztva hűtő torony alkalmazása a kazán kimeneténél, hogy a füstgáz hőmérséklete a porleválasztási fázisba kerülés előtt 200°C alá csökkenjen,
- teljes gyorshűtés az égési hőmérsékletről kb. 70°C-ra – ezt olyan üzemekben alkalmazzák, ahol nincs kazán és ott is csak akkor, ha az elégetett hulladék tulajdonságai miatt a dioxin képződés fokozott veszélye áll fenn (pl. nagy mennyiségű PCB bevitel). A vegyiparban üzemeltetett veszélyes hulladék égetőkben a 70°C-ra történő kvencselést gyakran alkalmazzák,
- gáz/gáz alapú hőcsere is bevezethető (gáz a füstgázmosó bemeneténél/kimeneténél).

Az olyan meglévő üzemek, ahol a porleválasztás magas hőmérsékleten zajlik, használhatják ezeket a rendszereket a füstgázok hőtartalmának megőrzésére, hogy ez a hő a későbbiekben más célokra felhasználható legyen (pl. hőátadás hőcserével a füstgáztisztítás későbbi lépései felé). Amikor a füstgázokat 200°C alá hűtik, melegítés lehet szükséges a porleválasztás után következő füstgáztisztítási rendszerek által megkövetelt hőmérséklet fenntartásához. A veszteségek elkerülése érdekében a porleválasztási fázis előtti hűtésből származó hő hőcserélő rendszerek segítségével az újramelegítés során fel lehet használni.

A teljes gyorshűtési rendszerek alkalmazása nem sok teret biztosít az energiahasznosításra (ahol teljes kvencselést használnak, ott általában nem üzemeltetnek kazánt). A gyorshűtés ezenkívül nagymértékben növeli a füstfáklya nedvességtartalmát, ami fokozza láthatóságát és a kondenzációt. A forró füstgázok megfelelő hatékonyságú kvencseléséhez nagy mennyiségű víz befecskendezése szükséges. A keletkező szennyvíz bizonyos mértékben visszaforgatható, de rendszerint szükségessé válik valamilyen szennyvízkezelési és -kibocsátási rendszer kiépítése. A visszaforgatott víz a kéményen keresztül távozó gőz okozta veszteségek csökkentése, illetve a füstgáztisztítási rendszer működésének fenntartása érdekében hűtést igényelhet.

A jelentések szerint egyes veszélyes hulladék égetőkben az alkalmazott gyorshűtő rendszerek hatékonyan megakadályozták a PCDD/F vegyületek képződését.

Ahol hőhasznosító kazánokat használnak, de a porleválasztás a 450-200°C-os tartományon kívül zajlik, a nyersgáz dioxin-koncentrációja a dioxin leválasztás/lebontás előtt 1-30 ng/m³ (TEQ) körüli értékeket mutat. Ahol a porleválasztást 450-200°C-on végzik, a rendszert elhagyó gáz 10-től akár 100 ng-ot meghaladó ng/m³ (TEQ) koncentrációban is tartalmazhat PCDD/F vegyületeket.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szemponatok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	Különösen ott fontos, ahol PCB-tartalmú, vagy egyéb, PCDD/F vegyületek keletkezésének kockázatát hordozó hulladékokat kezelnek
Üzemméret	A technika tetszőleges üzemméret mellett alkalmazható
Új/meglévő	A már működő eljárások újratervezése bonyolultabb

Folyamatok összeférhetősége	A hőmérséklet szempontjából fontos
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	

3.1.41 táblázat: A PCDD/F vegyületek újraképződését megakadályozó technikák alkalmazhatósága: értékelés

Meglévő üzemek esetében a szükséges változtatások a teljes füstgáztisztítási rendszer újraértékelését feltételezik, különös tekintettel a hőeloszlásra és hőhasznosításra.

Az olyan, meglévő üzemekben, ahol a szilárd maradékok és a füstgáz eleve olyan kezelésekben részesülnek, melyek hatékonyan elroncsolják a keletkező dioxinokat (pl. SCR füstgáztisztítás és a pernye hőkezelése) a bemutatott technikával elérhető haszon korlátozott.

Újonnan kialakított rendszerek esetében nincs jelentősebb költségvonzat.

Meglévő üzemekben a kazán és a füstgáztisztítási rendszerek cseréje rendkívül nagy befektetéseket igényelhet. Az ilyen változtatások költsége nagyságrendileg a 10-20 millió eurós kategóriába esik.

A működési költségek csökkentésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

- a kazánban nyert energia (hő) eladása,
- a PCDD/F vegyületekkel kevésbé szennyezett szilárd maradékok ártalmatlanításának alacsonyabb költségei (ahol adszorpciót alkalmaznak),
- az alacsonyabb dioxin-tartalom pozitív hatása a porleválasztást követő füstgáztisztítási rendszerekre: kisebb aktív szén/katalizátor igény.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- a kétségek merülnek fel az eljárás során lehetségesen keletkező PCDD/F vegyületekkel kapcsolatban,
- kétségek merülnek fel az ártalmatlanítást igénylő füstgáztisztítási adszorbensek PCDD/F tartalmával kapcsolatban,
- az elégetett hulladék tulajdonságai miatt a PCDD/F vegyületek képződésének kockázata magas.

Példaüzemek:

Nagy-Britanniában két veszélyes hulladék égetőben alkalmaznak gyorsító rendszereket. A kazánhőmérséklet alacsonyan tartását és a füstgáz hűtését a kazán elhagyása után Európa szerte széles körben alkalmazzák.

PCDD/F vegyületek adszorpciója aktív szén vagy egyéb reagensek adagolásával

A technikát a 2.5.8.1. alfejezet mutatja be részletesen. A technikát a következőképp lehet összefoglalni: a füstgázáramba aktív szenet adagolnak, ami elkeveredik a füstgázokkal. Az aktív szén vagy önmagában adagolják be, vagy (leggyakrabban) mésszel vagy nátrium-hidrogénkarbonáttal, mint lúgos reagenssel kombinálva. A befecskendezett lúgos reagens, annak reakciótermékei és a szén adszorber a porleválasztó egységben, rendszerint a zsákos porszűrőben gyűlik össze. A PCDD/F vegyületek adszorpciója a gázáramban történik, illetve abban a reagens rétegben, amely a gázáram útjában akadályt képző szűrőkön (pl. zsákos porszűrőn) lerakódik.

Az adszorbeált PCDD/F vegyületeket a többi szilárd maradékkal együtt eltávolítják a zsákos porszűrőből, elektrosztatikus porleválasztóból vagy egyéb, az adszorpció fázis után következő portalanító berendezésből.

A jelentések szerint az ásványi adszorberek (pl. mordenit, zeolit, agyagásványok keveréke, filloszilikát és mészkőpor) szintén alkalmasak a PCDD/F vegyületek adszorbeálására akár 260°C-os hőmérsékleten is, anélkül, hogy a zsákos porszűrőben tűz keletkezne. A jelentések szerint egyes üzemekben lignit kokszt is használnak.

Egyes jelentések a PCDD/F vegyületeknek az aktív szén felületén történő katalitikus lebomlásáról is említést tesznek.

A PCDD/F vegyületek adszorbeálódnak az aktív szén felületén, aminek az eredményeként a kibocsátások szintje 0,1 ng/m³ TEQ alá csökken.

Az aktív szén a fém higanyt is megköti (ld. a 44. BAT pontnál).

A technika használatához kapcsolódó, zsákos porszűrők vagy egyéb porleválasztó eszközök alkalmazásából adódó kölcsönhatásokat a 38. és 51. BAT pontoknál tárgyaljuk.

A technika eredményeként az adszorbeált anyagokkal szennyezett szilárd maradék keletkezik. Megjegyzendő, hogy a reagenssel eltávolított, illetve azon felgyülemelő szennyező anyag mennyisége kisebb, mint a hatékony porleválasztás során eltávolított mennyiség. A jelentések szerint a PCDD/F 80%-a már a porleválasztás során kikerül a füstgázból.

A füstgáztisztítás során keletkező szennyezett reagenseket egyes esetekben a füstgázmosó szennyvizének kezelése során semlegesítésre lehet használni, amivel csökkenthető a szennyvízkezelés friss anyag igénye. A szennyvízkezelésben alkalmazva az aktív szén vagy kokszt a vízből is megköti a nehézfémeket, pl. a higanyt. A jelentések szerint a reagensek felhasználása a szennyvízkezelésben a vízben nem oldódó széntől eltekintve nem eredményezi újabb maradékok képződését. Az aktív szén és kokszt tárolása és kezelése a nagyobb tűz/gyulladásveszély miatt fokozott biztonsági intézkedéseket igényel.

A TSZH égetőkben a tipikus szénfogyasztási mutatók a jelentések szerint 0,35-3 kg/t hulladék körül alakulnak. A nagyobb arányú adagolás a PCDD/F mennyiségének további csökkenését eredményezheti.

Az aktív szén szokásos adagolása 0,5-1 kg/t, a 0,1 ng I-TEQ/m³-es kibocsátási határérték betartásához. Francia példák:

(1) TSZH égető 12 t/ó – félszáraz füstgáztisztítási rendszer: 0,35 kg/t

(2) TSZH égető 2,5 t/ó – száraz füstgáztisztítási rendszer: 1,2 kg/t

A különböző szén-típusok adszorpció hatékonysága eltérő.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szemponatok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	• bármilyen
Üzemméret	• bármilyen
Új/meglévő	• mind az új, mind a meglévő folyamatokba beilleszthető, az átalakítás többnyire egyszerű
Folyamatok összeférhetősége	• könnyen alkalmazható, ha az üzem már rendelkezik zsákos porszűrő rendszerrel
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	-

3.1.42 táblázat: Szén adagolás alkalmazhatósága PCDD/F vegyületek leválasztására: értékelés

A jelentések szerint a lignit kokszt használatra gazdaságosabb, mint az aktív széné. A jelentések ugyanakkor arról is beszámolnak, hogy a lignit kocsból nagyobb mennyiségeket használnak, mint az aktív szénből (akár az utóbbi felhasználási arányának kétszeresét is).

A technikát számos üzemben bevezették, hogy a kibocsátási szinteket a 0,1 ng/m³-es határérték alatt tarthassák.

PCDD/F vegyületek nyugvóágyas adszorpciója

A technikát a 2.5.8.6. alfejezet mutatja be. Nedves és száraz kokszt/szén ágyak egyaránt használatosak. A nedves rendszerekben ellenáramú vizes atmoszféra alkalmaznak.

Elért környezeti haszon:

A levegőbe történő kibocsátások csökkentése:

- PCDD/F adszorpciója, melynek eredményeként a tisztított füstgázok esetében a kibocsátás a 0,1 ng/m³ TEQ határérték alatt marad,
- higany adszorpciója, melynek eredményeként a kibocsátás 50 µg/m³ alatt marad, és rendszerint nem haladja meg a 30 µg/m³ értéket,
- a szűrő összegyűjti a port.

A kölcsönhatásokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Szempontok	Mértékegység	Az elért értékek tartománya	Megjegyzések
Energiafogyasztás	kWh/t bemenő hulladék	30 – 35	Nyomáskeresés a szűrőnél
Reagens-fogyasztás	kg/t bemenő hulladék	1	Kocszt
Maradékanyag-típus			Használt kocszt
Maradékanyag-mennyiség	kg/t bemenő hulladék	0 – 1	Nincs, amennyiben a kocszt az égetőben elégethető
Vízfogyasztás	l/t bemenő hulladék		Nincs információ
Szennyvíz mennyisége	l/t bemenő hulladék		Nincs információ
Füstfáklya láthatósága	+0/-	+0	A nedves füstgáztisztítási rendszerek növelhetik a füstfáklya láthatóságát.

3.1.43 táblázat: Nyugvóágyas adszorberek használata nyomán fellépő kölcsönhatások a környezeti elemek között

A technika alkalmazása nyomán fellépő legfontosabb kölcsönhatás a szűrőnél tapasztalható nyomáskeresés kiegyenlítésére felhasznált energiában jelentkezik.

Száraz kocszágyak esetében a teljes füstgáztisztítási rendszer kialakításának függvényében fokozódhat a tűzveszély.

Egy 50 000 t/év kapacitású, forgódobos kemencét alkalmazó veszélyes hulladék égetőben új ID (induced draft – nyomóventilátor) ventilátort szereltek fel. Az új ID ventilátor teljesítménye 550 kW, míg a régié csak 355 kW volt (nyomáskeresés a szűrőnél 25-40 mbar).

A telített aktív szenet, mint toxikus hulladékot, gyakran lerakással ártalmatlanítják. Amennyiben ez engedélyezett, az aktív szén hulladékgégetőn belüli ismételt kiégetése is

lehetséges, melynek során az adszorbeált PCDD/F vegyületek elbomlanak. Mivel a szén adszorber a PCDD/F vegyületek mellett a higanyt is adszorbeálja, a telített adszorbens kiégetése esetén gondosan figyelembe kell venni, hogy a higany is visszakerül a rendszerbe. Az adszorbensek kiégetése a folyamatban a higany felhalmozódásához vezethet, ha csak a higanyt egyéb technikák segítségével le nem választják (pl. alacsony pH-jú nedves savas mosás).

A száraz koksztűz bemeneti hőmérséklete általában 80-150°C, nedves ágy esetében 60-70°C. Amennyiben az adszorber után SCR rendszer következik, nedves megoldás esetében a füstgáz nagyobb mértékű újramelegítésére van szükség.

A száraz rendszereknél különös figyelmet kell fordítani a füstgáz egyenletes eloszlására, a tűzveszély csökkentése érdekében. Az ágy hőmérséklete szigorú monitoringot és szabályozást igényel a tűzveszély miatt, a CO-méréseket pl. több helyen, a szűrőberendezés teljes lefedésével kell elvégezni, a forró pontok kiszűrése érdekében. Inert gáz felhasználása is szükségessé válhat.

A nedves koksztűz ágyakban a tűzveszély jelentősen alacsonyabb. Sem tűzoltó berendezésekre, sem inert gáz paplanra nincs szükség. Részben visszaforgatott víz alkalmazásával szintén lehetőség nyílik a felgyülemlett por eltávolítására, amely egyébként a szűrőágy eltömődéséhez vezetne.

Fontos az ágy telítettségének figyelemmel kísérése, a reagensek pótlási arányának meghatározásához.

A mozgó alkatrészek hiánya miatt a rendszer igen megbízható.

Szemponatok	A szempontok teljesülését befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/alacsony)	Megjegyzések
Komplexitás	- kiegészítő üzemegységek szükségessége - kritikus működtetési szempontok	K	- kiegészítő üzemegységre van szükség - a tűzveszély miatt gondos ellenőrzés szükséges (száraz rendszerek)
Rugalmasság	a technika működtethetősége változatos bementi (input) körülmények mellett	M	nagyon magas adszorpciós kapacitás
Megkívánt szakértelem	nagyfokú extra képzési vagy munkaerő igény	M/K	a rendszer robusztus kialakítású, de a tűzveszély (száraz rendszereknél), illetve a reagensek elégetése (ha engedélyezett) gondos figyelmet igényel

3.1.44 táblázat: Nyugvóágyas koksztűz-adszorber üzemeltetési adatai

A következő, környezeti elemek kölcsönhatásával kapcsolatos üzemeltetési adatokat egy kb. 11 000 t/év kapacitású veszélyes hulladék égetőben használt nedves nyugvóágyas koksztűz-adszorberről szolgáltatották:

- lignit koksztűz felhasználás = 0,5 kg/t bemenő hulladék,
- elhasznált lignit elégetése a létesítményben – ebben az esetben az alacsony pH-jú nedves savas füstgázmosó rendszer alkalmazása miatt az elhasznált koksztűz elégetése nem eredményezi a higany felhalmozódását a rendszerben,
- a lignit ágyat rendszeresen átöblítik vízzel, ennek nyomán savas szennyvíz keletkezik, melyet az üzemben belül található fizikai-kémiai szennyvízkezelő rendszerbe továbbítanak,

- a nedves nyugvóágy alkalmazása miatt nő a füstgáz nedvesség tartalma és a füstfáklya láthatósága.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	• elvileg bármilyen • különösen alkalmas nagyon heterogén és veszélyes hulladékok kezelésére, ahol az egyenetlen égési körülmények miatt megnőhet a füstgáz PCDD/F tartalma
Üzemméret	• méret nem számít
Új/meglévő	• mind az új, mind a meglévő folyamatok esetében alkalmazzák
Folyamatok összeférhetősége	• általában az utótisztítás utolsó lépése • a legjobb megoldás a nedves mosó után kapcsolni • SCR rendszer elé is kapcsolható, ha az újramelegítés megoldott (nedves adszorber ágy esetében fokozott újramelegítés szükséges)
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	• a kiegészítő egység helyigénye

3.1.45 táblázat: Nyugvóágyas koks adszorber alkalmazhatóságának értékelése

Egy 100 000 t/év kapacitású TSZH égető esetében a koks adszorber beruházási költségét 1,2 millió EUR-ra becsülték.

Egy (üres) nyugvóágyas nedves rendszerű adszorber beruházási költsége (egy 50 000 t/év kapacitású hulladékégetőben) nagyjából 1 millió EUR (maga a berendezés és az építési költségek).

A lignit koks ára:

- 3-4-szer alacsonyabb, mint az aktív széné,
- a lignit koks-fogyasztás alacsony, az újratöltés a tervezett leállások idején elvégezhető.

A technikát azért alkalmazzák, hogy a PCDD/F kibocsátásokat 0,1 ng/m³ TEQ alá csökkentsék.

Példaüzemek:

Veszélyes hulladék égetők Belgiumban, Németországban és Hollandiában.

A PCDD/F vegyületek ártalmatlanítása szelektív katalitikus redukcióval (SCR)

Az SCR rendszereket alapvetően az NO_x-kibocsátások csökkentésére használják (a módszer leírását ld. a 2.5.5.2.2. alfejezetben és a 15. BAT pontnál). Az SCR rendszerek ugyanakkor a gáz halmazállapotú PCDD/F vegyületek katalitikus oxidáció útján történő ártalmatlanítására is alkalmasak, amennyiben megfelelő méretűek. Az NO_x és PCDD/F vegyületek kombinált redukciójához rendszerint 2-3 SCR katalitikus réteg szükséges.

Fontos megjegyezni, hogy a hulladékégetés során a füstgázban lévő PCDD/F vegyületek legnagyobb része a porszemcsékhez kötődve található meg, ezek mennyisége egyensúlyban van a gáz fázisban lévő PCDD/F vegyületekével. A porleválasztást biztosító technikák éppen ezért a por által szállított PCDD/F vegyületeket is eltávolítják, míg az SCR (és az egyéb katalitikus módszerek) csak a gáz fázisban jelenlévő PCDD/F vegyületeket (vagyis a kisebbik frakciót) semmisítik meg. Általában a porleválasztás és a lebontás kombinálása eredményezi a legalacsonyabb, levegőbe történő PCDD/F kibocsátásokat.

A gáz fázisban lévő PCDD/F vegyületek megsemmisülése 98-99,9%-os, ami (egyéb füstgáztisztítási technikákkal kombinálva) a PCDD/F kibocsátásokat a 2000/76/EK irányelvben megadott $0,1 \text{ ng/m}^3$ TEQ alá csökkenti, a kibocsátás gyakran a $0,05\text{-}0,002 \text{ ng/m}^3$ TEQ tartományba esik.

Az SCR-t általában a kezdeti porleválasztás után alkalmazzák. A porleválasztási fázisban eltávolított por magával viszi a szemcsékre adszorbeálódott PCDD/F vegyületeket (ez általában a nagyobbik frakció). A porleválasztás szilárd maradékai PCDD/F szennyezettségének mértéke éppen ezért nem függ attól, hogy a füstgáztisztítás során egyébként alkalmazznak-e SCR-t. Az az előny, amelyet a füstgáztisztítási maradékok szennyezettségének csökkenésének tekintetében a PCDD/F vegyületek SCR általi lebontása biztosít, csak azokban az esetekben jelenik meg, ha a porleválasztás után a por utótisztítására is sor kerül.

Ahol a por utókezelésének maradékai egyébként kikerülnek az üzemből, a módszer a létesítmény dioxin-kibocsátásait minden környezeti elemében csökkenti. Ahol a dioxinnal szennyezett maradékokat a többi füstgáztisztítási maradéktól külön gyűjtik (pl. szén használatával) és, amennyiben engedélyezett, a létesítményen belül elégetik, ott az összes kibocsátás csökkenése, ami az SCR kiegészítő lebontó módszerként való használata révén elérhető, kevésbé jelentős.

Az SCR rendszerben az NO_x -vegyületeket a PCDD/F vegyületekkel egy időben kezelik, ami nagyon alacsony NO_x -kibocsátásokat eredményez (ld. a 15. BAT pontnál).

Abban a néhány esetben, ahol az SCR-t a többi füstgáztisztítási eljárás előtt alkalmazzák, figyelembe kell venni, hogy a nem gáz fázisban lévő (azaz a porhoz kötött) PCDD/F vegyületeket az SCR egység nem tudja kezelni, ezért ezek mennyiségének csökkentéséhez az SCR után porleválasztó rendszert kell kapcsolni.

A környezeti elemek közti kölcsönhatásokat a ld. a 15. BAT pontnál.

A környezeti elemek közti kölcsönhatások vonatkozásában a legfontosabb szempontok a következők:

- energiafelhasználás a füstgáz melegítése során (az SCR rendszer reakció-hőmérsékletének eléréséhez),
- a lebontás eredményeként a PCDD/F nem kerül bele a szilárd maradékba (mint egyes adszorpció eljárások esetében).

A lebontás általában kedvezőbb, mint az átvitel egy másik környezeti elembe. A környezeti elemek közti kölcsönhatásokban megjelenő, a PCDD/F vegyületek adszorpció helyetti lebontásából származó haszon nagysága viszont annak az —ezáltal elkerült— kockázat függvényében alakul, amelyet a PCDD/F vegyületekkel szennyezett maradékok további kezelése képviselne.

Az üzemeltetési adatokat a ld. a 15. BAT pontnál. Mivel a PCDD/F vegyületek legnagyobb része rendszerint a szilárd részecskékhez kötötten jelenik meg, a teljes körű PCDD/F csökkentésben az SCR mellett általában a porleválasztási technikák alkalmazása is fontos. A porleválasztás biztosítja, hogy a porrészecskékhez kötött PCDD/F vegyületek, melyek az SCR rendszerben nem bomlanak le, kikerüljenek a füstgázból.

Míg az NO_x mennyiségét már egy katalizátor réteg is drámaian csökkentheti, a hatékony PCDD/F bontáshoz nagyobb méretű rendszer szükséges. Minél több katalizátor réteget használnak, annál nagyobb mértékben csökkenthető a PCDD/F mennyisége a füstgázban.

A technika alkalmazhatóságát a 3.1.46 táblázat értékeli:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	bármely hulladék típus esetében használható
Üzemméret	a technika tetszőleges üzemméret mellett alkalmazható, de használata a beruházás költségei miatt inkább közepes-nagy méretű létesítményekben gazdaságos
Új/meglévő	- mikor a füstgáztisztítás utolsó eljárásaként alkalmazzák (ez a leggyakoribb), a technikával bármilyen eljárás kiegészíthető - az ettől eltérő esetekben az átalakítás bonyolultabb
Folyamatok összeférhetősége	- különösen ott hasznos, ahol az NO_x-kibocsátások jelentős csökkentésére is szükség van - általában szükség van a füstgázok újramelegítésére az SCR rendszer üzemi hőmérsékletének eléréséhez
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	SCR reaktor helyigénye

3.1.46 táblázat: Az SCR alkalmazhatósága PCDD/F vegyületek leválasztására: értékelés

A technika költségeit ld. a 15. BAT pontnál. A technika bevezetése ott jelent előnyt, ahol követelmény az SCR rendszerek által egy időben biztosított nagyfokú NO_x-csökkentés és az ezt kiegészítő PCDD/F lebontás.

Példaüzemek:

Az SCR technikát az égetőművekben széles körben alkalmazzák. A technika használatára Németországban, Ausztriában, Hollandiában, Belgiumban, Franciaországban, Japánban, de máshol is találunk példákat.

A BREF készítése során az EIPPCB-nek a FEAD által megadott adatok szerint a vizsgált kb. 200 európai TSZH égetőműből legalább 43 SCR-t használ, bár az nem derül ki, hogy ezekben a létesítményekben a technikát a NO_x-kibocsátások csökkentése mellett a PCDD/F vegyületek ártalmatlanítására is felhasználják-e.

Az SCR-t kereskedelmi veszélyes hulladék-égetőkben is használják, főleg Németországban.

PCDD/F vegyületek roncsolása katalitikus bevonattal ellátott zsákos porszűrők alkalmazásával

A technikát a 2.5.8.3. alfejezet mutatja be.

A jelentések szerint a TSZH égetőkben a katalitikus bevonattal ellátott zsákos porszűrőbe kerülő PCDD/F vegyületek roncsolási hatékonysága 99% feletti értékeket mutat. 1,9 ng/m³ bemenő értékek mellett a PCDD/F vegyületek kibocsátási koncentrációját 0,2 ng/m³ TEQ alá lehetett szorítani.

A szűrők a por eltávolítását is lehetővé teszik. Az itt bemutatott példában a TSZH égetőben elektrosztatikus porleválasztót alkalmaztak előzetes portalanításra, a szűrők hozzáadásával pedig a porkibocsátás a 0,2-0,6 mg/m³ tartományba eső értékekre csökkent. A szűrők használata a megfigyelések szerint a NO_x mennyiségét is csökkenti.

A létesítmény teljes dioxin-kibocsátása (az összes környezeti elemet figyelembe véve) a dioxinok aktív szén adszorpciója helyett végzett roncsolása következtében szintén csökken. A levegőbe történő kibocsátások fentiekben leírt csökkenése mellett a zsákos porszűrőkből kikerülő porban az átlagos porkoncentrációk az aktív szén alkalmazása mellett mérhető 3 659 ng I-TEQ/kg értékről katalitikus zsákos porszűrők használatával 283 ng I-TEQ/kg-ra csökkentek.

A technika alkalmazásakor a legjelentősebb ilyen kölcsönhatás a zsákos porszűrőnél tapasztalható nyomásesés miatti megnövekvő energiafogyasztás (ez egyébként minden zsákos porszűrő-alkalmazás esetében megfigyelhető).

A katalitikus bevonattal ellátott szűrőkkel rendszerint az egyéb szűrők használatát váltják ki. A többi szűrő aktív szén adagolásával szintén adszorbeálhat dioxinokat. Amikor ezeket katalitikus szűrővel helyettesítik, megszűnik az aktív szén adagolás, amely viszont a fém higany legfontosabb adszorbere. Az aktív szén kikerülése a rendszerből tehát a higany-kibocsátások növekedését okozhatja, hacsak a létesítmény nem alkalmaz alternatív higany-leválasztási technikákat.

Az üzemeltetési jellemzők hasonlóak az egyéb zsákos szűrőknél tapasztalhatóakhoz. A katalitikus reakció beindulása 180-260°C-t igényel.

Egy 21 hónapon át végzett vizsgálat, melynek során olyan TSZH égetők bemeneti és kimeneti PCDD/F koncentrációit mérték, ahol a katalitikus szűrő után nem végeztek savas gázleválasztást, viszont előzetes portalanításra elektrosztatikus szűrőt alkalmaztak, az alábbi adatokat eredményezte:

Üzemeltetés (hónap)	0,25	1,5	3	4,8	8	13	18	21
Bemenő PCDD/F ngTEQ/m ³	3,4	7	11	10,5	11,9	11,8	8,1	5,9
Kimenő PCDD/F ngTEQ/m ³	0,01	0,0035	0,005	0,004	0,01	0,011	0,002	0,023
Számított hatékonyság	99,7%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,6%

3.1.47 táblázat: Katalitikus bevonattal ellátott szűrők ártalmatlanítási hatékonysága 21 üzemeltetési hónap átlagában

A katalitikus bevonat nem alkalmas a higany kezelésére ezért kiegészítő higanykezelési eljárás bevezetése szükséges (pl. aktív szén adagolása vagy hasonló megoldás).

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	Tetszőleges
Üzemméret	Tetszőleges
Új/meglévő	Mind az új, mind a meglévő folyamatokba beilleszthető
Folyamatok összeférhetősége	Higanykibocsátás csökkentésének lehetőségeit figyelembe kell venni
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	-

3.1.48 táblázat: Katalitikus bevonattal ellátott zsákos porszűrők alkalmazhatósága: értékelés

Egy két kezelősoros, soronként 27 500 t/év kapacitású TSZH égető esetében a katalitikus zsákos porszűrők alkalmazásának járulékos költsége 2-3 EUR/t kezelt hulladék volt.

A technika legfontosabb költségvonzatai a következők:

- nagyobb beruházási költségek a nem katalitikus zsákos porszűrőkhöz képest. A katalitikus bevonatú anyag ára kb. 300 EUR/m², míg a nem katalitikus, pl. 100% PTFE szövet csak kb. 60 EUR/m² összegbe kerül,
- az SCR-hez képest alacsonyabb beruházási költség, viszont hasonló roncsolási hatékonyság,
- kiegészítő higanykezelési rendszer szükséges.

A technikát ott alkalmazzák, ahol

- a PCDD/F kibocsátások szintjét jóval a 0,1 ng/m³ TEQ érték alatt kell tartani,
- nincs elég hely az SCR reaktor számára és már működtetnek valamilyen alternatív NO_x-csökkentő eljárást,
- a higanykibocsátások szabályozása megoldott (a katalitikus zsákos porszűrők nem biztosítják a higany leválasztását).

Példaüzemek:

Számos belga és francia létesítmény.

42 Nedves füstgázmosóknál a PCDD/F felhalmozódás értékelése (memória hatás) a mosóban és megfelelő intézkedések alkalmazása a felhalmozódási probléma kezelésére és az abszorbens összeroppanásából eredő kibocsátások megakadályozására. Kitiűntetett figyelmet kell fordítani az esetlegesen fellépő memória-hatásnak a leállás és az üzemindítás idején.

43 Amennyiben a füstgáztisztítási maradékokat az üzemben elégetik, megfelelő intézkedésekkel meg kell akadályozni a higany visszakerülését és felhalmozódását a létesítményben.

44 Ahol a teljes higany kibocsátás egyetlen vagy legfontosabb hatékony szabályozó eleme a nedves mosók alkalmazása, a higanykibocsátások szabályozására az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

a. alacsony pH-jú első mosófokozat használata, specifikus reagensok beadagolásával, az ionos állapotú higany leválasztására az alábbi, fém (elemi) higany leválasztását biztosító kiegészítő intézkedésekkel kombinálva, melyekre azért van szükség, hogy a végső kibocsátási értékeket a BAT által a teljes higany-kibocsátásra meghatározott tartományon belül lehessen tartani,

b. aktív szén adagolása,

c. aktív szén vagy koks szűrők használata.

Alacsony pH-jú nedves füstgázmosás és adalékanyagok alkalmazása

A savas gázok leválasztására használt nedves mosók a pH csökkenését okozzák. A legtöbb nedves mosó többfokozatú. Az első fokozat leginkább a HCl, a HF és bizonyos mértékben a SO₂ eltávolítására szolgál, míg a második fokozatban a 6-8-as értéken tartott pH az SO₂ leválasztására szolgál.

Ha az első mosófokozatban a pH értéket 1 alatt tartják, az ionos (HgCl₂ formában jelenlévő) higany leválasztásának hatékonysága 95% feletti. (A hulladék égetése utáni szakaszban a higany legnagyobb részét ebben a formában találhatók meg a füstgázban.) Ugyanakkor a fém higany leválasztásának hatékonysága csak 0-10%, ami főleg a mosó 60-70°C körüli működési hőmérséklete mellett bekövetkező kondenzáció eredménye.

A fém higany abszorpciójának hatékonysága legfeljebb 20-30%-ig növelhető, mégpedig az alábbi módszerekkel:

- kénvegyületek hozzáadása a mosófolyadékhoz,
- aktív szén hozzáadása a mosófolyadékhoz,
- oxidálószer, pl. hidrogén-peroxid hozzáadása a mosófolyadékhoz. Ez a technika — amely egyébként a leghatásosabb — a fém higanyt ionos, HgCl₂ formába alakítja, ami elősegíti a nehézfém kicsapódását.

A higany leválasztásának teljes (fém és ionos formákra egyaránt kiterjedő) hatékonysága 85% körüli.

A jelentések szerint brómtartalmú hulladékok égetésével vagy brómtartalmú anyagok tüztérbe befecskendezésével a higany leválasztásának hatékonysága 90% fölé emelhető.

A hulladékok többsége esetében tapasztalható kimeneti koncentrációk mellett —különösen a hulladék összetételét illető bizonytalanságok figyelembevételével— ez a füstgáztisztítási rendszer önmagában nem elég hatékony ahhoz, hogy a higanykibocsátásokat az 50 µg/m³-es érték alatt tartsa. Az egyik tagállamban a higanyra vonatkozó kibocsátási határértéket 30-50 µg/m³-ben határozták meg. Bármelyik határértékkel számoljunk is, a bementi koncentrációktól függően szükség lehet a higany mennyiségét csökkentő kiegészítő eljárásokra, mint például:

- szén adagolása a zsákos porszűrő előtt,
- nyugvóágyas kokszt szűrő.

A százalékban kifejezett leválasztási hatékonyságokat a fenti bekezdés adja meg. A végső kibocsátási szinteket az elégetett hulladék higany-koncentrációja és klór-tartalma határozza meg.

A nedves füstgázmosáshoz kapcsolódó, környezeti elemek közti kölcsönhatások leírása a 75. BAT pontnál található. Ehhez hozzá kell számítani az esetlegesen hozzáadott reagensek fogyasztását.

Kg-ként 3-4 mg átlagos higanytartalmú TSZH esetében a levegőbe történő kibocsátás 50-80 µg/m³ körüli koncentráció-értékeit lehet elérni.

A TSZH-ba kerülő higany mennyisége széles skálán változhat, ami a kibocsátási koncentrációk jelentős változékonyságát eredményezi. Egy osztrák kommunális

hulladékégetőben a mért bemenő koncentráció értékek 0,6 és 4 mg/kg közt változtak. Egyéb, pl. veszélyes hulladékok esetében az adatok szórása még nagyobb lehet.

Az elért kibocsátási koncentrációk csak nedves mosás esetében $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ körül alakulnak, míg nedves mosás és aktív kokszt szűrő együttes alkalmazásával ez az érték $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alá szorítható. A befecskendezés és a nedves mosás kombinációja $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kibocsátási koncentrációt eredményez.

A higany kibocsátások csökkentése során a nedves füstgázmosás csak akkor biztosítja az 2000/76/ EK irányelvben megszabott kibocsátási határértékek betartását, ha:

- a pH szintet sikerül 1 alatt tartani,
- a füstgázban a klorid-koncentráció elég magas ahhoz, hogy a füstgázban lévő higany szinte teljes mennyisége ionos formában lehessen jelen (és higany-klorid formájában eltávolíthatóvá váljon),
- az alacsony pH-jú mosófokozatban esetenként adalékanyagokat használnak.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat értékeli:

Szemponatok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	
Üzemméret	• tetszőleges
Új/meglévő	• új létesítményekben önmagában általában nem alkalmazzák
Folyamatok összeférhetősége	• ld. a nedves füstgázmosókra vonatkozó megjegyzéseket • az 2000/76/ EK irányelvben meghatározott kibocsátási határértékek (a bemenő Hg-koncentrációtól függően) esetleg csak kiegészítő higanyleválasztási technikákkal biztosíthatók
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	-

3.1.49 táblázat: Nedves füstgázmosás alkalmazhatósága a higanykibocsátások szabályozására: értékelés

A technika a higany-kibocsátások szabályozása során csak mint előkezelési lépés alkalmazható, illetve ott lehet használni, ahol a hulladékkal érkező bemenő koncentrációk elég alacsonyak (pl. 4 mg/kg alatt maradnak). Más esetekben a technikát önmagában alkalmazva a levegőbe történő higanykibocsátások meghaladhatják az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t.

A technikát mint a savas gázok eltávolítását szolgáló nedves füstgázmosás alternatív használatát alkalmazzák, a higany kibocsátások csökkentésére.

Aktív szén beadagolás a higany adszorpciójához

A technika alkalmazása során a zsákos porszűrést vagy egyéb porleválasztási lépést megelőzően a füstgázba aktív szenet adagolnak (ld. 41. BAT pont, a zsákos porszűrők használatát a 2.5.3.5. alfejezet mutatja be). A fém higanyt a füstgázáramban lévő por is adszorbeálja, illetve a zsákos porszűrőkhöz hasonló, a füstgáz útjában akadályt képző szűrőknél a szűrő felszínén lerakódó reagensek is megkötik.

A fém higany adszorbeálódik (a leválasztási hatékonyság általában 95% körül van), ennek eredményeként a levegőbe történő kibocsátások szintje $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alatt marad. A füstgázban lévő kén, illetve az egyes aktív szén típusok esetében az impregnáláshoz használt kén kémiai adszorpció révén az ionos higany leválasztását is biztosítja.

Bizonyos rendszerekben, ahol a bemenő higanykoncentráció csökkentése érdekében a nedves mosók savas (pH<1) fokozatában higanyleválasztás zajlik, a végső kibocsátási szintek akár 1 µg/m³ alatt maradhatnak.

A szén a dioxinokat is adszorbeálja (ld. 41. BAT pont). A zsákos porszűrők a szilárd részecskék és a nehézfémek leválasztására is alkalmasak. A zsákos porszűrőket a 2.5.3.5. alfejezet mutatja be. A szénrel együtt gyakran lúgos reagenseket is adagolnak, ilyenkor ugyanabban a több funkciót is ellátó lépésben a savas gázok mennyisége is csökkenthető.

A zsákos porszűrőt és reagensek befecskendezését alkalmazó rendszerek hatékony karbantartása az alacsony kibocsátási értékek biztosítása során különösen fontos tényező.

Az aktív szén különböző típusai különböző adszorpciós kapacitást mutatnak. A higanyleválasztási hatékonyság növelésének egy másik lehetősége az adszorbens kénnel történő impregnálása.

Egy veszélyes hulladék-égető létesítményben végzett kísérletek során különböző aktív szén féléseket használtak a higany adszorbeálására. Az aktív szén óránkénti fogyása egy bizonyos higany-kibocsátási szint fenntartása mellett az alábbiak szerint alakult:

• kókuszhéjból nyert koks	8-9kg/ó
• tőzezből nyert koks	5,5-6kg/ó
• barnaszén	8-8,5kg/ó
• tőzegszén	4-4,5kg/ó

A szénfogyasztás hasonló a PCDD/F vegyületek esetében tapasztaltakhoz, mivel az adszorbenset általában a higany és a PCDD/F vegyületek együttes leválasztására használják. TSH égetőkben a 3 kg/hulladék tonna körüli szénfogyás tipikusnak tekinthető. Veszélyes hulladékok esetében 0,3-20 kg/t fogyási értékekről érkeztek adatok. A reagens adagolását annak adszorpciós kapacitása, a bemenő higanykoncentráció és az előírt kibocsátási szintek határozzák meg.

Az aktív szén használata igen tűzveszélyes. Az adszorbens a tűzveszély csökkentése érdekében egyéb reagensekkel keverhető. Egyes esetekben 90% mész és 10% szén keverékét alkalmazzák. A szén aránya általában ott nagyobb, ahol további lépéseket alkalmaznak a savas gázok eltávolítására (pl. nedves mosók).

A zsákos porszűrők alkalmazhatóságát a 38. BAT pont tárgyalja. A következő táblázat az aktív szén adagolása esetében figyelembe veendő specifikus megfontolásokat sorolja fel:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	• a hulladéktípusok széles skálája mellett biztosítja a kibocsátások hatékony csökkentését
Üzemméret	• tetszőleges
Új/meglévő	• új létesítményekben, illetve a meglévő létesítmények átalakítását követően egyaránt alkalmazható
Folyamatok összeférhetősége	• nincs említésre méltó vonatkozása
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	-

3.1.50 táblázat: Szén adagolásának alkalmazhatósága a higanykibocsátások szabályozására: értékelés

Az olyan üzemekben, ahol már használnak zsákos porszűrőt és reagens befecskendezést, illetve ezek alkalmazását tervezik, a járulékos költségek minimálisak. Ld. még a 41. BAT pontnál.

Járulékos üzemeltetési költségek forrása:

- reagens-fogyasztás,
- maradékok ártalmatlanítása.

Az üzemeltetés költsége („szénköltség”) évente kb. 125 000 EUR, egy évi 65 000 tonna veszélyes hulladékot kezelő létesítmény esetében.

A technikát mind új, mind meglévő rendszerekben használják a levegőbe történő higany-kibocsátások csökkentésére.

Klór adagolása a füstgázba, az elemi higany leválasztására

Míg az oxidált higany vízben oldható és nedves füstgázmosóban eltávolítható a füstgázból, az elemi higany vízben oldhatatlan. Éppen ezért az elemi higany a nedves mosóban nem lehet hatékonyan leválasztani, hacsak az eljárásban nem alkalmaznak aktív szén is.

Valamilyen erős oxidálószer bejuttatásával az elemi higany oxidált higannyá alakítható, ezáltal lehetővé válik az eltávolítása a nedves mosóban. Ennek érdekében a reagenst más vegyületekkel (pl. kén-dioxiddal) reagáltatják és közvetlenül a permetező fejek előtt adagolják be az első savas mosófokozatban. A pH-t a mosóban 0,5 és 2 közt tartják.

Mikor a bepermetezett folyadék kapcsolatba kerül a hidrogén-kloridot tartalmazó savas gázokkal, a klór klór-dioxiddá alakul, ez a vegyület a tulajdonképpeni aktív reagens. Megjegyzendő, hogy a hipoklorithoz (amelynek nátriummal alkotott vegyülete a „hipó”) hasonló egyéb oxidálószerektől eltérően a klór, illetve a klór-dioxid nem képesek arra, hogy az aromás gyűrűnek klóratomot adjanak le, ezért nem képesek befolyásolni a dioxin egyensúlyt.

Alacsonyabb higany-kibocsátás, pozitív mellékhatásként NO_x-csökkentés érhető el alkalmazásával.

Az oxidálószer használata elősegíti az NO leválasztását a mosóban (az NO-ból jobban oldódó NO₂ képződik), ez viszont a szennyvíz kedvezőtlenül magas nitrogén-tartalmát okozhatja. A hulladékégetési irányelv az ammóniára nem határoz meg kibocsátási határértéket, de az egyes tagállamok jogszabályai gyakran megszabják a kibocsátás felső határát, mert az ammónia nagy veszélyt jelent a vízi környezetre.

Hulladékégetés során, a legalább 400 mg/m³ hidrogén-kloridot tartalmazó füstgázok higanytartalmának csökkentésére, csak nedves füstgázmosás mellett alkalmazható.

A reagens ára korlátozó tényező.

Példaüzemek:

Bottrop & Ludwigshafen hulladékégető üzemek, Németország.

Hidrogén-peroxid alkalmazása a nedves füstgázmosókban

Az ilyen rendszerek célja a higany, a HCl és az SO₂ leválasztása a füstgázból. A folyamat során az összes elemi higany vízben oldható formába oxidálódik.

Az első lépésben a füstgáz a (szén beadagolásával kombinált, ezáltal a higany nagy részét adszorbeáló) zsákos porszűrő után elhelyezett gyorsító rendszerbe kerül. A gyorsító rendszerben a füstgázt telítési pontig hűtik. A gyorsító rendszer után a füstgáz kapcsolatba kerül a mosófolyadékkal, amely hidrogén-peroxidot és egy adalékanyagot tartalmaz. A mosófolyadék reakcióba lép a füstgázzal, ezután a keletkező savas szennyvizet semlegesítés és a higany kicsapátása céljából elvezetik.

A füstgázban jelenlévő összes higany-forma koncentrációjának további csökkentése (aktivál szénrel kombinálva a leválasztás hatásfoka 99,5% körül alakul), valamint a HCl és az SO₂ mennyiségének csökkentése érhető el alkalmazásával.

A reagens szükséglet 4-5 kg (35%-os) H₂O₂ egy tonna veszélyes hulladékra. A fogyasztást növelheti, hogy a hidrogén-peroxid nem csak a higannyal lép reakcióba, hanem az összes többi oxidálható vegyülettel is, mint pl. a vassal és a nehézfémekkel.

Az üzemeltetési adatok a nedves mosóknál bemutatott adatokhoz hasonlóak:

Szempontok	A szempontok teljesülését befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/ alacsony)	Megjegyzések
Komplexitás	- kiegészítő üzemegységek szükségesei - kritikus működtetési szempontok	M	Több folyamategység, mint más rendszerekben
Rugalmasság	s technika alkalmazása a változatos bemeneti feltételek melletti üzemeltetésre	M	A rendszer igen robusztus kialakítású – a füstgáztisztítási rendszerek közül ez a legalkalmasabb a HCl/HF kibocsátások csökkentésére, változó bemeneti körülmények mellett
Megkívánt szakértelem	igen nagyfokú extra képzési vagy munkaerő igény	M	A rendszer szennyvizeinek kezelése nagyfokú szakértelmet igényel

3.1.51 táblázat: Nedves füstgázmosó rendszer üzemeltetési adatai

Típusától függetlenül minden nedves mosót alkalmazó hulladékégetőben alkalmazható. A technika a leghatékonyabb leválasztást a szén beadagolásával kombinált zsákos porszűrő után elhelyezve biztosítja.

Egy 200 000 tonnás éves kapacitású üzemben a technika beruházási költsége kb. 4 millió EUR. Ez az összes a nedves mosó és a jelen alfejezetben bemutatott technika kombinációjának kialakítására vonatkozik, de nem foglalja magában a technika üzemeltetésének költségeit. A jelentések szerint a hidrogén-peroxid drága, és fogyásának szabályozása nehézségekbe ütközhet.

A technika meglévő és új létesítményekben egyaránt használható, ahol meg kell felelni a higanyra, a hidrogén-kloridra és a kén-dioxidra bevezetett új, alacsonyabb kibocsátási határértékeknek.

Példaüzemek:

Sydskraft Sakab, Svédország

Aktív szén- vagy kokszt szűrők

E technikák alkalmazását, a higany-koncentrációra gyakorolt pozitív hatásukat, környezeti elemek velük kapcsolatos kölcsönhatásait a 41. BAT pontnál már bemutattuk.

A higany adszorpciója miatt a levegőbe történő higanykibocsátások szintje általában $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alatt marad.

45 A higanykibocsátások szabályozására félszáraz és száraz füstgáztisztítási rendszerek mellett az aktív szén vagy egyéb hatékony adszorbens használata, PCDD/F vegyületek és higany megkötésére, a 4.4.6.2. alfejezetben foglaltaknak megfelelően (ld. 44. BAT pont), a reagensek olyan szabályozott dózisa mellett, melyek biztosítják, hogy a levegőbe történő végső kibocsátások a BAT szerinti higany-kibocsátási tartományon belül maradjanak.

46 A visszaforgatás általános optimalizálása és a keletkező szennyvíz létesítményen belüli újrafelhasználása, ideértve például a kazánból leengedett víz újrafelhasználását a nedves füstgázmosóban (amennyiben a víz minősége ezt lehetővé teszi), a mosó vízfogyasztásának csökkentésére a füstgázmosó tápvizének kiváltásával.

A szennyvizek visszaforgatása a folyamatba, kibocsátás helyett

Mivel a hulladékégetés lehetővé teszi a hulladékáramban lévő szennyező anyagok koncentrációját és eltávolítását, a kis vagy közepes mennyiségű szennyvíz az erre megfelelő pontokon a folyamatba bevezetve elégethető. Erre akkor nyílik lehetőség, ha a szennyvíz égetése nem veszélyezteti a hulladékégető működését és környezeti teljesítményét.

Az eljárásra gyakorlati példákat a 48. BAT pont mutat be. Az egyéb lehetőségek magukban foglalják:

- a nyitott salaktárolók és egyéb tároló létesítmények csurgalékvizének felhasználását a salakkihordókban
- az összegyűjtött esővíz felhasználását a füstgázmosókban
- a kondenzátumok visszaforgatását
- az elektromos áramtermelés során használt hűtővizet
- a kazánvíz előkezelése során keletkező szűrt vizet

Amennyiben a technikát megfelelően alakítják ki, illetve működtetik, a hulladékégetőben lehetővé válik:

- a szerves szennyező anyagok szilárd hulladékká alakítása betöményítéssel (pl. füstgáztisztítási maradékok vagy szennyvízkezelési maradékok)
- a vízfogyasztás csökkentése
- a szennyvizek kibocsátásának korlátozása vagy megszüntetése

Ahol a szennyvizet visszaforgatás előtt a megfelelő minőség biztosítása érdekében kezelni kell, járulékos energia- és anyagfogyasztással (illetve ezek költségeivel) kell számolni, ezek egy bizonyos nagyságot túllépve akár a visszaforgatás hasznosságát is megkérdőjelezhetik. Ennek értékelése nagymértékben függ a részletes helyi körülményektől.

Alapvető fontosságú, hogy az anyagok létesítményen belüli visszaforgatása mellett lehetőséget teremtsünk az esetlegesen felhalmozódó anyagok eltávolítására. Egyes anyagok (főképp a higany) hajlamosak felhalmozódni, ami végül az ilyen anyagok kiszabadulásához és

kibocsátásokhoz vezethet. Ennek elkerülése érdekében pontosan fel kell mérni a helyzetet és szükség esetén az ilyen anyagokra nyelőket kell biztosítani.

Ezek a technikák különösen hajlamosak arra, hogy a szilárd hulladékáramban a szennyező anyagok felhalmozódását okozzák.

Az összes anyagáram és anyagátadási folyamat elemzésével meghatározhatóak a részben szennyezett hulladékáramok létesítményen belüli egyéb felhasználásra való visszaforgatásának lehetőségei. Az ilyen felméréseket néha „Pinch Assessment”-nek vagy „Materials Exchange Network” (Anyagátadási Hálózat) nevezik. A szennyvíz rendszerekre alkalmazva ezekkel a módszerekkel meghatározhatóak a szennyvizek visszaforgatásának lehetőségei, figyelembe véve az egyes kezelési egységekben felhasznált anyagokkal kapcsolatos minőségi követelményeket, illetve a rendszer egészének célját, vagyis a kibocsátások csökkentését.

A szennyvizek visszaforgatása minden hulladékégető létesítményben alkalmazható, bár a technika alkalmazása ott eredményezi a legnagyobb hasznot, ahol:

- a visszaforgatás a szennyvíz előzetes kezelése nélkül megoldható
- valamiért különösen fontos a létesítmény vízfogyasztásának csökkentése
- a kibocsátás lehetőségei korlátozottak

A szennyvíz folyamatok közti kezelése a költségek emelkedésével jár. A vízfogyasztással és a kibocsátással kapcsolatos költségek csökkentése megtakarításokat eredményezhet.

A technika bevezetésének legfontosabb motivációi:

- kibocsátási lehetőségek hiánya – pl. jogszabályi vagy a helyi körülményekből fakadó korlátozások
- száraz éghajlati viszonyok, ahol a rendelkezésre álló víz mennyisége korlátozott

Példaüzem:

A vizet 100%-ban visszaforgató TSZH égető: Azalys, Ouraville (Franciaország)

A leengedett kazánvíz felhasználása a füstgázmosó vízellátásában

A kazánban lévő vizet rendszeresen le kell engedni a vízben oldott szilárd anyagok szintjének csökkentése és a rendszer karbantartása érdekében. Ezt a szennyvízáramot elkülönített kezelés és kibocsátás helyett a (félszáraz és nedves) füstgázmosókban fel lehet használni.

A füstgázmosó tápvizének kiváltása miatti csökken a vízfogyasztás.

Fontos ellenőrizni, hogy a szennyvíz minősége valóban megfelel-e a füstgázmosás igényeinek, különös tekintettel a sók (pl. kalcium-foszfát) kiválása miatti lehetséges lerakódások képződésére.

Csak az olyan füstgáztisztítási rendszerekben alkalmazható, melyek vizet igényelnek (azaz száraz rendszerekben nem, hacsak nem használnak kondicionáló vizet).

Példaüzemek:

MHKW Bamberg, Németország és Európa-szerte számos egyéb kommunális hulladékégető

47 Külön rendszerek alkalmazása a létesítmény területére hulló csapadékvíz (ideértve a tetőre hulló csapadékot is) elvezetésére, kezelésére és kibocsátására, hogy az ne keveredhessen a potenciálisan vagy ténylegesen szennyezett szennyvízáramokkal. Ezek a vizek kibocsátás előtt semmilyen, vagy csak kismértékű kezelést igényelnek, a szennyezés kockázatától és helyi kibocsátási tényezőktől függően.

A tetőről és egyéb szennyezetlen felületekről elfolyó csapadékvíz elkülönített kezelése

A technika alkalmazásával az elfolyó tiszta csapadékvíz elkülöníthető, így nem keveredik a potenciálisan vagy ténylegesen szennyezett folyadékáramokkal.

Elért környezeti haszon:

- a kezelést igénylő szennyvíz mennyiségének csökkentése
- a szennyvíz szennyező anyagainak magasabb koncentrációja, ami hatékonyabb kezelést tesz lehetővé

Az elkülönített kibocsátás azért ajánlható, mert így elkerülhető a kezelést igénylő szennyvíz felhígulása. Az elválasztás eredményeképpen a koncentráltságát megőrző szennyvíz hatékonyabban kezelhető. Elkerülhető a szennyvízkezelő üzemek vagy tárolók hirtelen és nagy mennyiségben érkező szennyvízzel való terhelése.

Minden hulladékégetőben alkalmazható. Amennyiben az égetőmű olyan környezetben helyezkedik el, ahol a szennyezett vizet és az esővizet ugyanabban a csatornarendszerben gyűjtik, a szennyezetlen csapadékvíz elkülönített gyűjtésének nincs sok értelme, hacsak azt megfelelő kezelés után nem lehet közvetlenül a környezetbe kiengedni.

Már meglévő üzemek esetében az átalakítás költségei jelentősek lehetnek, új létesítményekbe viszont gazdaságosan beépíthető. A létesítmény által igényelt víztároló kapacitás csökkenése megtakarítást eredményezhet.

48 Nedves füstgáztisztítási rendszerek alkalmazása esetében

- a. a mosó szennyvizének helyben végzett fizikai és kémiai kezelése az üzem területéről való kibocsátás előtt, így érve el, hogy a szennyvízkezelő üzemből történő kilépéskor a kibocsátási szintek általánosságban a BAT-nak megfelelő, a 3.1.52 táblázatban megadott tartományokon belül legyenek**
- b. az egyes mosófokozatokban keletkező savas és lúgos szennyvízáramok elkülönített kezelése, ahol a vízbe történő kibocsátások további csökkentése külön motivációt képvisel, és/vagy ahol HCl vagy gipsz kinyerését végzik**
- c. a nedves füstgázmosó szennyvizének visszaforgatása a mosórendszerbe és a visszaforgatott víz elektromos vezetőképességének (mS/cm) szabályozási eszközként való felhasználása, a mosó vízfogyasztásának csökkentésére a bemenő víz kiváltásával, a 4.5.4. alfejezetben foglaltaknak megfelelően**
- d. tárolási/pufferkapacitás biztosítása a füstgázmosó szennyvízei számára a kiegyensúlyozott szennyvízkezelés biztosításához,**
- e. szulfidok (pl. M-trimerkapto-triazin) vagy egyéb, higanyt megkötő reagensok használata a higany (és egyéb nehézfémek) mennyiségének csökkentésére a kibocsátott szennyvízben,**
- f. mikor az SNSR technikát nedves füstgázmosóval kombinálva használják, a kibocsátott szennyvízben az ammónia mennyisége ammónia sztrippelés technikával csökkenthető és a visszanyert ammónia NO_x-csökkentő reagensként felhasználva visszaforgatható a folyamatba.**

Paraméter	BAT tartomány (mg/l, ahol nem szerepel másképp)	Mintavételre és adatokra vonatkozó információk
Összes lebegő anyag (TSS) a 91/271/EK irányelvben foglaltaknak megfelelően	10-30 (95%) 10-45 (100%)	• szűrőpróba naponta, vagy 24 órás, áramlással arányos minta
KOI	50-250	• szűrőpróba naponta, vagy 24 órás, áramlással arányos minta
pH	pH 6,5-11	• folyamatos mérés
Hg és vegyületei, Hg-ban kifejezve	0,001-0,03 (Ld. eltérő vélemények 1)	a kibocsátott folyadékból havi egy alkalommal vett, áramlással arányos 24 órás reprezentatív minta, ahol a mérési eredmények évente csak egyszer haladhatják meg az itt megadott értékeket, vagy ahol több mint 20 mintát vizsgálnak évente, az eredmények max. 5%-a haladhatja meg az itt megadott értékeket • néhány pozitív tapasztalat a higany folyamatos mérésével kapcsolatban • a teljes Cr-tartalom a,2 mg/l alatt tartása a króm(VI) szabályozását is biztosítja • a hulladékégetés irányelv nem tartalmaz előírásokat az Sb-, Mn-, V-kibocsátásokra
Cd és vegyületei, Cd-ban kifejezve	0,01-0,05 (Ld. eltérő vélemények 1 és 2)	
Tl és vegyületei, Tl-ban kifejezve	0,01-0,05 (Ld. eltérő vélemények 2)	
As és vegyületei, As-ben kifejezve	0,01-0,15 (Ld. eltérő vélemények 1)	
Pb és vegyületei, Pb-ban kifejezve	0,01-0,1	
Cr és vegyületei, Cr-ban kifejezve	0,01-0,5 (Ld. eltérő vélemények 2)	
Cu és vegyületei, Cu-ben kifejezve	0,01-0,5 (Ld. eltérő vélemények 2)	
Ni és vegyületei, Ni-ben kifejezve	0,01-0,5 (Ld. eltérő vélemények 2)	
Zn és vegyületei, Zn-ben kifejezve	0,01-1,0 (Ld. eltérő vélemények 2)	
Sb és vegyületei, Sb-ban kifejezve	0,005-0,85 (Ld. eltérő vélemények 1)	
Co és vegyületei, Co-ban kifejezve	0,005-0,05	
Mn és vegyületei, Mn-ban kifejezve	0,02-0,2	
V és vegyületei, V-ban kifejezve	0,03-0,5 (Ld. eltérő vélemények 1)	
Sn és vegyületei, Sn-ban kifejezve	0,02-0,5	
PCDD/F (TEQ)	0,01-0,1 ngTEQ/l (Ld. eltérő vélemények 1 és 2)	• hat darab, az áramlással arányos reprezentatív minta havonta elvégzett 24 órás mérésének átlaga

MEGJEGYZÉSEK:

1. Az adatok a szűretlen mintákra vonatkozó tömegkoncentrációkat adják meg
2. Az adatok a mosók kezelt, hígítatlan szennyvizében a kibocsátáskor mérhető értékeket adják meg
3. A BAT tartományok nem azonosak a kibocsátási határértékekkel – ld. az 5. fejezet bevezetőjében az ide vonatkozó megjegyzéseket
4. A pH a szennyvízkezelés folyamatszabályozásának egyik fontos paramétere
5. Az adatok megbízhatósága a mért koncentrációkkal párhuzamosan, az egyre alacsonyabb kimutathatósági szintek felé folyamatosan csökken

ELTÉRŐ VÉLEMÉNYEK

1 BAT48: Egy tagállam, illetve a környezetvédelmi civil szervezetek a 3.1.52 táblázatban megadott BAT tartományok kérdésében eltérő álláspontot képviselnek. Ezt az álláspontot bizonyos számú működő létesítmény üzemeltetési jellemzőire vonatkozó tudásukra, illetve a TWG által szolgáltatott, valamint a jelen BREFben (pl. a 3. fejezetben) szereplő adatok saját értelmezésére alapozva alakították ki. A TWG ülés során a felek a 3.1.52 táblázatban szereplő tartományokban egyeztek meg, az alábbi eltérő vélemények jegyzőkönyve vétele mellett: Hg: 0,001-0,01 mg/l; Cd 0,001-0,05 mg/l; As 0,003-0,05 mg/l; Sb 0,005-0,1 mg/l; V: 0,01-0,1 mg/l; PCDD/F: <0,01-,1 ng TEQ/l.

2 BAT48: A fenti indoklás alapján a környezetvédelmi civil szervezetek az alábbi eltérő véleményeket is megfogalmazták: Cd 0,001-0,02 mg/l; Tl 0,001-0,03 mg/l; Cr 0,003-0,02 mg/l; Cu 0,003-0,3 mg/l; Ni 0,003-0,2 mg/l.; Zn 0,01-0,05 mg/l; PCDD/F <0,01 ng TEQ/l

3.1.52 táblázat: A BAT-hoz kapcsolódó üzemeltetési kibocsátási szintek a füstgázmosók szennyvizét fogadó szennyvízkezelő üzemekből kibocsátott szennyvízben

A szennyező anyagokat tartalmazó szennyvíz visszaforgatása a nedves füstgáztisztítási rendszerekbe

A nedves mosókból származó szennyvizet bármiféle kezelés előtt a lehető legnagyobb arányban visszaforgatják, így lehetővé válik annak újrafelhasználása, egyrészt mosóvízként a füstgázmosókban, másrészt a szerves flokkulálószer hígítására a szennyvíziszap víztelenítése során. A nedves füstgázmosók vízfogyasztása csökkenthető.

Környezeti elemek közti kölcsönhatásként jelentkezik a szennyvízkezeléssel kapcsolatos anyag- és energiafogyasztás.

A sókat tartalmazó szennyvízzel a szerves flokkulálószer problémamentesen hígíthatók, 3%-os koncentrációról 0,1-0,2%-ra. A szennyvíz füstgázmosókban való hasznosíthatósága a víz sókoncentrációjától függ.

Csak nedves füstgázmosós rendszerekben vagy szennyvíziszap víztelenítésére.

A szerves flokkulálószer hígítására nincs szükség friss vízre, kevesebb víz érkezik a szennyvízkezelő üzembe, csökkenő frissvíz-igény.

Szennyvizek tárolási- és pufferkapacitásának biztosítása

Minél nagyobb befogadóképességű a tárolórendszer, annál homogénebb lesz a szennyvíz összetétele, ami viszont lehetővé teszi az optimalizáció és a folyamatszabályozás javítását a kezelési fázisban.

Elért környezeti haszon:

- vízbe történő kibocsátások csökkenése
- a kezelési folyamatok javuló stabilitása és megbízhatósága
- a kezelés optimalizálása a kezelés energia- és anyagfogyasztásának csökkenését eredményezheti

A technika alkalmazásának ott van nagyobb jelentősége, mikor a hulladék nagyon heterogén, illetve összetétele bizonytalan, mert ez növelheti a szennyvíz összetételének változatosságát.

A pufferkapacitás és a szennyvízkezelés átmenő kapacitásának növelésére szükség van. A szennyvizek és a csapadékvíz kezelési költségei eltérőek lehetnek (ld. a 47. BAT pontnál).

Példaüzem:

Amagerforbrænding, Dánia

A nedves füstgázmosók szennyvizének illetve az üzem egyéb, szennyező anyagokat tartalmazó szennyvizeinek fizikai-kémiai kezelése

A technikát a 2.6.4.1. alfejezet (fizikai-kémiai kezelések általában) és a 2.6.4.2. (szulfidok használata) mutatja be. A nedves mosó szennyvizei, illetve az üzemből összegyűjtött egyéb szennyvizek esetében a megfelelő szennyvízkezelés biztosítását általában alapvető fontosságúnak tartják.

A technikák alkalmazásával biztosítható kibocsátási szintekről az alábbiak adnak tájékoztatást:

Fizika-kémiai szennyvízkezelőkkel rendelkező üzemek

A hulladékégetőkben a füstgáztisztításból származó szennyvíz kezelése alapvetően nem különbözik az egyéb ipari szennyvíz kezelésétől.

A TSZH égetőkből származó szennyvíz főként a következő kezelendő anyagokat tartalmazza:

- nehézfémek, a higanyt is beleértve
- szervesetlen sók (kloridok, szulfátok stb.)
- szerves vegyületek (fenol, PCDD/F)

A következő táblázat a települési és veszélyes hulladék égetők füstgáztisztításából származó szennyvíz tipikus szennyezettségi szintjét mutatja a szennyvíz kezelése előtt.

Jellemző	Települési hulladék égetők			Veszélyes hulladék égetés közönséges kereskedelmi üzemekben		
	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag
pH	<1		n/a.	nincs adat	nincs adat	n/a.
vezetőképesség (µS)		>20 000		nincs adat	nincs adat	
KOI (mg/l)	140	390	260	nincs adat	nincs adat	22
TOC (mg/l)	47	105	73	nincs adat	nincs adat	
szulfát (mg/l)	1 200	20 000	4 547	615	4 056	
klorid (mg/l)	85 000	180 000	115 000	nincs adat	nincs adat	
fluorid (mg/l)	6	170	25	7	48	
Hg (mg/l)	1 030	19 025	6 167	0,6	10	
Pb (mg/l)	0,05	0,92	0,25	0,01	0,68	
Cu (mg/l)	0,05	0,20	0,10	0,002	0,5	
Zn (mg/l)	0,39	2,01	0,69	0,03	3,7	
Cr (mg/l)	<0,05	0,73	0,17	0,1	0,5	
Ni (mg/l)	0,05	0,54	0,24	0,04	0,5	
Cd (mg/l)	<0,005	0,020	0,008	0,0009	0,5	
PCDD/F (ng/l)	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat

3.1.53 táblázat: Hulladékégetők nedves füstgáztisztító berendezéseiből származó szennyvíz tipikus szennyezettsége kezelés előtt

Ahol a nedves mosó szennyvizénél a nehézfémek kicsapódásának fokozására szulfidokat alkalmaznak, a Hg szintje a kezelt szennyvízben 99,9%-os hatékonysággal csökkenthető, a vízbe történő higanykibocsátás szintje pedig 0,003 mg/l alá kerül. Az egyéb anyagok mennyisége a módszerrel szintén csökkenthető (ld. 3.1.54 táblázat).

Telephely	Égetett (kt/év)	As (mg/t)	Cd (mg/t)	Cr (mg/t)	Cu (mg/t)	Hg (mg/t)	Pb (mg/t)	Ni (mg/t)	Zn (mg/t)	klorid (g/t)	szulfát (g/t)	KOI (g/t)	N-Kjeldahl (g/t)
TSZH égetés													
Gevudo	171	23.2	9.1	17	115	3.04	72	39.9	552	4990	2070	298	46
AVR Rotterdam	386	0.5	0.3	5	6	0.10	9	8.6	4	n/a	n/a	15	1
AVR-Botlek	1106	0.6	2.7	2	4	0.72	5	2.1	20	n/a	n/a	34	4
AVR AVIRA	301	0.0	2.0	2	6	0.07	2	1.6	26		0	133	10
AVI Roosendaal	55	4.4	0.1	7	62	0.02	16	4.9	45	0	0	24	1
ARN	250	3.7	1.3	43	25	0.71	23	44.4	181	708	111	207	131
AVI Amsterdam	789	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
AVI Noord-	452	0.1	0.1	1	3	0.02	4	0.4	27	1	n/a	n/a	n/a
AVI Wijster	433	23.1	0.0	30	58	0.16	53	36.9	226	335	84	380	44
AZN	603	0.2	0.2	0	2	0.17	0	0.3	23	4602	254	18	4
AVI Twente	285	n/a	0.0	0	0	n/a	0	0.0	1	2	n/a	12	1
Veszélyes hulladék égetés													
AVR-Chemie DTs	44	4.6	4.6	14	25	6.84	23	18.3	228	n/a	n/a	319	26
Kórházi hulladék égetés													
ZAVIN	7	191.1	632.1	658	2694	4391.27	11676	459.0	72832	n/a	n/a	658	16
Szennyvíziszap-égetés													
DRSH	368	21.4	3.5	5	79	5.97	15	3.0	92	1561	4560	1829	n/a
SNB	406	5.8	0.6	18	17	1.23	8	12.3	51	725	31	816	768
V.I.T.	89	1.9	1.5	3	14	0.51	19	6.0	56	n/a	56083	155	30

3.1.54 táblázat: Holland hulladékégetők kibocsátásai felszíni vízbe és közcatornába 1999-ben

Szennyező	Szennyvíz														
	Határérték			Bemenet		Kezelt szennyvíz (trimerkapto-triazin 150 ml/m ³)				Bemenet			Kezelt szennyvíz (trimerkapto-triazin 55 ml/m ³)		
						Első fázis nedves mosó 289 l/t bemenő hulladék							Második fázis nedves mosó 55 l/t bemenő hulladék		
		Német 33Abw mg/l	EK Irányelv 2000/76 mg/l	Tartomány		Átlag Min.	Tartomány		Átlag	Tartomány		Átlag	Tartomány		Átlag
				Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.		Min.	Max.	
mg/l				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
pH				0,3	0,6	0,5	6,7	8,3	7,6	7,4	8,4	831	9,4	11,1	10,3
lebegő anyag	95% 100%	30 45	30 45										1 1	56 (1) 56 (1)	23,8 23,8
Hg		0,03,	0,03	1,8	5,7	3,6	<0,001	0,013	0,01	0,04	1,42	0,82	<0,001	0,013	<0,003
Cd		0,05	0,05	<0,01	0,76	0,45	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	0,62	0,37	<0,01	0,02	<0,01
Tl		0,05	0,05	<0,01	0,03	0,028	<0,01	0,013	<0,01	<0,01	0,02	0,016	<0,01	0,023	<0,013
As		0,15	0,15	<0,03	0,1	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,06	<0,03	<0,10	<0,04
Pb		0,1	0,2	1,2	24	8,8	0,03	1,2	0,13	0,7	9,2	3,5	<0,05	1,4 (2)	<0,11
Cr		0,5	0,5	0,46	1,3	0,7	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,14	0,06	<0,02	0,03	<0,02
Cu		0,5	0,5	1,9	29	8,6	0,1	0,32	0,23	0,81	3,1	1,4	0,02	0,79 (3)	0,10
Ni		0,5	0,5	1,9	4,5	2,5	0,23	0,64	0,41	0,02	0,13	0,08	<0,02	0,83 (4)	<0,20
Zn		1,0	1,5	4,1	67	24	0,17	0,25	0,22	6,9	36	17	0,01	1,7 (5)	0,19
Dioxin	ng/l	0,3	0,3	folyadéokban		0,01			<0,01			<0,01			<0,01
Dioxin	ng/l			szilárd		11,7			0,25			15,9			0,32
Megjegyzések:															
1. 1 több mint 24 mérésből 2001-ben															
2. 5 több mint 104 mérésből 0,18-0,27 (1x1,4) mg/l 2001-ben															
3. 2 több mint 104 mérésből 0,66 és 0,79 mg/l 2001-ben															
4. 3 több mint 104 mérésből 0,57-0,83 mg/l 2001-ben															
5. 1 több mint 104 mérésből 2001-ben															

3.1.55 táblázat: Szennyvíz-minőség (trimerkapto-triazin kezelést követően) – A nyers és kezelt szennyvíz összehasonlítása különböző előírásokkal

Veszélyes hulladék égetők – egy európai felmérés adatai

Az adatok a füstgáztisztítás kezelt szennyvíz-áramaiból származó, vízbe történő kibocsátásokat írják le. Az adatokat az EURITS szolgáltatta, európai kereskedelmi veszélyes hulladék égetők felméréséből.

Európai veszélyes hulladék égetők vízbe történő kibocsátásai – általános áttekintés

A 3.1.56 táblázat áttekintést ad a különböző létesítmények éves minimum és maximum koncentrációiról.

A legtöbb jellemző koncentrációja igen erősen változik létesítményről létesítményre, ahogyan a vízáram is (l/kg égetett hulladékban kifejezve).

Jellemző mg/l-ben (ha nincs eltérő mértékegység megadva)	Éves átlag	
	Minimum	Maximum
lebegőanyag	3	60
KOI	<50	<250
Cd	0,0008	0,02
Tl	0,01	0,05
Hg	0,0004	0,009
Sb	0,005	0,85
As	0,0012	0,05
Pb	0,001	0,1
Cr	0,001	0,1
Co	<0,005	<0,05
Cu	0,01	0,21
Mn	0,02	0,2
Ni	0,004	0,11
V	<0,03	0,5
Sn	<0,02	<0,5
Zn	<0,02	0,3
Cl ⁻	3 000	72 000
SO ₄ ²⁻	300	1 404
dioxinok (ng TEQ/l)	0,0002	<0,05
vízáram (l/kg hulladék)	0,2	20

3.1.56 táblázat: Szennyvizet kibocsátó kereskedelmi veszélyes hulladék égetők kezelt vízbe történő kibocsátásainak éves átlagos koncentráció-tartományai

A 3.1.57 táblázat a vízbe történő kibocsátást az összetevők anyagáramaként tünteti fel, mg/kg bemenő hulladékban.

Jellemző	mg/kg égetett hulladék	
	Minimum	Maximum
lebegőanyag	2,4	325
KOI	76,5	1 040
Cd	0,001	0,16
Hg	0,00048	0,112
Sb	0,0325	0,72
As	0,001	0,325
Pb	0,0084	0,65
Cr	0,0024	2
Co	0,045	0,325
Cu	0,0085	4,2
Mn	0,023	1
Ni	0,0042	2
V	0,325	0,6
Sn	0,09	0,565
Zn	0,0226	1,95
Cl ⁻	4520	60 000
SO ₄ ²⁻	240	6 572

3.1.57 táblázat: A vizsgált kereskedelmi veszélyes hulladék égetők vízbe történő kibocsátásainak anyagáramai

A szennyvízkezelő üzem üzemeltetése az általános vélekedés szerint kritikus fontosságú, ezért szigorú felügyeletet és működtetést igényel, a kibocsátott szennyvíz megfelelő minőségének fenntartásához.

A lerakódások, melyek akár a csöveket is eltömíthetik, esetenként problémákat okozhatnak.

Minden, nedves füstgázmosást használó létesítményben alkalmazható. Alkalmazása egyéb szennyvízáramok esetében is lehetséges, melyek a kibocsátás előtt ilyen jellegű kezelést igényelnek.

Az adalékanyagok és reagensek drágák lehetnek.

Az ammónia leválasztása a szennyvízből

A technikát a 2.6.4.4. alfejezet mutatja be.

Az ammónia-szökés az NO_x-csökkentés ammónia-tartalmú reagenseinek használata során következhet be. A szökés magasabb arányú, mikor a reagenst nagyobb dózisokban vagy nem kellően optimalizált módon használják, és az SNCR rendszerekben általában nagyobb mértékű, mint az SCR rendszerekben. Az ammónia vízben kitűnően oldódik, és a nedves mosók után összegyűlő szennyvízben felhalmozódik. Az olyan speciális rendszerek, mint pl. a sztrippelés, a fordított (reverz) ozmózis vagy egyéb technikák használatával az ammónia a nedves mosók szennyvizéből eltávolítható. Az ammónia úgy is összegyűjthető, hogy utána az NO_x redukciós folyamatba reagensként visszajuttatható legyen.

A legfontosabb elérhető környezeti haszon az alábbiakban foglalható össze:

- ammónia-kibocsátások csökkentése a mosókból származó kibocsátott szennyvízben
- ammónia fogyasztás csökkenése, ahol a leválasztott ammóniát NO_x-redukálószerként hasznosítják

Az ammónia leválasztás technikái az üzemelés során jelentős járulékos energiafogyasztással járnak, és fennáll a lerakódások képződésének veszélye is.

Az ammónia oldatok kezelése során figyelmet kell fordítani az expozíció kockázatának csökkentésére

A technika minden olyan hulladékégető létesítményben alkalmazható, ahol a nedves füstgázmosás előtt a füstgázba az NO_x csökkentésére ammóniát/karbamidot fecskendeznek.

A technika ott különösen hasznos, ahol nagyobb mértékű ammónia-szökés tapasztalható a kazán után. Ez leginkább ott fordul elő, ahol:

- az SNCR reagens befecskendezésének optimalizálása körülményes (pl. a befecskendezés/keverés/hőmérséklet rendszer gyengén optimalizált)
- a befecskendezett reagens mennyisége relatíve magas (pl. ahol az NO_x nagymértékű csökkentésére van szükség)

Az SNCR reagenssel magasabb (a sztöchiometrikus arányt meghaladó) arányban történő befecskendezése különösen gyakori ott, ahol az NO_x csökkentés megkövetelt mértéke magas. Ez főleg ott fordul elő, ahol az NO_x megszabott kibocsátási határértékei alacsonyabbak és nem alkalmaznak SCR-t. A legtöbb, SNCR-t használó hulladékégetőben a (napi átlagra vonatkozó) 150 mg/m^3 -es határérték betartása (amely 120 mg/m^3 alatt lehet egyes fluidágyas rendszerben égetendő előkezelt hulladékoknál) nagyobb mennyiségű reagens befecskendezését igényli – ami viszont növeli az ammónia szökés kockázatát. Ezekben a létesítményekben különösen előnyös az ammónia sztrippeléssel kombinált nedves mosók alkalmazása.

Ahol a visszanyert ammóniát az SNCR rendszerben reagensként hasznosítják, az ammónia sztrippelés rendszer beruházási és üzemeltetési költségeit részben ellensúlyozhatja a reagens költségeinek csökkenése.

Példaüzem:

Umea, Észak-Svédország

A különböző mosófokozatokból származó szennyvizek elkülönített kezelése

A részleteket ld. a 2.6.4.5. alfejezetben.

A technika a savas és a lúgos mosóból érkező vízáramok elkülönítését és elkülönített kezelését foglalja magában, ami lehetővé teszi a szennyvizek optimalizálásának javítását és a hasznosítható anyagok kinyerését a szennyvíz-áramokból.

Elért környezeti haszon:

- a vízbe történő kibocsátások mennyisége a vízáramok kombinált kezeléséhez képest csökken
- az elkülönített vízáramok optimalizálása csökkenti a reagens-fogyasztást és lehetővé teszi a célzott kezelést
- a kén használó mosók szennyvizéből gipsz nyerhető (ld. 4.5.17.), ami csökkenti a szennyvízzel kibocsátott kén mennyiségét és a szennyvízkezelő üzem szilárd maradékainak kénkoncentrációját
- az első savas mosófokozatból HCl nyerhető

A technika alkalmazása energia- és anyagfogyasztással jár.

Az anyagok kinyeréséhez kimenetet kell biztosítani. Ez a szennyeződések miatt komplikációkat okozhat.

A két szennyvízkezelési sor miatt nő a komplexitás. A nagyobb komplexitás a beruházási és üzemeltetési költségek, illetve a helyigény növekedését eredményezi.

A HCl kinyerése során a HF a kinyert anyagban szennyeződésként jelenhet meg.

Csak a nedves füstgázmosást használó hulladékégető létesítményekben alkalmazható – viszont elvileg az összes ilyen létesítményben kialakítható.

A már meglévő kombinált kezelési rendszerek átalakításának költsége azonban olyan magas, hogy a technika általában csak az új létesítmények esetében ajánlható, ahol speciális követelmény a szennyvizek tisztasága stb.

Leginkább ott alkalmazható, ahol a kibocsátott szennyvíz esetében a lehető legjobb minőséget kell biztosítani és/vagy ahol kimenetek állnak rendelkezésre a kinyert HCl/gipsz hasznosítására.

A második szennyvíztisztító üzemhez kapcsolódó beruházási és üzemeltetési költségeket részben ellensúlyozzák az ártalmatlanítás csökkenő költségei, ahol lehetőség van a gipsz és a NaCl-hez vagy CaCl-hez hasonló sók kinyerésére.

Amennyiben van piaca a kinyert anyagoknak, ez motiválhatja a technika bevezetését. A bevezetés fő motivációját általában a (valószínűleg valamilyen érzékeny víz befogadó védelme érdekében) nagyon alacsonyan meghúzott kibocsátási határértékek képviselik.

Példaüzemek:

Hollandiában, Németországban és Ausztriában alkalmazzák.

A svéd Umea üzemben is használják, ahonnan a szennyvizet egy folyóba engedik.

Vestforbrænding és Odense, Dánia

49 Technikák és elvek megfelelő kombinációjának használata a hulladék kiegészi fokának megkívánt értékekig való javítására, annak érdekében, hogy a maradék hamu összes szerves anyag tartalma 3 tömegszázalék alatt maradjon (jellemzően az 1-2 tömegszázalékos tartományba essen), ideértve

a. a kemence kialakítás (ld. az égetési technológiákat bemutató 1. BAT pontot), a kemence üzemeltetés és a hulladék áteresztőképesség olyan kombinációinak alkalmazását, amely lehetővé teszi a hulladék megfelelő bolygatását, és a hulladék számára kellően hosszú tartózkodási időt biztosít a kemencében, megfelelően magas hőmérsékleten, ideértve az esetleges hamu-kiégetési zónákat is.

b. olyan kemence kialakításokat, melyek a kiegészi elérése érdekében biztosítják a hulladék lehető legnagyobb mértékű, fizikai eszközökkel történő visszatartását a tűztérben (pl. égetőrostélyok esetében a rostélypálcák közti kellően keskeny rések alkalmazásával, megfelelően folyékony állagú hulladékok esetében forgódobos vagy statikus kemencék használatával). A korai szakaszban a kemencéből kikerülő rostélyhulladék kiégetés céljából végzett visszaadagolása a tűztérbe javíthatja a hulladék egészének kiegésziét, azokban az esetekben, ahol egyébként a rostélyon áthulló hulladék miatt jelentősen csökkenne a kiégetés mértéke

c. a hulladék keverését és előkezelését biztosító technikák használata, a 11. BAT-ban foglaltaknak szerint, a létesítményben fogadott hulladék típus(ai)nak megfelelően

d. az égéskörülmények optimalizálása és szabályozása, ideértve a levegő (oxigén) ellátást és elosztást, a 18. BAT-ban foglaltaknak megfelelően.

A hulladék fokozott bolygatása a kemencében. A hulladék által a kemencében eltöltött idő növelése

A maradékok alacsony szerves szén tartalmát biztosítandó a kemencébe beadagolt hulladékot jól el kell keverni, és megfelelő időt kell biztosítani a reakciók lezajlásához és a hatékony kiégéshez. A folyamatot ezenkívül segíti a megfelelő mennyiségben bejuttatott és hatékonyan elosztott, erőteljes lehűlést nem okozó primer égéslevegő is.

Ha a hulladék a tűztérben hosszabb időn át van kitéve a magas hőmérséklet, a magas tüzelőágy-hőmérséklet és a fizikai bolygatás kombinált hatásainak, a termelődő hamu szerves anyag tartalma alacsonyabb lesz.

A kiégés fokát ezért az alábbi tényezők javíthatják:

- olyan kemencék, melyek a hulladékra teget hatékonyan átforgatják és bolygatják
- forgódobos kemencék használata
- az előkezelt hulladék fluidágyas technológiával történő égetése (ahol a hulladék erre a célra megfelel)
- hosszabb tartózkodási idő a kemence kiégési zónáiban
- a primer égéslevegő adagolásának és elosztásának optimalizálása
- a kemence olyan kialakítása, amely a sugárzó hőt visszaveri és javítja a kiégést
- egyéb hulladékok/tüzelőanyagok hozzáadása a hulladékhoz, a hatékony égés elősegítése érdekében
- a hulladék nagyobb darabjainak szétadarabolása
- a rostélyhulladék újraégetése (kiégetésre történő visszaadagolása)

A fenti technikák alkalmazásával a hamu szerves szén tartalma 1% alá csökkenthető.

Bármely technikát alkalmazzuk is, a kiégés elérhető mértéke az elégetni kívánt hulladék tulajdonságaitól fog függeni. A hulladék fizikai tulajdonságai szintén kritikus hatással vannak az egyes hulladéktípusok beadagolását és a különböző kemencetípusok kialakítását érintő gyakorlati megoldásokra, pl. a kevert települési hulladék előkezelés nélkül nem égethető fluidágyas technológiával.

Általában a hulladék jobb kiégése érhető el ott, ahol a hulladék finom szemcsés és (pl. keveréssel) homogenizált. A nagyon heterogén hulladékok előkezelése szintén javíthatja a kiégést.

A hulladék hatékony kiégetésének eredményeként:

- az égetés hulladéka hatékonyan ártalmatlanítható
- a szilárd maradékok minősége a lehetséges felhasználás szempontjából javul
- a hulladék energiatartalma javuló hatásfokkal használható ki

A hulladék intenzív bolygatása nyomán a kiégetetlen anyag nagyobb mennyiségben kerülhet át a szekunder tűzterekbe, ami viszont a későbbiekben a kibocsátások szabályozására szolgáló rendszerek por- és egyéb szennyező anyag terhelését megnövelheti. Az intenzív bolygatás ezenkívül akár a rostélyhulladék, vagyis a rostélyon áthulló ki nem égett anyag mennyiségének NÖVEKEDÉSÉT is eredményezheti.

Megjegyzendő, hogy míg bizonyos technikák az intenzívebb bolygatás nyomán a hulladék jobb kiégését, emiatt pedig az égési maradékban lévő kiégetetlen anyag arányának csökkenését eredményezhetik, ezeket a technikákat általában nem kimondottan ezek miatt alkalmazzák, hanem azért, mert mechanikai kialakításuk folytán jobban alkalmazkodnak a

létesítményben fogadott hulladék tulajdonságaihoz (pl. mint amilyen pl. a hulladék homogenitása stb.)

Az osztrák hulladékégetők esetében mérhető összes szerves anyag tartalom szárazanyagra számítva 1% volt stabil folyamatok esetében, és 3% körül alakult induláskor és leálláskor.

Az átvett hulladék tulajdonságai leszűkíthetik a gyakorlatban alkalmazható égetési technológiák körét (vagyis, hogy alkalmazható-e fluidágyas technológia, rostélytüzelés stb.). Azok az alapelvek viszont, melyek a hulladék bolygatására és tüztérben való visszatartására vonatkoznak, minden esetben érvényben maradnak. Így az alkalmazott technológiára mindig külön meg kell vizsgálni a kiegészítés javítására itt leírt lehetőségek alkalmazhatóságát.

Az új projekteknel figyelembe vehető, a költségek jelentősebb növekedése nélkül végrehajtható hatékony kiegészítés igénye.

Már meglévő üzemek esetében a tüztér átalakítása drága megoldás. Az átalakítás éppen azért csak akkor lehetséges, amikor amúgy is teljes felújítást terveznek (kivéve azt az esetet, mikor az üzem nem képes megfelelni a 3%-os összes szerves anyag-tartalomra vonatkozó jogszabályi kötelezettségeknek, amikor is az üzem köteles intézkedéseket hozni).

A technika bevezetését az alábbiak motiválják:

- a hulladék lebontásának javítása
- a maradékok lehetséges felhasználhatóságának javítása
- a hulladék teljes energiájának hasznosítása

A 2000/76/EK irányelv 6. cikkében foglaltak értelmében a salak és a pernye teljes szerves anyag-tartalma nem haladhatja meg a 3%-ot, illetve az izzítási veszteség nem haladhatja meg az említett anyagok szárazanyag tartalmának 5%-át.

Az átmenő kapacitás meghatározása a megfelelő kiegészítés és a jó égéskörülmények biztosításához

A salak kiegészítésének foka olyan paraméter, melyet a folyamat áteresztőképességének adott hulladéktípusra vonatkozó meghatározása során figyelembe kell venni.

A 3% feletti összes szerves széntartalmat (TOC) és az 5% feletti izzítási veszteséget (LOI) a vonatkozó európai jogszabályok tiltják. Bizonyos körülmények közt a TOC értéke 1% alá szorítható.

A hulladékok tulajdonságainak adott tartományára az égető berendezés termikus kapacitása inkább számít korlátozó tényezőnek, mint a tömegre vonatkoztatott átmenő kapacitás. Ha a létesítményt termikus kapacitásán felül üzemeltetik, romlik az égetési teljesítmény és a keletkező maradékok minősége.

A folyamat termikus kapacitáson belül tartása biztosítja a hulladék megfelelő ártalmatlanítását és a keletkező maradékok jó minőségét, ennek eredményeként pedig a maradékok javuló potenciális felhasználhatóságát.

A technika használata során nem lépnek fel kölcsönhatások a környezeti elemek között.

A kiegészítés mértékét javíthatja, ha a hulladék hosszabb időt tölt a kemencében, ez viszont csökkenti a létesítmény átmenő kapacitását.

Az összes hulladékégetőben alkalmazható.

Az átmenő kapacitás csökkentése a hulladék ártalmatlanításából származó bevételek csökkenését eredményezheti.

A technika bevezetését az alábbiak motiválják:

- a hulladék teljes elbontásának biztosítása
- a hamu minőségének javítása

A rostélyhulladék arányának csökkentése és/vagy a lehűtött rostélyhulladék visszajuttatása a tűztérbe

A rostélytüzelést alkalmazó hulladékégetőkben a hulladék egy része a teljes kiégés előtt keresztülhullhat a rostélyon. Ezt a frakciót rostélyhulladéknak nevezik. A rostély gondos kialakítása, különös tekintettel a rostélypálcák közti rések szűkítésére, mérsékelheti ezt a jelenséget. A rostélymaradékok mennyisége és minősége függ a rostélykialakítástól, a mozgó részek érintkező felületeitől, illetve a mozgó részek és a fal, valamint a mozgó részek és az azokat befogó mechanizmusok érintkező felületeitől.

A hulladék rostélyon való áthullásának mérséklésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre:

- a rostély olyan kialakítása és karbantartása, hogy a rostélypálcák közti, a rostélyhulladék keletkezését elősegítő rések méretét és az egyéb áthullást okozó tényezőket csökkentsék
- ahol a rostélyhulladék aránya és típusa a hamu minőségére vonatkozó aggodalmaknak adhat okot, a rostélyhulladék újraégetése a tűztérben

A rostélyhulladék összegyűjtésére automatikus szállítószalagokat használnak. Az összegyűjtött anyagot a bunkerbe való újbóli bejuttatás előtt rendszerint hűtés céljából tárolják (a tűzveszély mérséklése érdekében). Az újraégetésre kerülő rostélyhulladék egy része végighalad a rostélyon, majd a salakkal együtt eltávolításra kerül. Ilyenkor a rostélyhulladék a teljes égési folyamatban részt vesz, ezért sterilebbé válik.

A probléma főleg ott érdemel kitüntetett figyelmet, ahol kórházi vagy egyéb, fertőzési kockázatot képviselő hulladékot más hulladékokkal együttégetnek, különösen a finom szemcsés vagy az olyan hulladékok esetében, amelyek a rostélyon könnyen keresztülhulló, kisebb elkülöníthető tárgyakat (pl. injekciós tűket) tartalmaznak.

Az olyan rostélyhulladék esetében, amely a rostélyon való áthaladás korai szakaszában kerül ki az égési folyamatból, a fertőzőképesség megtartásának, vagy a rosszabb minőségű kiégésnek a kockázata magasabb, ezért az ilyen rostélyhulladékot a lehető legalaposabban át kell vizsgálni. A későbbi stádiumokban keletkező rostélyhulladék esetében nagyobb az esély arra, hogy az anyag megfelelő kezelésben részesült, ezért kevésbé valószínű, hogy újraégetésre van szükség.

A legfontosabb pozitív környezeti hatások az alábbiak:

- a hulladék javuló kiégése
- a hamu javuló minősége

Az egyes, TSZH-ban található közönséges műanyagok (pl. polietilén, PET) olvadt vagy égő cseppjeiből keletkező rostélyhulladék jelentősen hozzájárul a hamuban található összes szerves anyag mennyiségéhez, a salak KOI értékének megnövekedéséhez és a réz jelentősebb kimosódásához. A technika az összes felsorolt paraméter esetében javulást eredményez.

A rostélyhulladék és a többi hulladék érintkezésekor tűzveszély lép fel.

A tűzveszély csökkentése érdekében nagyon fontos a rostélyhulladék tárolása a többi hulladékkal együtt történő újbóli beadagolás előtt. A teljes lehűlés elősegítésére a rostélyhulladékot vízzel is hűthetik.

A rostély alatt a rostélyhulladék gyűjtésére szolgáló zónákban az eltömődés, illetve az üzemeltetőt és a személyzetet érintő biztonsági kockázatok kiküszöbölése érdekében rendszeres megfigyeléseket kell végezni.

Franciaországban a kórházi hulladékot is égető TSZH égetőkben a salakra vonatkozó kiégetési követelmények max. 3% izzítási veszteséget engedélyeznek, ami általában a rostélyhulladék újraégetése nélkül is betartható.

Elvben minden rostélytüzeléses hulladékégetőben alkalmazható, de különösen ott érdemes alkalmazni, ahol:

- jó minőségű kiégést megkövetelő előírások vagy a kiégéssel kapcsolatos aggodalmak állnak fenn
- olyan kórházi vagy egyéb fertőző hulladékok együttégetését végzik, melyek áthullhatnak a rostélyon
- a rostélypálcák közti rések nagyobbak és a rostélyhulladék aránya magas, vagy más olyan rendszerekben, ahol relatíve sok a rostélyhulladék

Ott, ahol jelenleg a bemutatott technika alkalmazása nélkül a hamu kiégetési foka nem felel meg a hasznosítás/ártalmatlanítás által támasztott követelményeknek, a hamu kiégetési fokának javítása csökkentheti az ártalmatlanítási költségeket.

Meglévő üzemek esetében az átalakításnak jelentős beruházási, illetve extra üzemeltetési (kezelési) költség vonzata lehet.

A technika bevezetését az alábbiak motiválják:

- a hulladék javuló és alapos lebontása
- a salak minőségének javulása

Példaüzem:

A technikát Belgium flamand részén, rostélytüzeléses hulladékégetőkben alkalmazzák, a kiégés és a hamu minőség javítására. (Indaver GF, Beveren, Belgium)

A salak kiégetési fokának javítása

A maradékok kiégetési fokának javítása az égetési paraméterek optimalizálásával lehetséges, melynek révén a megkötött szén elégetése teljessé tehető. Az optimalizálás egy vagy több, a termikus kezeléssel szülő fejezetben bemutatott megoldás alkalmazásával biztosítható.

Ha a hulladék a tüztérben hosszabb időn át van kitéve a magas hőmérséklet, a magas tüzelőágy-hőmérséklet és a fizikai bolygatás kombinált hatásainak, a termelő hamu szerves anyag tartalma alacsonyabb lesz.

A salak szerves anyag tartalmát TOC vagy LOI formájában fejezhetjük ki. Ezek mind a salak ártalmatlanítása, mind annak hasznosítása során a legfontosabb paramétereknek számítanak. A lerakók a salak fogadását rendszerint valamilyen TOC felső határérték betartásához kötik, a hasznosítás feltételei pedig általában vagy szintén maximális TOC szintet írnak elő, vagy egyéb specifikus határértékeket szabnak meg a szerves összetevőkre. A kiégés fokának javítása csökkenti a maradék szénttartalmát, ezáltal a TOC értékét. Az összes szerves anyag a hamuban lévő nehézfémek mozgékonyságát is meghatározza (pl. annak kockázatát, hogy a réz szerves réz komplexek formájában kimosódik). A kiégés fokának javítása tehát a réz kimosódását is csökkenti.

A TOC EN 13137 szabvány szerinti meghatározása során az elemi szenet is beleszámítják az összes szerves anyag tartalomba, jóllehet az nem okoz problémákat a lerakókban. A salak TOC értékét legnagyobbbrészt az elemi szén adja, de a hamu bizonyos mennyiségű szerves vegyületet is tartalmaz.

Az égéshőmérséklet és a tüzelőanyag ágy hőmérsékletének együttes emelése a jelentések szerint a salakban fokozott CaO képződéssel jár, ami növeli a hamu pH értékét. A friss salak pH-ja gyakran meghaladja a 12-t.

Ez a pH növekedés fokozhatja a salakban nagy mennyiségben jelenlévő amfoter fémek, mint pl. ólom és cink oldhatóságát. A salak pH-ja az égetési szakasz után érleléssel csökkenthető (ld. a 53. BAT pontnál). A pH emelkedése kritikus lehet, főleg az amfoter ólom esetében, amely pH 11-12 körül oldatba kerülhet és kimosódhat.

A kiégés fokának javítását célzó előkezelések járulékos energiafogyasztással (és kibocsátásokkal) járnak az előkezelési fázisban, ami további költségeket generál. Ezek a költségek igen jelentősek is lehetnek, pl. ahol kiterjedt előkezelést végeznek (RDF gyártás).

Amennyiben az égetés elősegítéséhez kiegészítő tüzelőanyagokra van szükség, ezek fogyasztása szintén környezeti elemek közti kölcsönhatással jár.

A technika új és meglévő létesítményekben egyaránt alkalmazható.

A hulladék alapkezelése (egyes összetevők korlátozott mértékű aprítása, vagy a keverés a bunkerben) nem drága, bizonyos esetekben mégis jelentős hatása lehet a kiégésre.

A magasabb fűtőértékű hulladékok (pl. műanyag, automata shredder maradékok, fahulladék) vagy tüzelőanyagok hozzáadása a hulladékhoz a kiégés javítása érdekében változatos költségvonzatokkal járhat, a felhasznált anyag árától és a különböző anyagáramok keverhetőségétől függően. Ez a gyakorlat növelheti a CO-kibocsátásokat és csökkentheti a hulladékégető átmenő kapacitását.

A tüztér, illetve egyes részeinek átalakítása vagy cseréje meglévő üzemek esetében rendkívül költséges lehet, új, vagy alapvető átalakítás alatt álló létesítményeknél viszont a teljes tervezési koncepció részeként könnyen elvégezhető.

Az üzem optimalizálása a különböző típusú hulladékok égetése során kiegészítő szabályozó eszközöket igényelhet (pl. berendezés, vezérlőelem, irányítási hurok). Ez az előkezelés költségein felül további költségeket jelenthet.

Egyes technikák alkalmazásával a szerves szén mennyisége a hamuban a 2000/76/EK irányelvben meghatározott szint alá kerülhet. A költségeket jelentősen emelheti a legalacsonyabb TOC-szintek elérésének *garantálása*. A szilárd hulladékok újrafelhasználása esetében általában nem követelik meg a szénszint csökkentését.

50 A salak és a pernye, valamint az egyéb füstgáztisztítási maradékok lekülönített kezelése, a salak szennyeződésének elkerülésére, ezáltal a salak hasznosítási lehetőségeinek javítására. A kazánhamu szennyeződései a salak szennyeződéseivel összehasonlítva (a helyi üzemeltetés, kialakítás és a kezelt hulladék által képviselt tényezők függvényében) hasonlóak vagy nagyon különbözőek lehetnek. Éppen ezért BAT-nak számít a kazánhamu szennyező anyagainak felmérése annak megállapításához, hogy a kazánhamu és a salak keverése megengedhető-e. Szintén BAT minden egyes szilárd hulladékáram esetében annak megállapítása, hogy van-e lehetőség a hasznosításra, akár önmagában, akár valamilyen kombinációban.

A salak elválasztása a füstgáztisztítás maradékaitól

A füstgáztisztítás maradékainak összekeverése a salakkal az utóbbi szennyeződését okozza. A füstgáztisztítási maradékok esetében tapasztalható magasabb fémtartalom, a fémek kimosódása és a szerves anyagok csökkentik a salak környezeti minőségét, ami viszont korlátozza a salak hasznosíthatóságát.

A salak és a füstgáztisztítási maradékok elválasztása az egyes maradékáramok esetében elkülönített gyűjtésből, tárolásból és szállításból áll. Ez magában foglalja pl. az adott maradék kizárólagos tárolására kijelölt silók és konténerek használatát, és a finomszemcsés és poros füstgáztisztítási maradékok speciális kezelését lehetővé tevő rendszerek alkalmazását is.

A salak és a füstgáztisztítási maradékok elválasztása lehetőséget ad a salak további kezelésére (pl. száraz kezelés, vagy a vízben oldható sók és nehézfémek kimosása a salakkihordóban), melynek során hasznosítható anyag állítható elő. A maradékáramok keverése nem teszi lehetővé hasznosítható anyag előállítását, ebben az esetben nincs más lehetőség, mint az összes maradék lerakása.

A kezelt maradékokkal kiválthatók a természetes építőanyagok, mint pl. a homok vagy a kavics.

Elkülönített szállítást, tárolást és anyagmozgató rendszereket igényel.

Mind meglévő, mind új létesítményekben alkalmazható.

A költségeket ellensúlyozhatja, ha a kezelt salaknak van felvevőpiaca.

A füstgáztisztítási maradékok nagyobb arányban kerülnek a lerakóba, de a lerakott mennyiség jelentősen csökken (a füstgáztisztítási maradékok önmagukban a bemenő hulladék tömege 2-3%-ának felelnek meg, míg salakkal keverve ez az arány 15% körül van).

51 Ahol előzetes portalanítást végeznek, az ennek során összegyűjtött pernyét a közvetlen vagy valamilyen kezelést követő újrahasznosíthatóság szempontjából értékelni kell (az ártalmatlanítás lehetséges kiváltására).

Egyéb füstgáztisztítási lépéseket megelőzően végzett előzetes porleválasztás

Jelen fejezet a porleválasztás elhelyezésével foglalkozik. A porleválasztást a hőkinyerési fázisban (kazán) végzett előzetes portalanítás után, de az egyéb füstgáztisztítási lépéseket megelőzően végzik el.

A hulladékégetőkben az alábbi porleválasztó berendezéseket használják:

- ciklonok és multiciklonok
- elektrosztatikus porleválasztók (EPL)
- zsákos porszűrők

Az egyes technikákat a 2.5.3. alfejezet mutatja be.

A füstgázból származó kibocsátások csökkentése, a későbbi füstgáztisztítási folyamatokra nehezedő porterhelés csökkentésével.

A pernye leválasztása a füstgáztisztítási maradékokból lehetővé teszi:

- a keletkező füstgáztisztítási maradékok mennyiségének csökkentését
- a pernye elkülönített kezelését az esetleges hasznosításhoz

A füstgáz összetevőinek elkülönített kezelése nem jár semmilyen környezeti haszonnal, ha az elkülönített maradékokat később ismét összekeverik. A tényleges haszon értékeléséhez ezért a teljes folyamatsort figyelembe kell venni.

Az elektrosztatikus porleválasztók és ciklonok önmagukban alkalmazva csak nehézségek árán képesek biztosítani a porkibocsátásra vonatkozó szabványokban előírtakat. Előzetes portalanításra azonban igen hasznosak és már technikákkal kombinálva hozzájárulnak a kibocsátási határértékek betartásához.

A ciklonok porleválasztási hatékonysága a füstgázban lévő por mennyiségével, a füstgáz térfogatáramával, a részecskék méretével és sűrűségével egyenes arányban nő. Ha a pernye részecskék a finom frakcióba esnek, a sűrűségük alacsony és a porterhelés valamint a térfogatáram nem állandó, a ciklonok porleválasztó képessége is korlátozódik. A por koncentrációja általában nem csökkenthető $2-300 \text{ mg/m}^3$ alá. Az ugyanazon az elven működő multiciklonokkal valamivel alacsonyabb értékek is elérhetőek, de a porkoncentráció $100-150 \text{ mg/m}^3$ alá ciklonokkal csak nagy nehézségek árán vihető.

Az elektrosztatikus porleválasztókkal jóval alacsonyabb porkoncentrációt érhető el, mint a (multi)ciklonokkal. Az EPL kialakításától és füstgáztisztítási rendszeren belül elfoglalt helyétől (előzetes vagy utólagos portalanítás) illetve a mezők számától függően a porkoncentráció elérhető értékei általában $15-25 \text{ mg/m}^3$ körül vannak. Nagyszámú (2-3) mezővel és az ELP felszínének növelésével 5 mg/m^3 -es értékek is elérhetőek, de ez növeli a költségeket és a berendezés helyigényét.

Az ELP speciális változata a **nedves ELP**. Ezt előzetes portalanításra a füstgáznak ebben a fázisban mérhető hőmérséklete miatt nem túl gyakran alkalmazzák. A nedves ELP-ket inkább a füstgázmosás utáni utótisztításra használják.

A zsákos porszűrők általában igen hatékony porleválasztó eszközök. Ahol zsákos porszűrőt használnak, legtöbbször (bár nem minden esetben) reagenseket is adagolnak, ami a szűrőzsák felületén előszűrő réteget képezve megvédi az anyagot a korróziótól és javítja a szűrés hatásfokát (különösen nagyon alapos szűrés esetén). A leggyakrabban használt reagensek a mész és az aktív szén. Az aktív szén jelenléte csökkenti a zsákos porszűrő után kapcsolt füstgáztisztító berendezésekbe jutó dioxin mennyiségét. Nedves füstgázkezelő rendszereknél ez segít abban, hogy a mosó anyagain ne halmozódhasson fel dioxin (memória hatás megakadályozása).

A környezeti elemek közti kölcsönhatásokat a rendelkezésre álló adatokkal együtt a következő táblázat foglalja össze:

Szemponatok	Mértékegység	Az elért értékek tartománya	Megjegyzések
Energiafogyasztás	kg/t bemenő hulladék		
Ciklon		Alacsony	Alacsony leválasztási hatékonyság <5 mikrométeres részecskék esetén
Multiciklon		Alacsony	
Száraz EPL			
Nedves EPL		Magasabb (elektrosztatikus töltés)	Általánosan alkalmazott technika
Zsákos porszűrő		Magasabb (nyomásesés)	
		Legmagasabb (nyomásesés és pulzáló sűrített levegő-sugárral végzett tisztítás)	Általánosan alkalmazott technika
Maradékanyag-típus		Pernye	Ha nem alkalmaznak reagenseket, a pernye a legfontosabb szennyező vegyi anyagoktól elkülönítve gyűjthető
Maradékanyag-mennyiség	kg/t bemenő hulladék	12-20 (<50)	Reagensek nélkül (Reagensekkel)
Vízfogyasztás	l/t bemenő hulladék		nedves EPL-nél gáz hűtésénél, a zsákos porszűrő előtt
Szennyvíz mennyisége	l/t bemenő hulladék		nedves EPL szennyvize
Füstfáklya láthatósága	igen/nem	igen	a füstfáklya a nedves EPL mellett lesz leginkább látható

3.1.58 táblázat: Különböző előzetes porleválasztó eszközök használata nyomán fellépő kölcsönhatások a környezeti elemek között

A környezeti elemek közt fellépő legjelentősebb kölcsönhatások a következők:

- a magas nyomásesés miatt a zsákos porszűrők energiafogyasztása nagyobb, mint más rendszereké
- az EPL üzemeltetése elektromos áramot igényel
- pernye keletkezése a gáz tisztítása során
- a füstgáz PCDD/F koncentrációja az EPL-ben töltött idő alatt növekedhet, különösen mikor az EPL 200-450°C feletti hőmérsékleten üzemel
- a technika alkalmazásával a füstgáztisztítási maradékok és a pernye elválaszthatók egymástól

Az előzetes portalanítás csökkenti az utána következő füstgáztisztítási rendszerek porterhelését. Így a porleválasztók után kapcsolt rendszerek esetében kisebb kapacitás is elég lehet, csökkenhet az eltömődés kockázata, tehát kisebbre méretezett rendszerek kialakítása is elégségesse válhat, ami a költségek bizonyos mértékű csökkenését eredményezheti.

A tűzveszély csökkentése érdekében a garatban lévő hamu mennyiségét és a parázs esetleges garatba kerülését figyelemmel kell kísérni (különösen akkor, ha a zsákos porszűrőt közvetlenül a kazán után helyezik el).

A ciklonok viszonylag egyszerű kialakítású berendezések, mozgó alkatrészek nélkül (kivéve a ciklon aljában felgyűlő pernye elszállítását végző rendszereket) ezért képesek magas szintű hozzáférhetőséget biztosítani relatíve olcsón. A füstgázáram nyomásesése azonban viszonylag

magas, ami a füstgáz-ventilátorok növekvő energiaigényét, és az ezzel járó fokozott energiafogyasztását eredményezi.

Az EPL megfelelő üzemeltetéséhez biztosítani kell a füstgázáram egyenletes eloszlását a berendezés teljes felszínén. Az EPL-nél a nyomásesés alacsony, ez csökkenti a technika energiafogyasztását. Egyes előzetes porleválasztásra használt eszközök (pl. EPL-ek, szűrők) viszont működésükhöz elektromos áramot igényelnek. Az EPL rendszerekről a 2.5.3. fejezet nyújt további felvilágosítást.

Az EPL-ek több részegységre (általában 1-4 egymást követő mezőre) oszthatók, amelyek mind saját elektromos rendszerrel rendelkeznek. Az ilyen kialakításnak az az előnye, hogy az egyes elektromos rendszerek hibája (pl. a por okozta eltömődés vagy a magasfeszültségű vezetékek sérülése miatti rövidzárlat) esetén a porleválasztó kapacitásnak egy viszonylag nagy hányada még mindig rendelkezésre áll.

A zsákos porszűrőket gyakran szintén részegységekre osztják, melyek karbantartási célokból elkülöníthetőek. Az optimális működéshez fontos a füstgáz egyenletes eloszlása.

Szempontok	A szempontok teljesülését befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/ alacsony) vagy adatok	Megjegyzések
Komplexitás	- kiegészítő üzemegységek szükségessége - kritikus működtetési szempontok	K	Az extra üzemegység növeli a komplexitást, de egyszerűsítheti a későbbi műveleteket
Rugalmasság	A technika alkalmassága a változatos bementi feltételek melletti üzemeltetésre	M	A rendszerek mindegyike alkalmazható változatos füstgázáramok és füstgázösszetétel mellett
Megkívánt szakértelem	Igen nagyfokú extra képzési vagy munkaerő igény	M/K	A legtöbb odafigyelést a zsákos porszűrők igénylik, a legkevesebbet a ciklonok, az EPL a kettő közt helyezkedik el

3.1.59 táblázat: Előzetes porleválasztás rendszereinek üzemeltetési adatai

A következő táblázat a különböző (előzetes és utólagos portalanítás során használható) porleválasztó rendszereket hasonlítja össze:

Porleválasztó rendszer	Jellemző kibocsátási koncentrációk	Előnyök	Hátrányok
Ciklon és multiciklon	- ciklonok: 2-300 mg/m ³ ; - multiciklonok 100-150 mg/m ³	- robusztus, viszonylag egyszerű kialakítás - hulladékégetőkben használják	- előzetes porleválasztásra - viszonylag magas energiafogyasztás (az EPL-hez képest)
EPL – száraz	<5-25 mg/m ³	- viszonylag alacsony energiaigény - 150-350°C-os gázhőmérsékletek mellett alkalmazható - hulladékégetésben széles körben alkalmazzák	- PCDD/F-képződés kockázata a 200-450°C-os tartományban használva
EPL - nedves	<5-20 mg/m ³	- alacsony kibocsátási koncentrációk biztosítására képes – hulladékégetésben helyenként alkalmazzák	- hulladékégetésben kevés tapasztalat - többnyire az utólagos portalanításban használják - ipari szennyvíz keletkezése - füstfáklya láthatóságának fokozódása
Zsákos porszűrő	<5 mg/m ³	- hulladékégetésben széles körben alkalmazzák - a zsákon képződő porréteg kiegészítő szűrést biztosít, és adszorbensként is működik	- viszonylag magas energiafogyasztás (EPL-hez képest) - érzékeny a víz kondenzációjára és a korrózióra

3.1.60 táblázat: Porleválasztó rendszerek összehasonlítása

Az előzetes portalanítási technikák alkalmazhatóságának értékelését az alábbi táblázat foglalja össze:

Szemponatok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	- minden hulladéktípusra alkalmazható - a nyersgáz alacsony porkoncentrációi mellett nem feltétlenül van rájuk szükség
Üzemméret	nincs korlátozás
Új/meglévő	meglévő üzemek esetén a rendelkezésre álló hely meghatározó tényező lehet
Folyamatok összeférhetősége	a zsákos porszűrő szigorúbb hőmérséklet-szabályozást igényel
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	a kiegészítő egység helyigénye

3.1.61 táblázat: Porleválasztó rendszerek alkalmazhatósága

A technika gazdasági megítélésének legfontosabb szempontjai:

- növekvő beruházási és befektetési költségek – a kiegészítő egységekre
- növekvő energiaköltségek különösen a zsákos porszűrő esetén
- az ártalmatlanítási költségek lehetséges csökkentése, amennyiben a külön kezelt pernye számára kimenet áll rendelkezésre
- az extra (hasznosításra vagy ártalmatlanításra menő) maradékáramok kezeléséből eredő lehetséges költségnövekedés

Becsült beruházási költségek egy 200 000 t/év teljes kapacitású, két kezelősoros TSZH égetőnél:

- EPL (3 mező) 2,2 millióEUR
- EPL (2 mező) 1,6 millió EUR
- szövetszűrő 2,2 millió EUR (ebben az esetben nem világos, hogy a költségben benne van-e a gáz hűtése a szűrő előtti)

Az előzetes porleválasztásra használt zsákos porszűrők esetében az egység üzemeltetési költsége a nyomásesés és a reagens beadagolás miatti megnövekedett energiafelhasználás miatt magasabb lehet. A zsákos porszűrők nagyobb por- és egyéb szennyező anyag-leválasztási kapacitása (különösen reagens adagolással kombinálva) azonban a füstgáztisztítási rendszer további elemeinél költségcsökkenést eredményezhet.

A technikát ott alkalmazzák, ahol:

- a leválasztott pernye kezelése és hasznosítása megoldható
- az előzetes porleválasztó rendszer után kapcsolt füstgáztisztítási berendezések kisebbek a kapacitási igénye kisebb (kisebbek a porterhelés miatt fellépő követelmények)
- az előzetes porleválasztó rendszer után kapcsolt füstgáztisztítási berendezések üzemelésének javítása (szükséges)
- a memória hatás csökkentése érdekében fontos a PCDD/F vegyületek leválasztása a nedves füstgázmosás előtt

52 A maradék vas- és nemvas-fém gazdaságilag indokolható mértékű kinyerése a salakból (ld. a 12. BAT pontnál), hasznosításra.

53 a salak kezelése (az üzemben belül vagy kívül) az alábbi technikák megfelelő kombinációjának alkalmazásával:

a. száraz salak-kezelés érleléssel vagy anélkül,

b. nedves salak-kezelés érleléssel vagy anélkül,

c. termikus kezelés (elkülönített kezelés illetve a folyamaton belüli termikus kezelés esetén is),

d. rostálás és zúzás.

Salak rostálás és zúzás

A salak mechanikai kezelésének különböző technikáit azért alkalmazzák, hogy a salakból olyan, útépitésben és földmunkákban felhasználható anyagot állítsanak elő, melyek megfelelő geotechnikai tulajdonságokkal rendelkeznek és nem károsítják az utakat. A salak kezelésére számos lehetőség közül választhatunk:

- részecske méreten alapuló rostálás
- a részecskék méretének csökkentése zúzással vagy a részecskék más módon történő aprításával
- a könnyű, kiégetetlen frakció leválasztása szeleléssel

A rostálásnak három módszere ismert:

- forgó- vagy dobsziták
- lapos sziták (rázó, nem-rázó)

- lapátkerekesszíták: a szítálás során az anyag egy sor hengeren halad át, melyek mindegyikén a tengelyen csillag alakban szétágazó lapátok találhatók

A salakban lévő aggregátumok leválasztására szolgáló primer szíták 40 mm lyukméretű hálósval rendelkeznek, ezek használata nyomán 0-20mm-es aggregátumokat formáló anyag keletkezik.

A kezelési sorba a nagyobb darabok összetörésére valamilyen zúzó eszköz is beiktatható, általában a primer rostáló eszköz kimeneténél. A létesítmények felében üzemel valamilyen zúzó rendszer, egyes létesítményekben nem állítanak be erre a célra külön eszközt, hanem az üzemben belül használt más berendezést alkalmaznak a nagyobb darabok összetörésére (pl. kotrógép, rakodógép, kőtörő).

A nagyobb darabok összezúzásának számos előnye van:

- csökkenti a nagyobb súlyú fel nem használható maradékok mennyiségét
- növeli az aggregátum alapját képző durva zúzalék arányát az anyagban
- javítja a geotechnikai minőséget

A könnyű kiégetetlen frakció leválasztása vagy szelelése fúvóventilátorral vagy aspirátorral valósítható meg.

A mechanikai kezelés bevezetésének legfontosabb környezeti haszna a fel nem használható frakció és a hulladék mennyiségének csökkentése, ezáltal pedig a magasabb általános felhasználhatósági arány biztosítása.

A legfontosabb környezeti elemek közötti kölcsönhatások az energiafogyasztásból és a lehetséges zaj- és porkibocsátásokból adódnak.

A technika elméletileg minden olyan hulladékégető létesítményben alkalmazható, ahol felhasználás előtt kezelést igénylő hamu keletkezik, vagy ahol az ilyen kezelés javítja a felhasználhatóságot.

A nagyobb darabok zúzását biztosító rendszer beállításának költséghatékonyságát a feldolgozott anyagmennyiség és az ártalmatlanítási költségek fényében lehet megítélni. Egy zúzó megtérülésének becsült ideje az összes salak zúzást igénylő frakciójának 5%-os arányát feltételezve, 40 000 t/év salak termelődése mellett két év, míg 20 000 t/év mellett hét év.

A technika alkalmazása nyomán a salak több 95%-a hasznosíthatóvá válik valamilyen salakot felhasználni képes létesítményben, kevesebb fel nem használható anyag keletkezik, jobb geotechnikai minőség érhető el, és a technika költséghatékony.

Salak kezelés érleléssel

A fémek leválasztása után a salak nyílt vagy specifikus zárt tároló épületekben hetekig át tárolható. A tárolást általában betonpadlón, halmokban végzik. Az elszivárgó és lecsorgó vizet kezelésre összegyűjtik. A halmokat igény szerint permetező vagy tömlős rendszer segítségével nedvesíthetik, a porképződés és a kibocsátások megakadályozása érdekében, illetve a sók kimosódásának és a karbonizáció elősegítésére, amennyiben a salak nem elég nedves.

A halmokat rendszeresen átforgatják, hogy az érlelési folyamatok homogén lejátszódását biztosítsák (CO₂ felvétele a levegőből a nedvesség miatt, felesleges víz elszívargása, oxidáció stb.), illetve a salak egyes adagjainak tartózkodási idejét az erre a célra szolgáló tárolóhelyen csökkentik.

A gyakorlatban az előkezelt salak érlelése az építőipari felhasználás vagy egyes esetekben a lerakás előtt 6-20 hetet igényel (vagy ennyit írnak elő erre a célra).

Bizonyos esetekben a teljes folyamat zárt épületen belül zajlik, ez elősegíti a por, a bűz, a (főleg a gépek és a járművek használatából eredő) zaj és a kimosódások szabályozását. Más esetekben a folyamat egésze teljesen vagy részben nyitott tárolóhelyen zajlik. Ez általában nagyobb helyet jelent, ami biztosítja a salak egyszerűbb kezelését és az intenzívebb szellőzést az érleléshez. A nyílt színi érlelés során ezenkívül megakadályozható a robbanásveszélyes hidrogénnek az alumínium bizonyos reakcióihoz kötött felszabadulása a salakból (ld. lejjebb).

A friss salak kémiaiilag nem inert anyag. Az érlelés célja a maradékok reaktivitásának és a fémek kimosódása kockázatának csökkentése. Az érlelést elősegítő legfontosabb anyagok levegőből származó CO₂ és a salak saját nedvességtartalmából, a csapadékból vagy a nedvesítésből származó víz.

A salakban lévő alumínium reakcióba lép a Ca(OH)₂-vel és a vízzel, ennek során alumínium-hidroxid és hidrogéngáz keletkezik. Az alumínium-hidroxid keletkezése nyomán felmerülő legfontosabb probléma a térfogat növekedés, mert ez az anyag felduzzadását okozza. A gáz termelődése technikai problémákat okozhat, amennyiben a friss salakot közvetlenül építési célokra használják fel. Ezért van szükség az érlelésre, amely lehetővé teszi a salak felhasználását.

A tárolás és az érlelés hatása a kimosódásra az alábbiakban foglalható össze:

- pH csökkenése a levegőből származó vagy a biológiai aktivitás során keletkező CO₂ felvétele miatt
- oxigénmentes, redukzív körülmények kialakulása, a maradék szerves anyagainak biológiai lebomlása következtében
- helyi redukzív körülmények kialakulása a hidrogén felszabadulásának köszönhetően
- hidratáció és egyéb változások a fém-fázisokban, melyek a részecskék összetapadását okozzák

Mindezek a hatások csökkentik a fémek kimosódásának kockázatát és a salak stabilizációjához vezetnek, ami viszont növeli a salak alkalmasságát akár felhasználás, akár ártalmatlanítás (lerakás) céljaira.

A lecsorgó csapadékvíz vagy a permetezéshez használt víz sókat és fémeket tartalmazhat, ezért az ilyen vizet kezelni szükséges. A víz visszaforgatható vagy a hulladékégetőben ipari vízként felhasználható.

Szükségessé válhat a bűz- és a porkibocsátások szabályozása.

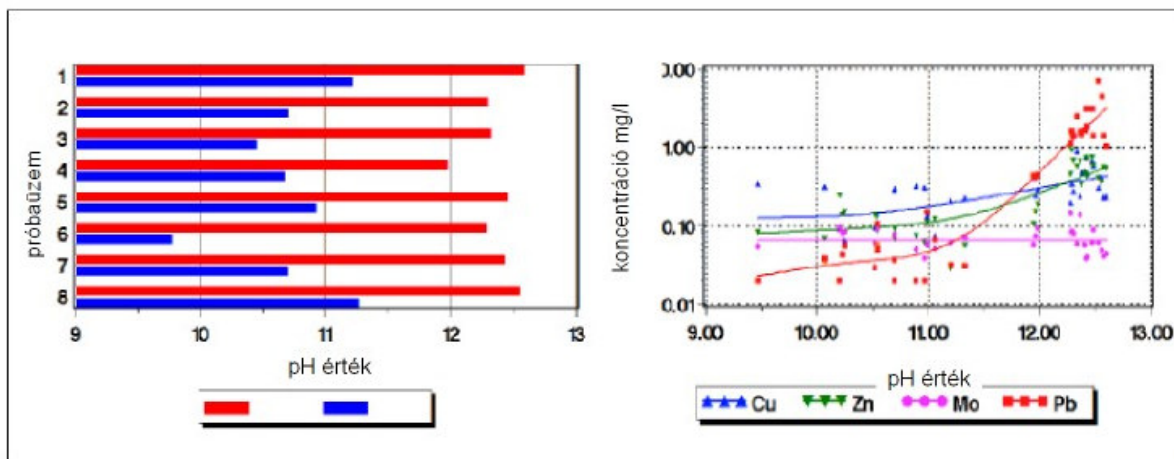
Egyes helyeken a járművek és a gépek zaja problémákat okozhat.

Zárt helyen zajló érlelés esetén robbanásvédelmi eszközök felszerelése válhat szükségessé.

Az adatok, melyeket egy tesztprogram során egy teljes kapacitáson üzemelő német hulladékégető üzemből nyertek, bemutatják, milyen hatással volt a 12 hetes érlelés a salak pH-jára és a DEV S4 módszerrel végzett egyéb tesztek eredményeire. [DEV S4: desztillált vizet alkalmazó német szabvány eljárás a kimosódási értékek meghatározására] A 4.9(a) ábra szerint a friss

salak pH értéke a DEV S4 tesztekben rendszeresen meghaladja a 12-t, az érlelés során pedig kb. két egységgel csökken.

Mint azt a 3.1.6 ábrán láthatjuk, ez a pH változás nem változtatja meg a többnyire molibdát formában jelenlévő molibdén kimosódási tulajdonságait. A réz és a cink kimosódási stabilitása az érlelt anyagban bizonyos javulást mutat, míg az ólom kimosódási értéke legalább két nagyságrenddel javul.



3.1.6 ábra: Az érlelés hatása meghatározott fémek kimosódási tulajdonságaira: balra: a pH hatása; jobbra: kimosódási értékek a pH függvényében

A French Bureau of Mines (Francia Bányászati Hivatal) 18 hónapos vizsgálatot végzett az érlelés, és annak a kimosódásra gyakorolt hatásai vonatkozásában egy 400 tonnás salak halomban, a vizsgálat a német tanulmányhoz hasonló eredményekkel zárult.

Ha vasat nem tartalmazó salak esetében átforgatás nélkül hosszabb érlelést (pl. >20 hét) alkalmaznak, az érlelődő salak egyre szilárdabbá válik.

A technika minden új vagy meglévő, salakot termelő hulladékégetőben alkalmazható. a gyakorlatban főleg a TSZH égetőkben alkalmazzák.

Egyes hulladékáramok esetében a hamu minőségét a felhasználhatóság szempontjából a kezelés nem befolyásolja jelentősen – ebben az esetben a bevezetés motivációja egyszerűen a lerakási tulajdonságok javítása.

Az érlelés költsége a többi kezeléshez képest alacsony.

A salak hasznosítása csökkenti az ártalmatlanítási költségeket.

Salak száraz kezelése

A salak száraz kezelését végző rendszerek a vasfémek leválasztásának, a részecskeméret csökkentésének és a rostálásnak, a nemvas-fém-leválasztásnak és a kezelt salak érlelésének technikáit kombinálják. A keletkező termék szabályozott részecskeméretű (pl. 0-4 mm, 0-10 mm, 4-10 mm) száraz aggregátum amely másodlagos építőipari nyersanyagként hasznosítható.

A folyamat az alábbi, egymást követő lépésekből áll:

- a salak hűtése levegővel

- vasfémek leválasztása
- rostálás
- durva frakció zúzása
- rostálás
- vasfémek leválasztása
- nemvas-fémek leválasztása
- érlelés

A technika alkalmazásával újrafelhasználásra alkalmas anyag nyerhető, ezáltal csökken a lerakóba kerülő maradék mennyisége

A technika alkalmazása elektromos áramot igényel, és por- és zajkibocsátással járhat.

A salak utókezelést követő minőségi adatait a 3.1.62 és a 3.1.63 táblázat foglalja össze, egy, a következőkben felsorolt technikákat alkalmazó üzem esetében:

- nyers salak 4-6 hetes száraz tárolása
- >150 részecskék előzetes szitálása
- <150 frakció vasfém tartalmának leválasztása
- további szitálás (<22 mm, 22-32 mm, >32 mm)
- <22 mm frakció eladása, homokot helyettesítő anyagként
- >32 mm frakció kézi és gépi átválogatása az el nem égethetőn és vasfém frakciók leválasztására, zúzás és újraégetés
- 22-32mm frakció szelelése a könnyű frakció és a vasfémek leválasztására
- a leválasztott fémfrakció szitálása, tisztítása és tárolása a teljes folyamaton (a salaktól elkülönítve) történő újbóli átküldés előtt.

	Koncentráció a kezelt salakban, mg/kg
As	150
Cd	10
Cr	600
Cu	600
Pb	1000
Ni	600
Zn	1
Hg	0,01

3.1.62 táblázat: Koncentrációk a kezelt salakban (mg/kg), egy salakkezelést végző példaüzem esetében

	Koncentráció a kezelt salak eluátumban, µg/l
As	-
Cd	5
Cr	200
Cu	300
Pb	50
Ni	40
Zn	300
Hg	1

3.1.63 táblázat: Koncentrációk a kezelt salak eluátumban (µg/kg), egy salakkezelést végző példaüzem esetében

A technika új és meglévő létesítmények esetében egyaránt alkalmazható. A gazdaságosság biztosításához egy minimális átmenő kapacitás meghatározása szükséges. Kisméretű létesítményeknél üzemén kívüli (központosított) salakkezelést is alkalmazhatnak.

A technika legfontosabb pozitív hatása a lerakási költségek kiküszöbölése, ezen felül a salakkezelés gazdaságossága a gyártott frakciók piaci árától függ. A kezelt salak eladása, a szállítást is ideértve, általában nem jár költségekkel. A bevétel a leválasztott nemvas-fémek és vasfémek minőségétől is függ. A legnagyobb piaci értéket az alumínium képviseli, ezért a kitermelt alumínium mennyisége és tisztasági foka a létesítmény egészére vonatkozó gazdaságossági számításokban igen fontos tényezőnek számít.

Egy különböző száraz hamukezelési- és érlelési módszereket alkalmazó svéd TSZH égető gazdasági adatai:

A hamu lerakására kirótt adó kb. 40 EUR/t.

A kezelés korábbi lépései során leválasztott kő és kavics piaci értéke kb. 6 EUR/t.

Az építőipari alapanyagként felhasználható kezelt salak piaci értéke kb. 2,5 EUR/t.

Egy lerakás előtt vasfém leválasztást és 1-2 napos tárolást alkalmazó portugál TSZH égető gazdasági adatai:

A maradékok lerakásának költsége az üzem saját lerakójában kb. 2 EUR/t. A lerakó a hulladékégetőhöz közel helyezkedik el, ezért a szállítási költségek alacsonyak.

A külső vállalat tulajdonában lévő lerakóban a lerakás költségeinek megoszlása: 2 EUR/t szállítás, 9 EUR/t lerakás, összesen 11 EUR/t.

Egy másik, lerakás előtt vas- és nemvas-fém-leválasztást és 3 hónapos stabilizációt alkalmazó portugál TSZH égető gazdasági adatai:

A vasfémek piaci értéke 102,13 EUR/t.

A lerakás költsége: 28 EUR/t.

A salak lerakóba történő szállításának költsége: 3 EUR/t

Megjegyzés: jelenleg zajlik a salak vizsgálata, annak megállapítására, hogy az anyag alkalmas-e útépitési alapanyagnak.

Nedves salakkezelés

A salak nedves kezelése olyan újrahasznosítható anyag előállítását teszi lehetővé, amelynél a fémek és anionok (pl. sók) kimosódása minimális. Az égetés során keletkező hamut a részecskék méretének csökkentése, szitálás, mosás és a fémek leválasztása révén kezelik.

A kezelés gerincét a 0-2 mm-es frakció nedves leválasztása adja. Mivel a kimosódó összetevők és a szerves vegyületek legnagyobb része a finom frakcióban van, ennek leválasztása a megmaradó (>2 mm) frakciók kimosódási értékeinek javulását eredményezi.

A technika alkalmazásával újrahasznosítható anyagot nyerhetünk, és csökken az ártalmatlanításra kerülő maradék mennyisége.

A nedves salakkezelés célja a fémek leválasztása, mellyel csökkenthető egyrészt a maradék fémtartalma, másrészt a fémek kimosódása. Az esetleges problémákat okozó egyéb összetevők közé tartoznak az oldható sók, főképp alkáli- és alkáliföldfém-kloridok és -szulfátok formájában. A hamu átmosásával a klorid-tartalom kb. 50%-a eltávolítható. Ennek legegyszerűbb módja a hamu átmosása a hamu kvencstartályában, ezt a módszert néhány német üzem már a gyakorlatban is alkalmazza.

A szulfátok oldatba kerülését az uralkodó alkáliföldfém-szulfátok egyensúlyi koncentrációja szabályozza. Ebben az esetben a stabilizáció vagy a szulfátok eltávolítása nehézségekbe ütközhet.

A nedves kezelés során a finom frakciót (0-2 mm) leválasztják, amely azután lerakható, vagy újrahasznosítható. A vonatkozó jogszabályoktól függően a frakció kimosódási értékei meghaladhatják az előírt határértékeket. A technika alkalmazása szennyvíz keletkezésével jár. Amennyiben minősége megfelel az adott folyamat követelményeinek, a szennyvíz az égetőbe ipari vízként visszaforgatható.

A különböző frakciók nagysága a bemenő hulladék összetételétől függ. Egy működő létesítmény üzemeltetési adatait mutatja be a 3.1.64 táblázat.

Maradék típusa	% (kimenő tömeg/bemenő salak tömeg)
Maradék ártalmatlanításra (0-2 mm)	47
Újrahasznosítható termék (2-60 mm)	34
Vasfémek	12
Nemvas-fémek	2
Kiégetetlen maradék, újraégetésre	5

3.1.64 táblázat: A nedves salakkezelés különböző termékeinek egymáshoz viszonyított aránya

	Kibocsátás mg/kg. L/S=10 (kumulatív)	
	2-6 mm-es granulátumok	6-50 mm-es granulátumok
As	0-0,1	<0,05
Cd	0-0,025	<0,01
Cr	0,005-0,053	<0,053
Cu	0,19-0,85	0,24-0,55
Pb	0,04-0,12	<0,10
Ni	0,0007-0,005	<0,057
Zn	0,61-1,27	<0,16
Megjegyzés: az adatok a holland, kolonnás NEN7343 kimosódási teszt eredményein alapulnak		

3.1.65 táblázat: A termelt granulátumok kimosódási értékei

A salak utókezelésének egyéb adatait a 3.1.66 és a 3.1.67 táblázat tartalmazza, egy, az alábbi technikákat alkalmazó létesítményre:

- salak átmosása a hulladékégető salakfürdőjében a kemence kimeneténél (a víz csökkenti a salak sótartalmát)
- vassfém és nagyméretű részecskék leválasztása szitálással és kézi válogatással
- 1 napnál hosszabb tárolás CO₂ reakcióhoz
- további szitálás, zúzás, leválasztás (pl. a >32 mm frakció elkülönített őrlése)
- vassfémek és nemvas-fémek leválasztása
- >10 mm frakció újraégetése a könnyű (pl. műanyag) frakció szelelése után
- a termékek tárolása 3 hónapon keresztül

	Koncentráció a kezelt salakban, mg/kg	
	Tartomány	Átlag
As	25-187	74
Cd	1,1-16,7	3,7
Cr	84-726	172
Cu	1 676-2 9781	6826
Pb	404-4 063	1 222
Ni	61-661	165
Zn	788-1 4356	2 970
Hg	0,01-0,37	0,7

3.1.66 táblázat: Koncentrációk a kezelt salakban (mg/kg), egy salakkezelést végző példaüzem esetében

	Koncentráció a kezelt salak eluátumban, µg/l	
	Tartomány	Átlag
As	<6,0-16,1	5,3
Cd	<0,5-2,5	0,8
Cr	1-113	15,2
Cu	14-262	60,7
Pb	8-59	11,4
Ni	<4,0-11,6	2,9
Zn	<5,0-230	19,4
Hg	<0,2-<0,2	<0,2

3.1.67 táblázat: Koncentrációk a kezelt salak eluátumban (µg/kg), egy salakkezelést végző példaüzem esetében

A technika új és meglévő létesítmények esetében egyaránt alkalmazható. A gazdaságosság biztosításához egy minimális átmenő kapacitás meghatározása szükséges. Kisméretű létesítményeknél üzemén kívüli (központosított) salakkezelést is alkalmazhatnak.

A salakkezelés gazdaságossága a gyártott frakciók piaci árától függ. A kezelt salak eladása általában nem jár költségekkel. A bevétel a leválasztott nemvas-fémek és vassfémek minőségétől is függ. A legnagyobb piaci értéket az alumínium képviseli, ezért a kitermelt alumínium mennyisége és tisztasági foka a létesítmény egészére vonatkozó gazdaságossági számításokban igen fontos tényezőnek számít.

Példaüzem:

Indaver, Beveren (B)

A salak termikus kezelése

A hamu kezelésére a hulladékégető ipar az üveggyártásból és a nukleáris hulladék kezelő iparból változatos technikákat vett át. Az alkalmazott hőmérsékletek a 1 100-2 000°C-os tartományba esnek. Plazmaíves rendszerekben néha ennél sokkal magasabb hőmérsékleteket is használnak. A plazmaíves rendszereket különböző szervesetlen hulladékáramok (ideértve pl. a salakot és a pernyét is) üvegesítésére és olvasztására használják. A plazmaíves üvegesítés során 1 400-1 500°C-os hőmérsékletet alkalmaznak, amihez az energiát elektromos áram biztosítja.

Az olvadt termékeket (azaz a salakot és fémeket) folyamatosan vagy szakaszosan csapolják le.

A technika alkalmazásával a maradék mennyisége csökkenthető (33-50%-kal), a maradék pedig rendkívül stabillá válik, ahol a kimosódási értékek igen alacsonyak. A maradék aggregátum formában azonnal újrahasznosítható.

A kezelt hamu PCDD/F-koncentrációja csökken. Az alábbiakban bemutatott PCDD/F bemenő értékeket és kibocsátásokat TSZH égetőből származó pernye plazmaíves ártalmatlanításakor mérték. A pernye a folyamat füstgázait kezelő zsákos porszűrőből származik:

Bemenő hamu	50 ngTEQ/g
Kimenő salak	<0,001 ngTEQ/g
Kimenő pernye	<0,005 ngTEQ/g
Kimenő füstgáz	<0,05 ngTEQ/g

Rendkívül magas, 0,7-2 kWh/kezelt hamu kg energiafogyasztásról érkeztek adatok.

Jellemző energiaigény: váltakozó áramú süllyesztett plazmaíves kemencénél 650-1 000 kWh/hamu t; egyenáramú plazmakemencénél 6-800 kWh/hamu t.

Franciaországban a maradék üvegesítése világos szabályozás hiánya miatt problémákat vet fel. A rendelkezésre álló (engedélyezett) kimeneti lehetőségek a hamu tulajdonságait nem, csak annak eredetét veszik figyelembe.

A szilárd maradékok termikus kezelése során termelődő füstgáz maga is magas koncentrációban tartalmazhat szennyező anyagokat, pl. NO_x vegyületeket, szerves anyagokat, SO_x vegyületeket, port, nehézfémeket stb. A füstgáztisztítás során ezért gondoskodni kell a hamukezelésből származó gázok szennyező anyagainak eltávolításáról is (vagy a füstgázt a közeli égető létesítmény füstgáztisztító rendszerében szükséges kezelni).

A folyamat bonyolult és hozzáférhetősége kritikus lehet.

A plazmakemencék 0,25-0,5 MW/m² energiasűrűség mellett üzemelnek, olvasztási kapacitásuk pedig 300 kg/ó/m². A folyamat környezeti lábnyoma általában kicsi.

Bár Japánban alkalmazzák, a technikák, nem igazán tudtak betörni az egyéb piacokra, elsősorban magas költségük miatt, illetve azért, mert nincs igazán jelentős hasznuk, ha a már meglévő rendszerekkel megfelelő minőségű termékeket lehet előállítani.

A plazmakezelést az égetőből származó hamu és pernye együttes kezelésére használják. Amennyiben a rendszer füstgáztisztítás kémiai maradékait is kezeli, fokozott kiegészítő füstgáztisztításra van szükség.

Más technikákhoz képest a külső termikus kezelés költségei a jelentések szerint magasak.

Alkalmazott kezelési technika	Költség (EUR/salak t)	Költség (EUR/TSZH t)
Közvetlen lerakás	35	12
Előkezelés hasznosításhoz	20	7
Fúzió (fosszilis tüzelőanyag, előkezelés nélkül)	100	30
Fúzió (fosszilis tüzelőanyag, nagyobb darabok leválasztása)	130	45
Fúzió (elektromos hevítés)	120	40
Fúziós eljárások Japánban	100	30
Fúziós eljárásokra vonatkozó becslések (IAWG)	180	60

3.1.68 táblázat: Néhány hamukezelési technika viszonylagos költsége

Az üvegesítés költségei nagymértékben függenek az elektromos áram egységárától. A kezelési költségek a jelentések szerint a 100-600 EUR/ hamu t tartományba esnek. A beruházási költségek egy 1-1,5 t/ó kapacitású üzemben elérhetik a 20 millió EUR-t.

A technikát ott alkalmazzák, ahol a hasznosításra vagy ártalmatlanításra kerülő aggregátumokra szigorú kimosódási követelmények vonatkoznak.

Példaüzem:

Számos példa Japánban (kb. 30-40 üzem). Kevés európai tapasztalat (pl. Franciaországban).

Magas hőmérsékletű (salakolvasztó) forgódobos kemence

A technikát Európában leginkább veszélyes hulladékokat ártalmatlanító forgókemencékben alkalmazzák, azonban a magasabb hőmérsékleten üzemelés alapelve bizonyos mértékig más kemence-típusokra is alkalmazható.

A szilárd vagy folyékony veszélyes hulladékokat a forgókemence homlokfalán adagolják be. A szekunder tüztérbe csak a szekunder levegőt és a szennyvizet juttatják be.

A tüzelési hőmérséklet pár másodpercre 1 100-1 400°C-ig emelkedik, mivel az összes magas fűtőértékű hulladék a forgókemence homlokfalán át jut be. Ez azt is jelenti, hogy a füstgáz hőmérséklete 1 050°C felett marad, amíg a szekunder tüzteret is el nem hagyja. Ezután a hulladékhőt hasznosító kazánba jut, majd a füstgáztisztító rendszeren áramlik keresztül.

Az 1 100-1 400°C-on történő égetés az alacsonyabb hőmérsékletű (850-900°C) égetéshez képest a következő előnyökkel jár:

- minden szerves anyag tökéletesen elég. A salak szerves anyag-tartalma az égetés után rendszerint kevesebb mint 1%.
- a füstgázban kevesebb lesz a szénhidrogének és a CO mennyisége
- a PCB molekulák hatékonyabb roncsolása
- a forgókemencében olvadt salak képződik

A salak vízzel lehűtve finom szemcsés, üveges granulátummá válik, és így csökken a kioldódás lehetősége. Ez a salak hasznosítható vagy lerakón lerakható.

A magas hőmérsékletű égetés során a vas, az üveg, az alumínium és az egyéb szervesetlen anyagok olvadt salakot képeznek a forgókemencében. Ez a folyékony salak lassan a kemence kijárata felé folyik, ahol a salak quenchelő medencébe hullik, ami a szekunder tüztér alatt található. Itt a salak a vízben gyorsan megszilárdul, finom szemcsés, üveges granulátummá válik. A granulálódás hatására a keletkező salak mennyisége kevesebb, mint a hagyományos égetésnél.

A kioldódási tesztekől vagy egyéb helyi előírásoktól függően a magas hőmérsékletű égetésből származó salak nem veszélyes hulladékként is besorolható. Ez csökkentheti az ártalmatlanítás költségeit, mivel így a salak (bizonyos körülmények között) normál hulladéklerakóra szállítható vagy eladható útépitési felhasználásra. Építési célokra történő felhasználásnál a nehézfém-tartalomnak alacsonynak kell lennie, és össze kell hasonlítani a salak alkalmazásának hatásait más, szokásosan erre a célra használt anyagokéval.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatásként jelentkezik, hogy a magasabb hőmérsékleten történő égetés további NO_x-keletkezéssel jár és így további csökkentési megoldásokat tesz szükségessé.

A magas hőmérséklet eléréséhez kiegészítő tüzelőanyagok adagolása válhat szükségessé, ha a hulladék fűtőértéke önmagában nem elégséges.

A füstgáztisztítónak magasabb légnemű nehézfém-kibocsátást kellhet kezelnie.

A magas hőmérsékletű égetéshez jó tűzálló falazat szükséges, ezen kívül az üzemelés alatt egy folyamatosan jelen lévő salak-réteg jelenlétét is kezelni kell.

Továbbá:

- szükséges lehet az égéslevegő előmelegítése
- csökkenteni kell az égéslevegő mennyiségét
- a kazán membránfalait el kell távolítani vagy tűzálló falazattal kell ellátni
- probléma lehet a magas hőmérsékletű korrózió
- az olvadt salak üzemeltetési problémákat okozhat a kemencében és a hőcsere területein.

A füstgáz alacsony szénhidrogén- és CO-tartalmának elérése a füstgáz keveredésétől (turbulencia), tartózkodási idejétől és hőmérsékletétől függ. A 900-1 000°C-s

hőmérsékleteken az itt most szóban forgó magas hőmérsékletekéhez hasonló csökkentő hatás érhető el. A homogén hulladék beadagolása szintén nagy befolyással bír. Ebből következően a nagyon magas hőmérséklet önmagában nem jelent garanciát a gázok alapos kiégésére (ú.m. alacsony CO és VOC). Magasabb hőmérsékleten a gázsebesség is magasabb, ezáltal a tartózkodási idő rövidebb —emiatt a paraméterek helyes kombinációja fontos.

Főként magas fűtőértékű veszélyes hulladékokat égető forgókemencékben alkalmazható, pl. ahol többféle oldószert és hulladék olajokat égetnek.

54 A füstgáztisztítási maradékok kezelése (az üzemen belül vagy kívül), a választott hulladékkezelési lehetőség esetében fennálló követelményeknek megfelelő mértékben, ideértve az alábbiakban bemutatott füstgáztisztítási maradék-kezelési technikák használatának megfontolását is.

Füstgáztisztítási maradékok kezelése

A következő részben kimondottan a füstgáztisztítási maradékok kezelésével foglalkozunk, a salak kezeléséről itt nem esik szó.

Érdemes megjegyezni, hogy egyes esetekben a füstgáztisztítási maradékokat ellenőrzött tárolásra küldik, pl. sóbányákba. Jelen BREF alkalmazási köre nem fedi le az ilyen tárolási lehetőségeket, ezért ezekkel a továbbiakban nem foglalkozunk, azt viszont itt kívánjuk megjegyezni, hogy ezek a lehetőségek egyes tagállamokban rendelkezésre állnak, illetve használatuk engedélyezett.

Füstgáztisztítási maradékok megkötése cementben

A maradékokat általában ásványi vagy hidraulikus kötőanyagokkal keverik (pl. cement, szénpernye stb.), további hozzáadott adalékanyagokkal szabályozzák a cement minőségét (általában az ólom kimosódásának csökkentésére szilícium-dioxidot használnak, míg egyéb fémek esetében rendszerint szulfid alapú reagenseket alkalmaznak), és megfelelő mennyiségű víz hozzákeverésével biztosítják, hogy a cement megkötéséhez szükséges hidratációs reakciók végbemennek. A technika segítségével a maradékok a cement szerkezetében megköthetők. A maradékok rendszerint reakcióba lépnek a vízzel és a cementtel, melynek során fém-hidroxidok vagy karbonátok keletkeznek. Ezek a formák általában kevésbé oldékonyak, mint a maradékban lévő eredeti fémvegyületek.

A cementben való megkötésen alapuló szilárdítási technika már meglévő felszerelések használatára alapul. A folyamathoz szükséges a keveréshez és anyagmozgatáshoz fejlett technológia áll rendelkezésre, a technika pedig nem érzékeny a maradékok tulajdonságainak változásaira.

A megszilárdult termék általában vagy lerakóba kerül (felszíni vagy föld alatti létesítményekben) vagy régi sóbányák feltöltésére használják. Megjegyzendő, hogy egyes esetekben a helyi jogszabályok tilthatják a bányákban való lerakást, míg más esetekben erre a célra közvetlenül a megfelelően csomagolt (pl. big bag formátumú) kezeletlen maradékokat használják.

A cementben való megkötés két legfontosabb előnye, hogy a víz és a maradékok érintkezése korlátozott, illetve, hogy a folyamat során bizonyos mértékig lehetőség van arra, hogy a fémösszetevőkből kevésbé oldékony fém-hidroxidok vagy karbonátok alakuljanak ki. A megszilárdult termék kezelése aránylag egyszerű, a porképződés kockázata nagyon alacsony. A nehézfémek kimosódása a termékből rövidtávon általában igen kismértékű, bár a magas pH-jú cement-alapú rendszerekben az amfoter fémek (Pb, Zn) kimosódása jelentős lehet.

A módszer hátránya az, hogy nem csökkenti a vízben oldható sók kimosódását, ami végül a megszilárdult termék széteséséhez vezet, ami viszont további kimosódásokat eredményez.

A cement és az adalékanyagok hozzáadása növeli a kezelendő hulladék mennyiségét. A maradékhoz általában saját száraz tömegének 50%-ában adnak hozzá cementet és adalékanyagokat, és 30-100%-ában vizet. Ily módon a pernyéből származó maradékok mennyisége a 20-30 kg/t bemenő hulladék értékről általában 40-60 kg/bemenő hulladék t értékre nőhet ott, ahol a hozzáadott víz mennyisége a teljes száraz tömeg 50%-ának felel meg.

A technika egyes esetekben lehetővé teszi a maradékok hasznosítását bányák feltöltésére vagy építőanyagként a bányászatban.

A technika használata cement, adalékanyagok és víz fogyasztásával jár.

A víz- és energiafogyasztás változó, nincs számszerűsítve. Az alkalmazott berendezések üzemeltetése és ellenőrzése viszonylag egyszerű és hasonló a betoniparban használt szabványos gyakorlathoz.

A cementben való megkötést rendszerint erre a célra kijelölt üzemekben végzik, a termék végfelhasználási helyéhez vagy a lerakóhoz közel, így az egyes hulladékegységeknek nem kell beállítani a cementáláshoz szükséges berendezéseket. A technika a füstgáztisztítási maradékok minden típusára alkalmazható. A cementben való megkötést számos más veszélyes hulladék-típus esetében használják, ideértve a gyengén radioaktív hulladékok ártalmatlanítását is.

A legtöbb esetben a maradékok valamilyen már meglévő üzembe szállíthatók. A csak cementben való megkötéssel végzett kezelés költségei országok szerint változnak, a kezelés becsült költsége 25 EUR/t maradék.

A technika viszonylag egyszerű és a szükséges műszaki tudás általában rendelkezésre áll. A kezelt maradékok kimosódási tulajdonságai a kezeletlen maradékokéhoz képest jelentősen javulnak. A cementben való megkötés a füstgáztisztítási maradékok stabilizálására is alkalmas, és a hatóságok világszerte számos országban elfogadható megfordásnak tartják.

A cementben való megkötés főbb típusait az alábbi táblázat foglalja össze:

Ország	Jellemzők
Németország	Németországban számos sóbányászattal foglalkozó cég hajlandó fogadni a füstgáztisztítási maradékokat. Ezek a cégek a maradékokat cementben megkötik. A megszilárdult terméket ezután a bányák feltöltésére vagy megerősítésére használják. Egyes bányák részére a cementben való megkötést egy központi üzemben végzik el, ahol a végfelhasználásnak és az egyéni igényeknek megfelelően többféle eljárást is használnak. Ebből a központi üzemből a terméket a fogadó bányába szállítják. (Normális esetben a maradékokat a bányába szállítják, ahol a bánya által igényelt beton gyártása során adalékanyagként használják azokat.)
Svájc	Svájcban több különböző eljárást alkalmaznak a maradék cementben való megkötésére, ahol a maradékokat a cementtel való elkeverés előtt vízzel átmossák, majd víztelenítik. Az eljárás előnye, hogy a vízben oldható sók kikerülnek az anyagból, így a megszilárdult termék élettartama megnövekszik. Néhány üzemben a keveréket öntőformákban tömbökké alakítják, melyeket aztán felszíni lerakókban helyeznek el.
Svédország	Egy svéd lerakóban (Hogdalen) a cementben megkötött füstgáztisztítási maradékokat tömbökké alakítják, melyek megszilárdulás után felszíni lerakásra kerülnek.
Franciaország	1992 óta a füstgáztisztítási maradékokat lerakás előtt ásványi és hidraulikus kötőanyagokkal, valamint adalékanyagokkal kötik meg/stabilizálják (pl. cement, szénpernye stb.). 2001-ben az összesen 353 kt ilyen maradék 90%-át 12 üzemben kezelték, melyeket a 14 francia felszíni veszélyes hulladék lerakó közül 12 mellett létesítettek. 2001 óta két új maradék-megkötő/stabilizáló üzem épült, ami a kezelési kapacitást 600 kt/év-ről 700 kt/év-re növelte. A megkötött/stabilizált maradékokat bányák feltöltésére nem használják. 2002 augusztusában új kezelést vezettek be ipari szinten, ennek kapacitása 50 kt/év, és a száraz nátrium-bikarbonátos füstgáztisztítási maradékok tisztítására, és szóda üzembe való visszaforgatására használják (a kezelés részletes bemutatását ld. a 4.6.11.5. alfejezetben)

3.1.69 táblázat: A füstgáztisztítási maradékok megkötésére alkalmazott kezelések az egyes országokban

A füstgáztisztítási maradékok üvegesítése és olvasztása

A maradékok üvegesítése és olvasztása az illékony elemek (Hg, Pb, Zn) mobilizációját eredményezi a kezelés során. Ezeket a technikákat egyes folyamatokban más paraméterekkel kombinálva alacsony nehézfém-tartalmú újrahasznosítható termék előállítására használják.

Az üvegesítésre és az olvasztásra használt technikák sok szempontból hasonlóak. A legnagyobb különbségek a hűtés terén tapasztalhatók, illetve (bár ez kevésbé lényeges) a speciális adalékanyagok használatában, melyek az üveges vagy a kristályos szerkezet létrejöttét segítik elő.

A maradékok hevítésére többféle technika alkalmazható: elektromos olvasztó rendszerek, tüzelőanyagokkal működő égetőrendszerek és olvasztókemencék. Ezek a módszerek az energiaátadásban, az anyag oxidált vagy redukált állapotában és a keletkező füstgáz mennyiségében különböznek egymástól.

A technikák jobbára a vas- és acélgyártásban használt kemencékre vezethetők vissza. A maradékok minden rendszerben egy reakciókamrába kerülnek, rendszerint valamilyen beadagoló rendszer segítségével. Az olvasztási folyamat úgy is végezhető, hogy az olvasztókemencében felül mindvégig egy hűvösebb réteget tartanak fenn, amely alatt az olvadási folyamat zajlik, de az is lehetséges, hogy a reakciókamrában a maradék teljes mennyisége olvadt állapotban van.

Az olvasztó rendszertől függően a reakciókamrából fémötvözeteket —pl. cinket és ólmot— lehet kinyerni. A reakciókamra hőmérsékletétől és a gáz fázis redukált vagy oxidált állapotától függően a nehézfémek (különösen a Cd és a Pb) gázállapotúvá válnak, és a véggázzal távoznak. A kibocsátások csökkentése érdekében minden eljárás-kombináció esetében füstgáztisztítási rendszereket kell alkalmazni.

Oxidáló környezetben elkerülhető a fázisok szétválása és a fémcseppek keletkezése az olvadékban, míg a redukáló környezet elősegíti a frakciók szétválását, a fémek kiválását és gázállapotba kerülését.

Az égetőkben az üzemeltetési körülmények rendszerint semlegesek, de nagy mennyiségű véggáz keletkezik, emiatt a füstgáztisztítási rendszerek méretét is —néha extrém méretben— növelni kell.

Az elektromos olvasztó rendszerek, pl. az ellenállás alapú fűtés, elektromos vagy közvetlen plazmaíves fáklyák, redukáló környezetet teremtenek. A füstgáz mennyisége alacsony, de ez is problémákat okozhat, mert így a véggázban a fémek és egyéb gázállapotba kerülő anyagok koncentrációja igen magassá válik, és a füstvezetékben kondenzáció jöhet létre. A jelenség megakadályozására gyakran vivőgázt alkalmaznak.

A plazmafáklyák (azaz közvetett plazmaíves fáklyák) erősen oxidáló környezetben üzemelnek. A keletkező füstgázok mennyisége közepes, vivőgázra nincs szükség, a füstgázkezelő rendszer mérete ésszerű határokon belül tartható.

Az olvasztott és üvegesített termékek általában kitűnő kimosódási tulajdonságokkal rendelkeznek. Egyes svájci vizsgálatok, ahol üvegesített, üvegkerámia és ún. szinterezett termékeket teszteltek, igazolta, hogy a kimosódási tulajdonságokat tekintve a szinterezett termékek is ugyanolyan stabilitásúak, mint a másik két típus. A folyamatban a szerves anyagok, mint pl. a dioxinok, általában elbomlanak.

A folyamatok járulékos előnye a szerves szennyező anyagok, mint pl. a dioxinok elbontása. Mivel a folyamat során gázállapotú nehézfémek szabadulnak fel, a termikus kezelés egy kiegészítő füstgáztisztítási rendszert igényel, amely a TSZH égető füstgáztisztítási rendszereivel egy helyre telepíthető.

A módszerek fő hátránya, hogy jelentős mennyiségű energiát igényelnek, ezért alkalmazásuk nagyon költséges lehet. Problémát jelenthet a kezelt maradékok megfelelő piacának megtalálása is.

Az üvegesítés és az olvasztás a kezelés során az illékony elemek (Pb, Hg, Zn) mobilizációját okozzák.

A termikus kezelések nagyon nagy mennyiségű energiát igényelnek, ezenkívül a folyamatokban a véggáz-kezelés során szilárd maradékok keletkeznek. A szilárd maradékok termikus kezelés során termelődő füstgáz NO_x , szerves anyag, SO_x , por, nehézfém és ehhez hasonló szennyező anyagok kibocsátását eredményezheti, ezért a szennyeződések eltávolításához füstgázkezelő rendszerre van szükség (illetve a füstgázt, ahol erre a lehetőség van, a közeli égetőműn füstgázkezelő rendszerében kell kezelni).

A kezelt maradékok eladása szintén problematikus lehet. Ezeknek a maradékoknak a felhasználhatósága a salak hideg kezelését végző létesítményekből származó granulátumokéhoz képest korlátozott, ennek oka a maradékok fizikai szerkezete, amely nem biztosít elég stabilitást az építőipari felhasználáshoz.

Az energiafelhasználás átlagos mértéke 700-1 200 kWh/t kezelt maradék a hőmérséklet megfelelő szintre emeléséhez és a szinten tartáshoz, de kb. 8 000 kWh/t-s fogyasztásról is érkeztek jelentések. Az energiafogyasztás és az üzemeltetés a kemence típustól és az üzemkialakítástól függ.

A bemenő maradékoknak általában meg kell felelniük bizonyos minőségi követelményeknek, pl: víztartalom <5%, elégetetlen anyagok <3%, fémtartalom <20tömeg% és hamu szemcseméret <100 mm. A termikus kezelés a maradékok mennyiségét általában a bemenő mennyiség egyötödére csökkenti. Az olvasztás a termék sűrűségét általában 2,4-2,9 t/m³-re növeli.

A folyamatok bonyolultak lehetnek, és az üzem hozzáférhetőségének biztosíthatósága kritikus szempont.

A termikus kezelést a salak, illetve a salak és a füstgáztisztítási maradékok kombinált kezelésére széles körben alkalmazzák, főleg Japánban és az Egyesült Államokban. A füstgáztisztítási maradékok magas só- és nehézfém-tartalma miatt a füstgáztisztítási maradékok elkülönített kezelése kiterjedt véggázkezelést tehet szükségessé, ami csökkenti a maradékok elkülönített kezelésének előnyeit.

A technika a többi kezelési lehetőséghez viszonyítva általában drága. A kezelési költségek a jelentések szerint a 100-600 EUR/t maradék nagyságrendbe esnek. Az 12 t/ó kapacitású üzemek beruházási költsége 10-20 millió EUR körül van.

A technika bevezetésének fő motivációját a végtermékek jó kimosódási tulajdonságai, a mérgező maradékok inert terméké alakítása (különösen üvegesítés esetén) illetve a jelentős mennyiségcsökkenés adják.

A Japánhoz hasonlóan sűrűn lakott területeken a lerakóhelyek csak korlátozottan állnak rendelkezésre, ezért a lerakás viszonylag drága. A szerves anyagok, mint pl. a dioxinok és furánok szinte teljesen elbomlanak (a kommunális hulladék esetében az égetés során keletkező dioxinok és furánok több, mint 90%-a a füstgáztisztítási maradékokban és a pernyében koncentrálódik), és a szerves összetevők (pl. nehézfémek) egy rendkívül hosszú élettartamú kristályszerkezetben szoros, atomi szintű kötésbe kerülnek.

Az olvasztást és üvegesítést magában foglaló termikus kezelést főképp Japánban alkalmazzák, ahol a becslések szerint 30-40 ilyen létesítményt üzemeltetnek, de a technika alkalmazására az Egyesült Államokban és Európában is találunk példákat.

Ország	Jellemzők																																																
USA	A Corning Inc. vállalat által javasolt üvegesítési eljárásban az első lépésekben 500°C-on vízelvonást, víztelenítést és szárítást végeznek, majd üvegképződést segítő adalékanyagokat kevernek az anyaghoz és megolvasztják. A kezdeti mosás és szárítás a klór és a maradék szerves szén eltávolítását szolgálja.																																																
Japán	A salak és a füstgáztisztítási maradékok termikus kezelését végző üzemek: <table><tr><th></th><th>Működő</th><th>Tervezett</th><th>Kapacitás (t/nap)</th></tr><tr><td colspan="4">Elektromos olvasztás</td></tr><tr><td>Elektromos ív</td><td>4</td><td>2</td><td>655</td></tr><tr><td>Plazmaív</td><td>4</td><td>2</td><td>183</td></tr><tr><td>Elektromos ellenállás</td><td>2</td><td>3</td><td>148</td></tr><tr><td colspan="4">Égetés</td></tr><tr><td>Visszaverő felület</td><td>12</td><td></td><td>209</td></tr><tr><td>Forgó felszín</td><td>5</td><td></td><td>84</td></tr><tr><td colspan="4">Olvasztókemence</td></tr><tr><td>Szénágyas</td><td>3</td><td></td><td>170</td></tr><tr><td>Maradék szén égetés</td><td>1</td><td></td><td>15</td></tr><tr><td>Összesen:</td><td>31</td><td>7</td><td>1 464</td></tr></table>		Működő	Tervezett	Kapacitás (t/nap)	Elektromos olvasztás				Elektromos ív	4	2	655	Plazmaív	4	2	183	Elektromos ellenállás	2	3	148	Égetés				Visszaverő felület	12		209	Forgó felszín	5		84	Olvasztókemence				Szénágyas	3		170	Maradék szén égetés	1		15	Összesen:	31	7	1 464
	Működő	Tervezett	Kapacitás (t/nap)																																														
Elektromos olvasztás																																																	
Elektromos ív	4	2	655																																														
Plazmaív	4	2	183																																														
Elektromos ellenállás	2	3	148																																														
Égetés																																																	
Visszaverő felület	12		209																																														
Forgó felszín	5		84																																														
Olvasztókemence																																																	
Szénágyas	3		170																																														
Maradék szén égetés	1		15																																														
Összesen:	31	7	1 464																																														

3.1.70 táblázat: Az Egyesült Államokban és Japánban a füstgáztisztítási maradékok esetében alkalmazott üvegesítési eljárások

Franciaországban, a Bordeaux közelében fekvő Cenon-ban 1997 óta egy mind a pernye, mind a salak kezelésére alkalmas 0,5 MW-os, plazmát használó olvasztási eljárást használnak. A jelentések szerint ez az üzem a salakot nem, csak az elektrosztatikus porleválasztóból származó pernyét kezeli. A rendszerben ráadásul kén- és halogén anyag tartalma miatt a salak sem kezelhető.

A salak és a pernye savas extrakciója

A salakot és a pernyét a füstgázmosó rendszer első (savas) mosófokozatának savas szennyvizével kezelik. A kezelt maradékokat ezután átmossák és a lerakóban történő ártalmatlanítás előtt rendszerint salakkal keverik.

A folyamat, mely FLUWA eljárás néven is ismert, kombinálja a vízben oldható nehézfémek és sók savas extrakcióját, a (savas) mosó szennyvizének felhasználásával. A mosófolyadék használata előtt a higanyt szűréssel (amikor a mosóba aktív szenet juttatnak) és/vagy speciális ioncserélővel eltávolítják. Mind a kazánhamut, mind a pernyét ezen a módon kezelik. A folyadék/szilárd anyag arány az extrakciós lépésben kb. 4; a pH-t oltott mész beadagolásával 3,5-ös értéken tartják. A kb. 45 percnyi folyamatban töltött idő után a szulfátok (az SO₂ mosóból) gipsz formájában kicsapódnak. A maradékot víztelenítik, majd ellenáramú vízben szalagszűrőn átmossák és végül, általában salakkal elkeverve lerakóban helyezik el.

A leszűrt frakciót a nehézfémek leválasztása érdekében kezelni kell (neutralizáció, kicsapás, és ioncsere). A víztelenített és átöblített szűrőlepeny kb. 25% cinket tartalmaz, ezért kohászati folyamatokban újrahasznosítható.

Az eljárással a teljes nehézfém tartalom jelentős része leválasztható (Cd: ≥85%; Zn: ≥85%; Pb, Cu: ≥33%; Hg: ≥95%). A maradék kimosódási értékei 10²-10³ mértékben csökkennek. A cinket, az alumíniumot és a higanyt újrahasznosítják. Az ökotoxikológiai tesztek

(MICROTOX, Ceriodaphnia, alga növekedés, férgek mortalitási vizsgálata és saláta csíráztatás) a jelentések szerint kedvező eredményeket mutattak.

A salak dioxin-tartalmát növeli, ha a kezelt pernyét a salakkal együtt ártalmatlanítják, a keverék kimosódási tulajdonságai viszont a nagy sűrűség miatt még javulnak is.

A füstgáztisztítási maradékokból származó sók és fémek a szennyvízáramba kerülnek, amely kiengedés előtt kezelést igényelhet.

Az első üzem 1996-ban indították. A legtöbb létesítmény napi 24 órában üzemel, és a keletkező füstgáztisztítási maradékok mennyiségétől függően heti 4-7 napos üzemidővel dolgozik.

A technika csak nedves füstgáztisztítási rendszert használó égetőkben alkalmazható, melyek a kezelt szennyvizet ki tudják engedni.

A füstgáztisztítási maradékok kezelésének költsége kb. 150-250 EUR/t (melyben benne van a cinktartalmú szűrőlepleny hasznosításának 10-13 EUR/t hulladék nagyságú költsége is).

A technika olyan módszert jelent, melyek a maradékok a vonatkozó svájci jogszabályoknak megfelelően kezelhetők, a technika költsége versenyképes az alternatív megoldás költségeivel, amikor is a maradékokat német bányákba szállítják.

Példaüzem:

Üzem (csak TSH)	Ország	Indulás éve
Bern	Svájc	1996
Buchs SG	Svájc	1997
Emmenspitz	Svájc	1998
Liberec	Cseh Köztársaság	1999
Niederurnen	Svájc	2001
Thun	Svájc	2003
Lausanne	Svájc	2005

3.1.71 táblázat: A füstgázkezelési maradékok kezelésére savas extrakciót alkalmazó példaüzemek

Néhány többé-kevésbé hasonló technika szintén felhasználja a savas extrakciót.

Eljárás	Jellemzők
MR	Az MR eljárás a 3R eljáráshoz hasonlóan a savas extrakciót termikus kezeléssel kombinálja. A kazánhamut és a pernyét először az első mosófokozatból származó mosóoldattal átmossák és víztelenítik, majd a maradékot forgódobos kemencében kb. 600°C-on egy órán át kezelik, ahol a dioxinok és a gázállapotú higany megsemmisülnek. A véggázt aktív szén szűrőben kezelik. A szennyvízből leválasztják a nehézfémeket. A második mosófokozatból származó mosóoldatot a salak atmoszférájára, illetve a savas szennyvíz-áramok semlegesítésére használják.
AES	Az AES (Acid Extraction Sulphide – Szulfidok Savas Extrakciója) eljárásban a pernyét a NaOH mosóból származó mosóoldattal és vízzel keverik, ahol a folyadék/szilárd anyag arány 5. Keverés után a pH-t HCl hozzáadásával 6-8 körüli értékre állítják be a nehézfémek extrakciójához, majd a nehézfémek szulfid formában való megkötéséhez kötőanyagként NaHS-t adagolnak a keverékhez. Ezután egy koaguláló adalékanyag hozzáadása következik, majd az iszapot víztelenítik. A szűrőlepleny lerakóba kerül, a szennyvizet pedig a nehézfémek leválasztására további kezeléseket vetik alá.
3R	A 3R eljárás a FLUWA eljáráshoz hasonló, amennyiben itt is a savas mosóból származó mosóoldatot használják a nehézfémek extrakciójához, majd víztelenítést alkalmaznak. A leválasztott szilárd frakció azonban a 3R eljárásban visszakerül a tüztérbe. A FLUWA eljáráshoz hasonlóan a keletkező szennyvíz kezelést igényel.

3.1.72 táblázat: Néhány, füstgáztisztítási maradékok kezelésére savas extrakciót alkalmazó eljárás jellemzői

A nátrium-hidrogénkarbonátot alkalmazó száraz füstgáztisztítási eljárások maradékainak szóda-ipari felhasználást lehetővé tevő kezelése

A nátrium-hidrogénkarbonátot használó száraz füstgáztisztítási eljárások maradékait további kezelésig silókban tárolják. Ezután a maradékokat ellenőrzött pH és bizonyos adalékanyagok alkalmazása mellett oldatba viszik. A keletkező szuszpenziót szűrőprésszel vezetik keresztül, amely az oldhatatlan összetevőket (nehézfém-hidroxidokat, aktív szén és pernyét) leválasztja. A folyamat során nyers sós víz és szűrőlepeny keletkezik.

A nyers sós víz ezután homokszűrőn halad át, majd egy aktív szén oszlopba kerül, amely az összes esetlegesen megmaradt szerves vegyületet abszorbeálja. A nehézfémek utolsó maradványait két ioncserélő gyanta oszlop segítségével távolítják el. A folyamat során a NaCl tartalmú sós víz olyan minőségű lesz, amely lehetővé teszi a szóda iparban való felhasználását.

A szűrőlepeny, a folyamat után maradó egyetlen hulladék (nem több mint 2-4 kg/elégetett TSZH t), lerakóba kerül.

A folyamat kizárólagos végtermékei a tisztított sós víz és a szűrőlepeny. A mosóvíz, a regeneráló gyanta reagensek stb. teljes mennyiségét visszaforgatják az oldási folyamatba, így az üzem nem termel folyékony hulladékot.

A maradékok kezelése csökkenti a lerakóba kerülő anyag mennyiségét. A keletkező sós víz a szóda iparban felhasználható.

A folyamat energiát és nyersanyagot igényel.

Figyelmet kell fordítani arra, hogy a füstgázkezelési maradékokban megkötött szennyező anyagok a kezelés során ne mobilizálódhassanak, és ennek kapcsán kerülhessenek ki a környezetbe.

A technika kevés maradék termelődésével jár, emiatt csökkenhetnek a szállítási igények.

Az üzemet minőségbiztosítási rendszer alapján működtetik, ami többek között biztosítja egyrészt a nyersanyagok, másrészt a tisztított sós víz ellenőrzését.

A nátriumot tartalmazó füstgáztisztítási maradékokat az üzembe érkezéskor analizálják, hogy az összetétel megfelel-e a fogadási követelményeknek.

A létesítményben termelt sós vizet a szóda-előállító egységbe küldés előtt rendszeresen analizálják, hogy tulajdonságai megfelelnek-e az előírásoknak.

Csak a nátrium-hidrogénkarbonátot használó száraz füstgáztisztítási rendszerek maradékai esetében alkalmazható.

A technika szabadalmaztatott eljárás.

A maradékok megkötésével és lerakóban való elhelyezésével összehasonlítva:

- (1) a megkötést az oldható frakció leválasztása elősegíti
- (2) a végső maradékok mennyisége csökken

Az eljárás néhány országban versenyképes alternatívának számít.

A jelentések szerint az üzemeltetési költségek alacsonyak, a legfontosabb gazdasági szempontot a kezelő üzem beruházási költségei képviselik – ennek minimalizálásához az eljárás központosítva is üzemeltethető, ahol a kezelő üzem számos hulladékégetőt kiszolgál.

A füstgáztisztítási maradékok magas ártalmatlanítási költségei fontos motivációnak számítanak az eljárás alkalmazásánál.

Példaüzem:

Az első ipari méretekben működő üzemet úgy alakították ki, hogy a tisztítási és hasznosítási folyamat megvalósíthatósága demonstrálható legyen. Ez az üzem közepes méretekben üzemelt, ezért tervezett kapacitása 350 kg maradék/ó volt, azaz 2 800 t/év. A gyakorlatban némi bővítés után az üzem jelenleg évi 13 000 tonna maradék feldolgozására rendelkezik engedéllyel. Az üzem a különböző olasz égetők fő szolgáltatója.

A nátrium-hidrogénkarbonátot használó száraz füstgáztisztítási rendszerek maradékainak kezelése hidraulikus kötőanyagokkal

A nátrium-hidrogénkarbonátot használó száraz füstgáztisztítási rendszerek maradékait további kezelésig silókban tárolják. A maradékokat ekkor hidraulikus kötőanyagokkal keverik, majd bizonyos adalékanyagokkal együtt vizes oldatba viszik. A keletkező szuszpenzió szűrőprésen halad át, ahol leválasztják az oldhatatlan anyagokat (melyek közt különösen fontosak a nehézfémek). A folyamat termékei sós víz és szűrőlepeny.

A sós vizet tovább tisztítják, hogy az a szódagyártásban hasznosítható legyen.

A hidraulikus kötőanyagokat tartalmazó szűrőlepeny inert anyaggá szilárdul (francia szabvány szerint), amely az erre megfelelő lerakókban ártalmatlanítható.

A folyamat során nem keletkezik folyékony hulladék: A folyamat kimenő termékei az újrahasznosítható sós víz és a szűrőlepeny.

A tisztított sókat a közelben lévő szóda üzemben újrahasznosítják, ahol a sós vízzel az üzemben felhasznált só egy része kiváltható.

A folyamat végére stabilizált és megszilárdult maradékok keletkeznek, melyek az üzemből kikerülve az ezek lerakására engedéllyel rendelkező lerakóba kerülnek.

A folyamat során kevés maradék keletkezik. A szállítási igény, amely az égető és a maradék kezelő egység közti távolságtól függ, korlátozhatja a technika alkalmazhatóságát. A sós víz hasznosításához, a szállítás hatásainak minimalizálása érdekében, a szóda üzemnek szintén a közelben kell elhelyezkednie.

Az üzemet minőségbiztosítási rendszer alapján működtetik, ami többek között biztosítja egyrészt a nyersanyagok, másrészt a tisztított sós víz ellenőrzését.

A nátriumot tartalmazó füstgáztisztítási maradékokat az üzembe érkezésükkor analizálják, hogy az összetételük megfelel-e a fogadási követelményeknek.

A létesítményben termelt sós vizet a szóda előállító egységbe küldés előtt rendszeresen analizálják, hogy tulajdonságai megfelelnek-e az előírásoknak.

Csak a nátrium-hidrogénkarbonátot használó száraz füstgáztisztítási rendszerek maradékai esetében alkalmazható.

A technika szabadalmaztatott eljárás.

A maradékok megkötésével és lerakóban való elhelyezésével összehasonlítva:

(1) a megkötést az oldható frakció leválasztása elősegíti

(2) a végső maradékok mennyisége csökken

Az eljárás néhány országban versenyképes alternatívának számít.

A jelentések szerint az üzemeltetési költségek alacsonyak, a legfontosabb gazdasági szempontot a kezelő üzem beruházási költségei képviselik – ennek minimalizálásához az eljárás központosítva is üzemeltethető, ahol a kezelő üzem számos hulladékégetőt kiszolgál.

A füstgáztisztítási maradékok magas ártalmatlanítási költségei fontos motivációnak számítanak az eljárás alkalmazásánál.

Példaüzem:

A bemutatott üzem Franciaországban található, kapacitása évente 50kt füstgáztisztítási maradék kezelését teszi lehetővé.

55 Zajcsökkentő intézkedések bevezetése a zajvédelmi követelményeknek megfelelően.

Zajvédelem

A hulladékégetés zajvédelmi vonatkozásai hasonlóak a többi nehézipari ágazatéhoz és az erőművekéhez. A kommunális hulladékégetők esetében általános gyakorlat, hogy teljesen zárt épületekben helyezik el őket. Általában ebben az épületben zajlik a hulladék átvétele és kirakodása, a mechanikai előkezelés, a füstgáztisztítás, a maradékok kezelése stb., rendszerint csak a hűtést és a salak hosszútávú tárolását végzik a szabadban.

A külső zajok legfontosabb forrásai:

- hulladékot, vegyi anyagokat és maradékokat szállító teherautók
- daruval végzett műveletek a bunkerben
- hulladék mechanikai előkezelése
- kipufogó ventilátorok, melyek az égetési folyamatból füstgázokat szívnak el, és a kémény kimenetnél zajt okoznak
- a hűtőrendszerből eredő zaj (párologtatás, és főképp léghűtés esetén)
- a salak szállításából és kezeléséből eredő zajok (amennyiben ezeket ugyanott végzik)
- a turbina-generátor zaja

A létesítmény egyéb részei rendszerint nem okoznak jelentős zajkibocsátást, de hozzájárulhatnak az üzem épületeinek általános zajkibocsátásához.

A zajvédelem mértéke és az ebből a célból hozott intézkedések a létesítmény helyét és a kihatások kockázatait tekintve gyakran nagyon specifikusak.

A 3.1.73 táblázat bemutatja a hulladékégető létesítményekből eredő zajok forrásait és szintjét, néhány alkalmazott zajcsökkentő intézkedéssel együtt:

Zaj szempontból releváns területek/fő kibocsátók	Zajcsökkentő intézkedések	Zajszintek L_{WA} dB(A)-ban kifejezve
Hulladék beszállítása, ú.m. a teherautók zaja stb.	A leürítő csarnok minden oldalról zárt.	104-109
Aprítás	Az ollók a leürítő csarnokban.	95-99
Hulladék bunker	Az épület zaj-szigetelése gázbetonnal, szorosra kialakított kapuk	79-81
Kazánház	Körülzárás több-rétegű építménnyel, vagy gázbetonnal, a szellőzőcsatornák hangtompítókkal, szorosra kialakított kapuk	78-91
Gépház	Alacsony zajkibocsátású szelepek, zajszigetelt csövek használata, az épület fentebb leírtak szerinti zajszigetelése	82-85
Füstgáz-tisztítás: - EPL - mosó - szívó ventilátor - kémény - a teljes füstgáz-tisztító rendszer	Zajszigetelés, az épület körülzárása pl. trapéz profilú hullámlemezrel, zajcsökkentő burkolat a szívó ventilátoron, hangtompító a kéményen	82-85 82-85 82-84 84-85 89-95
Maradékanyagok ártalmatlanítása: - salak kibocsátás - rakodás - elszállítás a telephelyről - a maradékanyagokhoz kapcsolódó teljes hulladék-gazdálkodás	Körülzárás, rakodás a bunkerben	 71-72 73-78 (nappal) 92-96 (nappal) 92-96 (nappal) 71-72 (éjszaka)
Léghűtés	Hangtompítók a szívó és nyomó oldalon (ld. még a hűtőrendszerekről szóló BREF-et is további információkért)	90-97
Energia-átalakító berendezés	Alacsony zajkibocsátású kivitel, speciálisan megépített zajszigetelt épületben elhelyezve	71-80
Az üzem teljes zajszintje L_{WA} d Nappal Éjszaka		105-110 93-99
Megjegyzések: a nappal/éjszaka feltüntetése azt jelzi, hogy a tevékenységet rendszerint nappal vagy éjszaka végzik		

3.1.73 táblázat: Hulladékégetők zajforrásai

A fent leírt zajcsökkentő intézkedésekkel egy adott létesítményre a helyi körülményeknek megfelelően megállapított zajkibocsátási határértékek nappal és éjszaka is biztonságosan betarthatók.

Az építési szakasz úgyszintén zajjal jár. Ez, főként az elhelyezkedéstől függően, a szomszédos lakott területeken számottevő zajterhelést okozhat. Zajforrásként három építési szakasz jelentős azonos mértékben:

- a munkagödör kiásása, a föld kitermelése
- az alapozás (beleértve a cölöpök leverését)
- az épület külső falzatának építése.

Lehet megfelelő intézkedéseket hozni, mint pl. az üzemórák korlátozása, főként éjszaka, alacsony zajkibocsátású építőgépek használata, ideiglenes szerkezeti zajszigetelő megoldások. Néhány tagállamban ilyen jellegű speciális jogi előírások is léteznek.

56 Környezetvédelmi vezetés alkalmazása. Néhány környezetvédelmi vezetési technika BAT-nak minősül. A KVR alkalmazási köre (pl. részletessége) és jellege (pl. szabványosított vagy nem szabványosított) általában a létesítmény jellegével, tevékenységi körével és komplexitásával, illetve az általa okozott esetleges környezeti khatásokkal függ össze. A környezetvédelmi vezetési rendszerek (KVR) alkalmazása azok előírásainak pontos betartása BAT-nak minősül, ahol a KVR az adott körülményektől függően az alábbiakat foglalja magában:

- a felső vezetés meghatározza a létesítmény környezeti politikáját (a felső vezetés elkötelezettsége alapfeltételnek számít a KVR további előírásinak alkalmazása során)
- a szükséges eljárások megtervezése és kialakítása
- az eljárások bevezetése, kiemelt figyelmet fordítva
 - a szervezeti felépítésre és a felelőségekre
 - a képzésre, tudatosságra és kompetenciára
 - a kommunikációra
 - az alkalmazottak bevonására
 - a dokumentációra
 - a hatékony folyamatszabályozásra
 - a vészhelyzeti készenlétre és a reagálásra
 - a környezetvédelmi jogszabályoknak való megfelelésre
- a teljesítmény ellenőrzése és a helyesbítő tevékenységek elvégzése, kiemelt figyelmet fordítva:
 - a monitorozásra és a mérésre (ld. a kibocsátások monitorozásának referenciadokumentumát)
 - a helyesbítő és megelőző tevékenységekre
 - a feljegyzések megőrzésére
 - ahol ez megvalósítható, a független belső auditra, annak megállapítására, hogy a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e a terveknek, illetve bevezetése és működtetése megfelelő-e
- a felső vezetés által végzett felülvizsgálat

Az alábbiakban felsorolt három további alkalmazás a fentieket támogató intézkedésnek tekinthető (a támogató intézkedések sorrendje követi a nekik megfelelő pontok fenti sorrendjét). A támogató intézkedések hiánya nem feltétlenül összeférhetetlen a BAT-tal. A három támogató intézkedés:

- a vezetési rendszer és az auditálási eljárás akkreditált tanúsítási testület vagy független KVR hitelesítő által elvégzett értékelése és hitelesítése
- környezeti nyilatkozat elkészítése és közzététele (lehetőség szerint független fél által végzett hitelesítése), amely a létesítmény valamennyi lényeges környezeti vonatkozását leírja, és lehetővé teszi az évről-évre való összehasonlítást a környezeti szempontú célkitűzések és célok terén, valamint a gazdasági-ipari szektor benchmark (index)-jellegű más mutatószámaival való összehasonlítást, ahol lehetséges.
- Valamilyen nemzetközileg elfogadott rendszer -mint amilyen például az EMAS és az EN ISO 14001:2004— önkéntes bevezetése és az ennek megfelelő üzemeltetés. Egy ilyen rendszer bevezetése nagyobb megbízhatóságot biztosít a KVR-nek, különösen az EMAS. Elvileg azonban a nem-szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, megfelelő tervezés és bevezetés esetén.

Főleg a hulladékégetés által képviselt ipari szektorban fontos a KVR alábbi lehetséges elemeinek megfontolása:

- az üzem végső leszerelésével kapcsolatos környezeti khatások figyelembe vétele, már az új üzem megtervezése során
- tisztább technológiák kifejlesztésének megfontolása
- ahol lehetséges, rendszeres összehasonlítások elvégzése a szektoron belüli indexekkel, az alábbi területeken: energiahatékonyság és energia megtakarítás, a bemenő anyagok megválasztása, a levegőbe történő kibocsátások, a vizekbe történő kiengedések vízfogyasztás, hulladéktermelés
- eljárások kialakítása és működtetése az új létesítmények az üzembe helyezés lépéseire, ami rendszerint magában foglalja:
 - a munkálatok részletes programjának előzetes elkészítését, amely bemutatja az üzembe helyezési programot is
 - a képzési szükségleteknél kezdeti hiányelemzést, a képzési igények üzembe helyezés előtti felmérésére
- az európai és helyi követelményeknek megfelelő egészségügyi és biztonsági szükségletek
- a létesítményre vonatkozó megfelelő és frissített dokumentáció rendelkezésre állása
- vészhelyzet- és balesetmegelőzés tervezése, általában az alább esetekre vonatkozó eljárások bevonásával:
 - nagyobb tűz
 - nagyobb robbanás
 - merénylet/robbantás
 - betolakodók
 - alkalmazott/látogató/szerződő fél komolyabb sérülése/halála
 - közlekedési baleset
 - lopás
 - környezeti esemény
 - áramkimaradás
- az az eset, mikor az üzem üzembehelyezés és a beüzemelés a normális szabályozáson felüli kibocsátásokkal járhat

Minden hulladékégetőben, főleg a veszélyes hulladékokat is fogadó létesítményekben az alkalmazottak képzési programjai fontos részét képezik minden biztonsági rendszernek, különösen az alábbi területeken nyújtott képzések esetében:

- robbanás- és tűz megelőzés

- tűzoltás

- kémiai kockázatok (címkézés, rákkeltő anyagok, mérgek, korrózió, tűzveszély), szállítás ismerete

3.2. SPECIFIKUS BAT A TELEPÜLÉSI HULLADÉKOK ÉGETÉSÉRE

A 3.1. alfejezetben felsorolt általános intézkedések mellett a települési hulladékok égetésére általánosságban vonatkozó specifikus BAT-nak számít:

57 Mindennemű hulladék szigetelt felszínen, szabályozott vízelvezetésű, tetővel rendelkező, fallal körbezárt épületekben tárolása, (kivéve az eltárolásra külön előkészített, vagy nagy méretű és potenciálisan alacsony szennyezési kockázatot képviselő tételek pl. bútorok).

58 A hulladék (rendszerint későbbi égetés céljából történő) felhalmozása esetén a hulladék bálázása, vagy olyan tárolásra való előkészítése, ahol a bűzszenyezés, állati kártétel, szemet szétszóródás, tűz és kimosódás kockázata hatékonyan szabályozható.

A szilárd hulladék összetartása bálázással vagy más módszerrel

Amikor az égetőbe nagy mennyiségű hulladék érkezik, és a hulladékfogadási képesség meghaladja az üzem égetési teljesítményét, a hulladékot műanyag fóliával körültekerik és eltárolják. A karbantartás vagy egyéb leállás közben fogadott hulladék szintén tárolásra kerül. A technika egyes hulladéktípusok hosszabb távú tárolását is lehetővé teszi, és hatékonyan növeli a létesítmény hulladéktárolási kapacitását.

Amikor az érkező hulladék mennyisége csökken, a megtermelt hő iránti igény nő, vagy amikor az energia eladási ára (elektromos áram vagy hő) felmegy, az eltárolt hulladék visszavezethető a létesítménybe bemenő fő hulladékáramba.

A bálázáshoz használt gépek és anyagok hasonlóak az állati takarmány bálázására bizonyos területeken használt eszközökhöz. A hulladékot tömörítik, majd nagyméretű, általában kb. 1 m magas és 1 m átmérőjű hengerekben vékony műanyag fóliába csavarják. A bálán belül az oxigén hamar elfogy, és utánpótlására nincs lehetőség, mivel a levegő még a külső műanyag borítás felszakadása esetén sem képes behatolni a megfelelően tömörített bálákba.

A bálázás, illetve a hosszú távú hulladéktárolás legfőbb előnye, hogy segítségével kompenzálhatóak a beérkező hulladék mennyiségi ingadozásai, és a folyamat folyamatosan, egyenletesen üzemeltethető.

A bálázás három legfontosabb környezeti haszna a következő:

- A máshova küldött hulladék mennyiségének minimalizálása – az üzem egészének vagy egy-egy feldolgozó sornak a leállása esetén a hulladék bálázható és később, mikor az üzem vagy a feldolgozósor újraindul, elégethető.
- Az üzemkialakítás optimalizálása. Az üzem egész éven át kiegyensúlyozott terhelés mellett üzemeltethető.
- A kinyert energia magasabb értéke: az eltárolt hulladékot akkor égetik el, amikor nagyobb az igény a megtermelt energiára, vagy az energia magasabb áron adható el.

Az alábbi, tárolással kapcsolatos kockázatok kezelésére megfelelő intézkedéseket kell bevezetni:

- bűz
- állati kártétel
- szétszóródás
- tűzveszély
- csurgalékvizek (amikor a csapadék bejut a bálázott hulladékba)

A városok központi részében üzemelő létesítményekben, vagy más helyszíneken, ahol a közelben lakók érzékenyen reagálhatnak, a hulladéktárolással kapcsolatos problémák (pl. bűz) megfelelő kezelése komplikáltabb vagy drágább lehet.

A technikára kisebb az igény olyan létesítmények esetében, melyek több technológiai sort üzemeltetnek, mert az ilyen rendszerekben a szakaszos karbantartás lehetősége önmagában is biztosít némi üzemeltetési rugalmasságot, itt bizonyos mértékű égetési kapacitás folyamatosan rendelkezésre áll.

A technika olyan körülmények közt alkalmazható, ahol hulladéktárolást végeznek, és a tárolás megoldható úgy, hogy a környezeti elemek közti kölcsönhatások (ld. feljebb) nem adnak okot különösebb aggodalmakra. Veszélyes hulladékok, és előkezelt illetve kevert TSZH esetében egyaránt alkalmazható, bár a gyakorlatban nem elterjedt.

Kiemelten veszélyes hulladékok esetében nem alkalmazható, mert a hosszabb távú tárolás (közvetett vagy közvetlen) kockázatai valószínűleg meghaladják a lehetséges előnyöket.

Az energia drágábban, vagy nagyobb igényekhez igazodva történő eladása növelheti a bevételeket.

A technika célja, hogy adott időszakon, pl. egy éven át a költségeket a járulékos jövedelmek segítségével csökkentsék. Ezek a jövedelmek abból származnak, hogy akkor is végezhető égetés, amikor erre egyébként nem lenne lehetőség (pl. nem érkezik be hulladék), illetve, amikor a megtermelt energiára nagyobb az igény (és emiatt nőnek az árak). A technika alkalmazása tehát valószínűleg ott jár a legnagyobb haszonnal, ahol (a) eladják a hőt és (b) az energiapiac változó.

A változó energiaárak olyan helyzetet teremthetnek, ahol kiegészítő égetési kapacitásra lehet szükség az igények kielégítésére – ezekben az időszakokban a tárolt hulladék elégethető.

Azokon a területeken, ahol a népsűrűség szezonálisan változik (pl. üdülőövezetek) szezonról függően nagyon eltérő mennyiségű elégethető hulladék keletkezhet. A hulladék tárolása rugalmasságot biztosít, így a hulladékot csak a kapacitás felszabadulása, vagy növekvő energiaigények esetén égetik el.

59 A hulladék előkezelése a homogenitás, illetve ezen keresztül az égési jellemzők és a kiégés javítása céljából, a következő módszerekkel:

a. keverés a bunkerben (ld. a 11. BAT pontnál) és

b. aprítás és zúzás alkalmazása égetésre szánt, nagyméretű hulladék pl. bútorok esetében, az alkalmazott égetési rendszernek megfelelő mértékig. A rostélyok és forgódobos kemencék (ahol ezeket használják) általában alacsonyabb fokú előkezelést igényelnek (pl. hulladék keverése a nagyobb darabok zúzása mellett), míg a fluidágyas rendszerek fokozottabb hulladék szelekciót és előkezelést igényelnek, rendszerint a TSZH teljes felaprítása mellett.

Kevert települési hulladék aprítása

A kezeletlen települési hulladék durva aprítása (azaz amikor nem finom aprítást végeznek) az alábbi eszközökkel végezhető el:

- alligátorolló
- hulladékaprító (shredder)
- hulladékőrölő malom
- forgóképes aprító
- hulladékzúzó

Javul a hulladék homogenitása, ezáltal egyenletesebbé válik az égés, illetve a kemencéből származó kibocsátások csökkennek és stabilabbá válnak. A nyersgáz egyenletesebb összetétele lehetővé teszi a füstgáztisztítás javuló optimalizálását. Csökkenhet a hulladékot a kemencébe továbbító beadagoló rendszerben, a salakkihordás során és a szállító rendszerekben az eltömődések száma, ami viszont csökkenti az állásidőt és leállások számát.

A nagyméretű hulladék aprításának bevezetése egy kommunális hulladékégetőben a jelentések szerint az üzemelési jellemzőket és a kiegészítő mértékét 3% TOC-ról 1%-hoz közeli értékekre javította.

Az aprító berendezések mechanikai alapon működnek, ezért

- az aprítás növeli az energiafogyasztást
- szükségessé válhat a berendezés hangszigetelése
- por- és zajszennyezéssel kell számolni – az aprító légtere szabályozott módon beköthető az égéslevegő ellátó rendszerbe
- járulékos robbanás-, tűz- és balesetveszély
- az aprító eltömődése további leállásokat/indításokat és üzemkieséseket okozhat

A nagyméretű hulladék TSZH égetőkben végzett aprításával kapcsolatos zaj-, bűz- és egyéb kibocsátások csökkenthetők, ha az aprítót a hulladékfogadó csarnokban helyezik el. Egyes esetekben az aprító berendezést a bunkerrel belülről tervezik, ilyenkor az aprított hulladék közvetlenül a bunkerbe hullik.

Az aprító berendezések hajlamosak az eltömődésre és a fizikai károsodásokra, amennyiben bizonyos anyagokat nem zárnak ki a folyamatból.

Az aprító töltését végző kezelők számára speciális képzést kell biztosítani, ahol elsajátíthatják a problematikus anyagok és tételek felismerését.

Rostélytüzeléses rendszerek használata mellett az anyag aprítás utáni szemcsemérete nem lehet túl apró, különben nagyon megnő a rostélyáthullás mennyisége. Forgódobos és fluidágyas kemencéknél nincs minimum méretre vonatkozó követelmény. A fluidágyas rendszerekben a túl nagy méretű darabok problémákat okozhatnak, mert eltömhetik a salakkihordó rendszereket vagy a beadagoló berendezéseket; egyes gyártók az 50 mm körüli szemcseméretet javasolják. Forgódobos kemencék esetében a kívánatos szemcseméret a forgódob bementi nyílásától függ.

Minden heterogén szilárd hulladékot, pl. kezeletlen települési vagy csomagolt veszélyes hulladékot fogadó üzemben alkalmazható. A homogénebb tüzelőanyagok lehetséges környezeti haszna leginkább az égetés és az azt követő fázisok során nyilvánul meg. Ezt a hasznat össze kell hasonlítani a kiegészítő hulladékkezelés lehetséges hátrányaival (ld. feljebb, a környezeti elemek kölcsönhatásainál). Az, hogy az előnyök vagy a hátrányok nyomnak többet a latban, nagymértékben függ az átvett hulladék jellegétől és az alkalmazott

égetési technológiától. Működő létesítményekben a kiegészítő hulladékkezelés nem feltétlenül jár jelentős üzemeltetési vagy környezeti előnyökkel. A rostélytüzelésű égetők esetében a legkevésbé valószínű, hogy a kevert TSZH intenzív aprítása nagyobb előnyökkel járna, mint a nagyobb darabos hulladék durva aprítása.

Az aprítás járulékos költségei a jelentések szerint durva aprítás esetében a 10 EUR/t hulladék nagyságrendbe esnek, de magasabb, 30 EUR/t-s értékekről is érkeztek információk.

A füstgáztisztítási rendszer optimalizálása megtakarításokat eredményezhet. Az ilyen megtakarítások inkább az új létesítmények esetében valószínűek, ahol így kisebb méretű füstgáztisztítási rendszerek alkalmazására nyílik lehetőség.

Példaüzem:

Számos kisebb (35 000 t/év) kommunális hulladékégető Norvégiában (pl. Energos).

60 Olyan rostélykialakítás alkalmazása, amelyben biztosítható a rostély megfelelő hűtése, és ahol a primer égéslevegő beállítása főként az égésszabályozást célozza, és csak kisebb mértékben a rostély hűtését. A jól elosztott hűtőlevegő áramlás mellett üzemelő léghűtéses rostélyok általában a hulladék kb. 18 MJ/kg átlagos alsó fűtőértékig jól alkalmazhatók. Magasabb fűtőértékű hulladékok esetében víz- (vagy egyéb folyadék) hűtésre lehet szükség, elkerülendő a primer égéslevegő felesleges befúvatását (azaz az optimális égésszabályozást lehetővé tevő primer égéslevegő mennyiségének meghaladását), mellyel egyébként a rostély hőmérséklet, valamint az égési zóna hossza és pozíciója a rostélyon szabályozható lenne.

Égetőrostélyok hűtése

A rostélyokat azért hűtik, hogy a rostélypálcák hőmérsékletének szabályozásával növeljék a rostély élettartamát. Hűtőközegként levegőt vagy vizet használnak (más folyadékok, pl. olajok vagy egyéb hővezető folyékony anyagok szintén alkalmazhatók).

A rostély alatt befúvatott levegő áthalad a rostélypálcák között. Ennek a levegőnek a legfontosabb feladata az oxidációhoz szükséges oxigén biztosítása, ezért térfogatáramát is ennek megfelelően szabályozzák. A levegő ugyanakkor a rostélyt is hűti, ami a léghűtéses rostélyok esetében a hűtés egyetlen lehetősége. Amikor több levegőt fúvatnak be, a hűtés mértéke is megnő, viszont nagyobb mennyiségű füstgáz keletkezik.

A folyadékhűtéses rostélyoknál a rostély belsejében egy folyadékkeringtető körvezeték található. Minél nagyobb a folyadék hőelvezető kapacitása, annál előnyösebb a folyadékhűtéses rostély használata azokban a helyzetekben, ahol a léghűtés lehetőségei korlátozottak, különösen magas alsó fűtőértékű (pl. >10 MJ/kg) hulladékok égetése esetén.

A folyadék a hőmérsékleti különbségek fenntartása érdekében a rostély hűvösebb részei felől a forróbb területek felé áramlik. A folyadék hőmérséklete megfelelő indikátor lehet a rostélyon elhelyezkedő hulladékágyban lezajló reakciók (változó arányban endoterm és exoterm) jellegének monitorozása során. Ezek a reakciók ezután a rostély megfelelő részén a hulladékba fúvatott levegő mennyiségének változtatásával szabályozhatók. A hűtésre és égetésre szolgáló levegő elválasztása javíthatja a folyamatszabályozást.

Mind a léghűtéses, mind a vízhűtéses rostélyok biztosítják a hulladék hatékony kiégetését.

A magasabb alsó fűtőértékű hulladékok esetében a folyadékhűtéses rostélyok használata az égési folyamatok szabályozásának kismértékű javulását eredményezi, mivel az ilyen hulladékok által igényelt kiegészítő hűtőkapacitást a folyadék biztosítja, tehát nincs szükség több levegő befúvatására. Ennek eredményeként lehetségessé válik a befúvatott primer levegő mennyiségének csökkentése, melynek nyomán csökken a keletkező füstgázok teljes mennyisége is.

A léghűtéses rostélyokat igen széles körben alkalmazzák, települési hulladékok, és egy sor más, többnyire szilárd hulladék esetében a megoldás bevált technikának számít. A léghűtéses rostélyok a jelentések szerint igen megbízhatóak, hatékony teljesítményt nyújtanak, és hosszú az élettartamuk. A léghűtéses rendszerek valamivel kevésbé bonyolultak, mint a folyadékhűtést alkalmazók, ami üzemeltetési előnyökkel járhat. A léghűtéses rostélyok használata Európában általános gyakorlat, az elégetett TSZH kb. 90%-át léghűtéses rostélyokat használó üzemekben kezelik.

A folyadékhűtéses rostélyok esetében a hűtés hatékonysága nő, mivel a folyadék közvetlenül a rostély belsejében kering. A hő hatására keletkező károk csökkenthetők és még magas fűtőértékű hulladékok esetében is lehetséges a 4 évet meghaladó élettartam biztosítása. A rostélypálcák gyári kialakításának biztosítania kell a repedések és szivárgások okozta problémák elkerülését, és ezáltal a létesítmény megfelelő üzemkészségét. A rostélyhőmérséklet szabályozásának javításához gondosan kialakított, komplikált folyadék-körvezetékre van szükség, amennyiben minden rostélypálca egyedi folyadékellátását biztosítani kell. Ennek alternatívája lehet, ha hőmérséklet szabályozásához a rostélyt zónákra osztják.

A magasabb fűtőértékű hulladékok égetése esetén kialakuló magas hőmérsékletek mellett a folyadékhűtés a rostélynak hosszabb élettartamot biztosíthat a csökkenő korróziós hatások miatt, ugyanakkor a léghűtéses rendszerekhez viszonyítva nagyobb a kockázata annak, hogy a rostély károsodik, mégpedig a hűtőfolyadék esetleges szivárgása miatt.

Az üzemeltetési tapasztalatok azt mutatják, hogy a vízhűtéses rostélyoknál gyakorlatilag az összes szivárgás a rostélylépcsők közötti kapcsolódásoknál, illetve a lépcső és a hűtőkör gyűjtőcsövének találkozásánál keletkezik. A hűtőkör meghibásodásának kockázata ezért az ilyen jellegű kapcsolódási pontok számának csökkentésével minimalizálható. A kevés kapcsolódási pontot tartalmazó folyadékhűtéses rostély-kialakításokat előnyösebbek. Egy vízhűtéses rostélylépcső élettartama meghaladhatja a 35 000-40 000 üzemórát.

A rostélyok jellemző tulajdonsága, hogy igen robusztus kialakításúak és szinte minden, többnyire szilárd hulladéktípusnál alkalmazhatók, ideértve a nagyon heterogén hulladékokat is. Települési hulladékok kezelésére mind a folyadék-, mind a léghűtéses rostélyokat alkalmazzák, a TSZH-nak nagyjából 90%-át léghűtéses rostélyokon égetik el.

A folyadékhűtéses rostélyokat általában ott alkalmazzák, ahol speciális igény lép fel a rostély kiegészítő hűtésére, azaz ahol a hulladék alsó fűtőértéke magasabb (pl. 10-13 MJ/kg feletti, a rostély típusától függően).

A léghűtéses rostélyok beszerzése gazdaságosabb, mint a folyadékhűtéses rendszereké.

A rostély károsodásának kockázata, és az ehhez kapcsolódó állásidő és javítási költségek a nem léghűtéses rendszerek esetében nagyobbak lehetnek, mivel a hűtőfolyadék szivárgása károkat okozhat (ld. feljebb, az üzemeltetési adatoknál).

A rostély hűtési rendszerét általában úgy választják meg, hogy mérlegelik a kezelendő hulladék fűtőértékétől és összetételétől függő üzemeltetési előnyöket és hátrányokat. Az adott körülményektől (azaz főleg a rostély és a hulladék típusától) függően elképzelhető lehet, hogy a folyadékűtéses rostélyokon magasabb fűtőértékű hulladékok kezelhetők, mint a léghűtéses rostélyokon.

61 Az új létesítmények olyan elhelyezése, hogy a CHP kapacitás és/vagy a megtermelt hő és/vagy gőz hasznosítása maximalizálható legyen, és 2,9 MWh/tonnás átlagos alsó fűtőértékre alapozva az összes energiatermelésre vonatkoztatva általánosságban biztosíthatók legyenek az 1,9MWh/t TSZH-t meghaladó értékek (ld. 3.2.1 táblázat).

Hő	Mértékegység	Minimum	Átlag	Maximum
Termelés	MWh _{hő} /t hulladék	1,376 (45,9%)	1,992 (65,8%)	2,511 (74,3%)
	GJ _{hő} /t hulladék	4,953	7,172	9,040
Átadás	MWh _{hő} /t hulladék	0,952 (29,9%)	1,786 (58,8%)	2,339 (72,7%)
	GJ _{hő} /t hulladék	3,427	6,600	9,259

Megjegyzések:

1. Minden számadat mért adat (vagyis nem faktorizált ekvivalensek).
2. A százalékos hatékonysági érték zárójelben szerepel (szintén nem faktorizált) és figyelembe veszi a hulladékon kívül a tüzelőanyagból előállított energiát is.
3. A termelés számai a kazán által megtermelt összes hőt tartalmazzák.
4. Az átadás adatai nem tartalmazzák azt a hőt, ami keletkezett, de fel is használódott a folyamatban.

3.2.1 táblázat: Egy tonna TSZH-ból keletkező és átadott hő értékek

62 Azokban az esetekben, mikor a 2,9 MWh/tonnás átlagos alsó fűtőértékre alapozva nem biztosítható az 1,9 MWh/t TSZH feletti energiatermelés, az alábbiak közül a nagyobbik minősül BAT-nak:

- a. éves átlagban 0,4-0,65 MWh elektromos áram/t TSZH termelése (2,9 MWh/tonnás átlagos alsó fűtőértékre alapozva, ld. a 2.11 és 3.2.2 táblázatokat), kiegészítő hő/gőztermeléssel, amennyire ezt a helyi körülmények engedik⁸ vagy**
- b. legalább annyi elektromos áram termelése a hulladék elégetése során, amennyi az egész létesítmény átlagos áramigénye ideértve (ahol használják) a létesítményen belüli előkezelést és maradék kezelést is (ld. 3.2.3 táblázat).**

⁸ A hő/gőz közvetlen felhasználása (kivitel és/vagy saját fogyasztás) csökkenti az áramtermelést, ezáltal valamilyen hőigény kiszolgálása azzal járhat, hogy tonnánként kevesebb, mint 0,4 MWh elektromos áram termelődik

Hő	Mértékegység	Minimum	Átlag	Maximum
Termelés	MWh _{áram} /t hulladék	0,415 (12,9%)	0,546 (18%)	0,644 (22%)
	GJ _{áram} /t hulladék	1,494	1,966	2,319
Átadás	MWh _{áram} /t hulladék	0,279 (8,7%)	0,396 (13%)	0,458 (18%)
	GJ _{áram} /t hulladék	1,004	1,426	1,649

Megjegyzések:

1. Minden számadat mért adat (vagyis nem faktorizált ekvivalensek).
2. A százalékos hatékonysági érték zárójelben szerepel (szintén nem faktorizált) és figyelembe veszi a hulladékon kívül a tüzelőanyagból előállított energiát is.
3. A termelés számai a megtermelt összes elektromos áramot tartalmazzák.
4. Az átadás adatai nem tartalmazzák azt az elektromos áramot, ami keletkezett, de fel is használódott a folyamatban.
5. A nettó fűtőérték átlag 2,9 MWh/t volt.

3.2.2 táblázat: Egy tonna TSZH-ből keletkező és átadott elektromos áram értékek

Az eljárás típusa	A megvizsgált üzemek száma	Minimum	Átlag	Maximum
CHP P _{lef} (CHP)	50	0,6	2,0	7,1
Csak elektromos áram P _{lef} (áram)	8	0,6	1,2	1,6
Csak hő P _{lef} (hő)	15	1,0	2,8	7,1

Megjegyzés:
Mivel a számítás nem veszi figyelembe a hulladék energia-tartalmát, csak a hasonló (kórházi) hulladékot égető égetők hatékonyságának összehasonlítását teszi lehetővé.

3.2.3 táblázat: Az átadott és elfogyasztott energia aránya különböző hulladékégetőkben

* a P_{lef} az üzem hatékonysági potenciálját jelöli

63 A létesítmény átlagos elektromos áram igényének csökkentése (az előkezelést vagy a maradékok kezelését nem számítva), hogy az általában 0,15 MWh/t kezelt TSZH alatt maradjon (ld. 3.2.4 táblázat és a 32. BAT pontnál), 2,9 MWh/t TSZH átlagos alsó fűtőértékre alapozva.

Energiaigény típusa	Mértékegység	Minimum	Átlag	Maximum
Elektromos áram (abszolút)	MWh _{áram} /t hulladék	0,062	0,142	0,257
	GJ _{áram} /t hulladék	0,223	0,511	0,925
Hő (abszolút)	MWh _{hő} /t hulladék	0,021	0,433	0,935
	GJ _{hő} /t hulladék	0,076	1,559	3,366
Összes igény (ekvivalens)	MWh _{eq} /t hulladék	0,155	0,575	1,116
	GJ _{eq} /t hulladék	0,558	2,070	4,018

Megjegyzések:

1. Minden számadat mért adat (vagyis nem faktorizált ekvivalensek).
2. A százalékos különbség zárójelben szerepel (szintén nem faktorizált) és figyelembe veszi a hulladékon kívül a tüzelőanyagból előállított energiát is.
3. A termelés számai a kazán által megtermelt összes hőt tartalmazzák.
4. Az átadás adatai nem tartalmazzák azt a hőt, ami keletkezett, de fel is használódott a folyamatban.

3.2.4 táblázat: 50 európai TSZH égető elektromos áram, hő és összes energiaigénye egy tonna kezelt hulladékra

3.3. SPECIFIKUS BAT ELŐKEZELT VAGY VÁLOGATOTT TELEPÜLÉSI HULLADÉK ÉGETÉSÉRE

A 3.1. alfejezetben felsorolt általános intézkedések mellett az előkezelt vagy válogatott települési hulladékok (ideértve a települési hulladékokból előállított másodlagos tüzelőanyagokat is) égetésére általánosságban BAT-nak számít:

64 *A hulladék tárolása*

a. zárt garatokban, vagy

b. szigetelt felszíneken, szabályozott vízelvezetésű, tetővel rendelkező, fallal körbezárt épületekben.

65 *A hulladék (rendszerint későbbi égetés céljából történő) felhalmozása esetén a hulladék bálázása (ld. az 58. BAT pontnál), vagy olyan tárolásra való előkészítése, ahol a bűzszenyezés, állati kártétel, szemet szétszóródás, tűz és kimosódás kockázata hatékonyan szabályozható.*

66 *Új és meglévő létesítmények esetében az alábbiak közül a nagyobbik minősül BAT-nak:*

a. éves átlagban általában legalább 0,6-1,0 MWh elektromos áram/t hulladék termelése (4,2 MWh/t átlagos alsó fűtőértékre alapozva)

b. legalább annyi elektromos áram termelése a hulladék elégetése során, amennyi az egész létesítmény átlagos áramigénye ideértve (ahol használják) a létesítményen belüli előkezelést és maradék kezelést is.

67 *Az új létesítmények olyan elhelyezése, ahol*

a. a megtermelt 0,6-1,0 MWh/t elektromos áram mellett a hő és/vagy gőz is hasznosítható (CHP), az eladásra termelt hő mennyisége általában 0,5-1,25 MWh/t hulladék (ld. 3.5.4.3. alfejezet) körül alakul (4,2 MWh/t átlagos alsó fűtőértékre alapozva),

b. ahol nem termelnek elektromos áramot, az eladásra termelt hő mennyisége elérheti a 3 MWh/t hulladék értéket (4,2 MWh/t átlagos nettó fűtőértékre alapozva).

68 *A létesítmény elektromos áram igényének csökkentése, hogy az általában (az előkezelést vagy a maradékok kezelését nem számítva) 0,2 MWh/t kezelt hulladék alatt maradjon (ld. 3.2.4 táblázat és a 32. BAT pontnál), 4,2 MWh/t hulladék átlagos alsó fűtőértékre alapozva.*

3.4. SPECIFIKUS BAT A VESZÉLYES HULLADÉKOK ÉGETÉSÉRE

A 3.1. alfejezetben felsorolt általános intézkedések mellett a veszélyes hulladékok égetésére általánosságban BAT-nak számít:

69 A 4. BAT pontban felsorolt, minőséget szabályozó eszközökön kívül egyéb, specifikus rendszerek és eljárások használata a veszélyes hulladék-égetőben, a hulladék eredete szerinti kockázat-alapú megközelítést alkalmazva a tárolásra/kezelésre szánt hulladék címkézése, ellenőrzése, mintázása és elemzése során (ld. a 4. BAT pontnál). Az elemzéseket az arra képesítéssel rendelkező alkalmazottak végezzék el, a megfelelő eljárások alkalmazása mellett. Rendszerint az alábbiak vizsgálatát követelik meg:

- fűtőérték
- lobbanáspont
- PCB-k
- halogének (pl. Cl, Br, F) és kén
- nehézfémek
- hulladékok összeférhetősége és reakciókészsége
- radioaktivitás (amennyiben az üzem nem rendelkezik a 4. BAT említett, üzem bejáratánál elhelyezett beépített sugárzásdetektorokkal).

A hulladék keletkezési körülményeinek vagy eredetének ismerete szintén fontos, mert a veszélyes hulladékok bizonyos tulajdonságait (pl. toxicitás vagy fertőzőképesség) analitikai úton nehéz meghatározni.

70 A hulladék homogenitásának, égési tulajdonságainak és kiegészi fokának javítása érdekében a biztonsági vonatkozások megfelelő figyelembevételével végzett keverés, vegyítés és előkezelés. Ezekre a műveletekre példa a hordós és csomagolt veszélyes hulladék aprítása. Az aprítást (amennyiben használják) inert atmoszférában kell végezni.

Hordós és csomagolt veszélyes hulladékok aprítása

A csomagolt folyékony hulladékok és csomagolt vagy ömlesztett szilárd hulladékok előkezelésével olyan keverék állítható elő, ami lehetővé teszi a hulladék folyamatos kemencébe adagolását. Az erre alkalmas hulladékokat szivattyúzható formába alakíthatják, hogy utána az anyagot a kemencébe szivattyúzzák vagy fecskendezzék, vagy felaprítják, és a tároló bunkerbe juttatják, ahol a szilárd és folyékony frakciók elválnak egymástól, majd ezeket elkülönítve, markolók és szivattyúk segítségével a kemencébe adagolják.

A csomagolt, alacsony vagy közepes viszkozitású folyékony hulladékokat tartalmazó raklapokat 5-10cm-es darabokra aprítják. A felaprított hulladékot ezután a tartályokba való továbbítás előtt átszűrhetik. A kiszűrt műanyag a kemencébe kerül, a vasfémeket mágneses leválasztóval mosásra és újrahasznosításra eltávolítják. Más esetekben a hulladékot nem szűrik, hanem a folyékony hulladékok és a felaprított szilárd részek keverékét valamilyen folyadékkal, pl. hulladékolajjal hígítva a kemencébe szivattyúzzák.

A folyékony hulladékot kondicionáló tartályba szivattyúzzák, ahol a viszkozitási követelmények betartása érdekében a kemencébe szivattyúzás előtt ömlesztett tételekből származó oldószer-hulladékkal keverhető.

A csomagolt és ömlesztett szilárd hulladékot nehéz aprító-vágóban elkülönítve felaprítják. A shredder magas áramfogyasztása jelzi, ha a keverék állaga túl szilárd a szivattyúzáshoz, ilyenkor a hulladékhoz egy csővezetéken hulladék olajat adnak. Ha a keverék túlságosan híg (alacsony viszkozitású), ömlesztett szilárd hulladékot lehet hozzá adagolni. A keveréket végül dugattyús szivattyúval adagolják be a kemencébe.

A tűz-és robbanásveszély mérséklése érdekében az összes berendezés nitrogén atmoszférában üzemel. A hulladék betáplálására légmentesen záró ajtókat használnak.

A folyamatos beadagolásnak köszönhetően:

- javul az égetési teljesítmény és csökkennek a CO- és VOC-csúcsok
- a kazánokon átáramló gát stabil áramlási tulajdonságai miatt javulnak a hőkinyerés átlagos értékei
- a füstgáztisztítási rendszer üzemelési körülményei stabilabbá válnak
- csökken a robbanások kockázata a kemencében
- a hőszigetelő bélés stb., sérülései miatti állásidő aránya csökken

Az égetés előtt leválasztott fémek (ld. még a 12. BAT pontnál) minősége az égetés után a salakból kinyert fémekéhez képest jobb lehet. Ez különösen abban az esetben igaz, mikor a fémeket a magasabb hőmérsékleti tartományokban zajló kezelések előtt választják le, mert az ilyen folyamatok után kinyert fémek minősége még gyengébb.

A technika alkalmazásának eredményeként a kemence kiegészítő tüzelőanyag-igénye egy esetben 85%-kal csökkent.

Az aprító és szivattyúzó berendezések energiafogyasztása környezeti elemek közötti kölcsönhatásként jelentkezik.

A technika hátránya, hogy a hulladékot ellenőrizni kell, az aprítók károsodásai és az ezekből fakadó leállások elkerülése érdekében a hulladék minősége iránti követelmények szigorúbbak. Ugyanakkor az aprítók leállása miatti veszteségeket kompenzálhatja a kemencék csökkenő karbantartás-igénye, ami az alacsonyabb robbanásveszélynek köszönhető.

Olyan hulladékegetőkben alkalmazható, ahol csomagolt veszélyes hulladékokat fogadnak. Az általános alapelv, amely a hulladék homogenitásának megfelelő előkészítéssel való növelésére ösztönöz, minden hulladékegetőben érvényes, ahol az égetés után a nyersgáz paraméterei erős ingadozásokat mutatnak.

Egy 35 t/nap kapacitású példaüzemben a csomagolt acél hasznosítása évente 35 000 EUR bevételt generált. A csomagok kezelését végző személyek számát 6-ról 3-ra csökkentették.

Két feldolgozó sor kiépítésének költségeiről egy jelentés az alábbi adatokat tartalmazta:

35 t/nap kapacitású csomagolt folyadék feldolgozó sor =2,9 millió EUR (1990-ben)

75 t/nap kapacitású csomagolt/ömlesztett szilárd hulladék feldolgozó sor: =5,4 millió EUR (1996-ban)

A javuló égetési teljesítmény csökkenő kibocsátásokat eredményez. A technika a csomagolt hulladék kezelési igényét, valamint a kemencében tapasztalható károsodásokat és a karbantartási igényt szintén csökkenti.

Példaüzem:

Kommunikemi, Dánia; Ekokem, Finnország

Szilárd hulladék előkezelése és célzott előkészítése az égetéshez

Az átvett hulladék különféle frakciókból áll, fogadás után a hulladékot specifikusan az égetéshez készítik elő. A megfelelő zúzás és az értékes anyagok (főleg fémek) leválasztása, valamint az egyes frakciók egyesítése szállítózsalagokkal standardizált, homogén tüzelőanyag létrejöttét eredményezi.

A homogenizálás miatt javulnak az égetési jellemzők. A stabilabb üzemeltetés csökkenő szennyezőanyag terhelést, a hőértékek mérséklődő fluktuációját, csökkenő kibocsátásokat és fogyasztásokat eredményez.

A hulladék intenzív keverése a bunkerbe adagolás előtt javíthatja a tüzelőanyag tulajdonságait.

Az előkezelés és a tárolás során keletkező bűz-, zaj- és porkibocsátások. A felhasznált berendezések járulékos energiafogyasztása.

Javuló üzemeltetési adatok, az egyes elemek potenciálisan hosszabb élettartama, különösen az égetési fázisban. Egyenletesebb energiatermelés.

Főleg olyan hulladékok esetében alkalmazható, melyek frakciónként szétválasztva szállíthatók, vagy amelyeknél a kívánt frakciók hatékony elkülöníthetők.

A technika alkalmazása különösen ott előnyös, ahol a létesítmény kialakítása miatt a bemenő hulladék tulajdonságai csak szűkebb tartományokban tekinthetők elfogadhatónak (pl. fluidágyas kemencék). A technika alkalmazásának előnyei korlátozottak lehetnek ott, ahol a létesítmény eleve „tömeges égetésre” rendezkedett be, azaz pl. rostélytüzeléses és forgódobos kialakításoknál.

A kevert hulladék szétválogatása költséges lehet. A költségeket csökkenthetik a szállítást megelőzően, esetleg bizonyos egyszerű előkezelésekkel kombinálva alkalmazott válogatási rendszerek, melyek lehetővé teszik, hogy a hulladékégetőben csak a tárolás és keverés feladatait kelljen elvégezni.

Előre szétválogatott, pl. a szállítást megelőző válogatás után létrejövő hulladékáramok rendelkezésre állása, mely esetben a hulladékégetőben az elkülönített tároláshoz nem kell szétválasztani a frakciókat.

Példaüzem:

RMVA Cologne, Köln, Németország

71 Beadagolás kiegyenlítő rendszer használata a szilárd veszélyes hulladékok esetében (pl. az alábbiak szerint, vagy hasonló beadagolási technika alkalmazásával) a beadagolt hulladék égési jellemzőinek javítására, és a füstgáz összetételének stabilabbá tételére, ideértve a rövid ideig fennálló CO-csúcsok szabályozását is.

Szilárd veszélyes hulladékok kiegyenlített beadagolását szabályozó rendszerek

Maga a beadagolás kiegyenlítő két nagyméretű csigas felhordóból áll, melyek képesek a szilárd hulladék zúzására és beadagolására, valamint egy egyedi kialakítású adagoló garatból, a különböző hulladéktípusok fogadására. A biztonsági intézkedéseket az üzemi követelményeknek megfelelően tervezik meg.

A szilárd ömlesztett hulladékot csörlős daruval adagolják a garatba, vízszintes beadagoló kapukon keresztül.

Az adagoló garat alján található két hidraulikusan működtetett adagoló csiga tűzzáró kapukon keresztül folyamatosan adagolja a hulladékot a surrantóba. A tűzzáró kapuk megakadályozzák a visszacsapást, ha az adagoló garatban tűz keletkezne.

Az adagoló garat radioaktív szintmérővel van felszerelve, amely a garat felső és alsó tölthetőségi határait szabályozza. A felső határ elérésekor a szintmérő jelzi, hogy az adagolást le kell állítani.

Az alsó határ elérésekor a szintmérő szignáljára az adagolócsigák lelassulnak, így mindig marad valamennyi hulladék a garat pufferezónájában, amely akadályt képez az adagolócsigák és a garat közt. Az adagológarat pufferezónaként is funkcionál, megakadályozva:

- a nitrogén kemencébe szivárgását
- a visszacsapást, ami a garatban tüzet okozhatna

Ha nincs szükség hordók beadagolására, az adagolás kiegyenlítő rendszer a hulladékot adagoló garat nélkül, annak elülső falon keresztül közvetlenül a forgódobos kemencébe adagolhatja.

Az adagolás kiegyenlítő rendszer biztonságos és megbízható megoldást nyújt a szilárd veszélyes hulladékok szabályozott és folyamatos beadagolására, és a forgódobos kemencében, illetve a szekunder égéstérben az egyenletes és stabil égetési körülmények megteremtésével csökkenti a CO-csúcsokat.

A fontosabb környezeti előnyök általában a következők:

- a szilárd veszélyes hulladék folyamatos beadagolása a szakaszos beadagoláshoz képest javítja a hulladékadagolás szabályozhatóságát és csökkenti a CO-csúcsokat
- a forgódobos kemence égetési kapacitásának optimális kihasználása alacsony fűtőértékű veszélyes hulladékok esetében
- a forgódobos kemencében magas hőmérsékleten az olvadt salak homogén áramot alkot
- az automata tűzoltó berendezések miatt javul a veszélyes hulladék bunker tűzbiztonsága
- a videómegfigyelő rendszer alkalmazása lehetővé teszi a forgódobos kemencébe történő hulladék beadagolás folyamatos megfigyelését

A csigás adagolók energiafogyasztása környezeti elemek közötti kölcsönhatásként jelentkezik.

A heterogén szilárd hulladékot fogadó veszélyes hulladék-égetőkben alkalmazható.

A szilárd hulladék szabályozott és folyamatos beadagolása a forgódobos kemencébe hozzájárul a maximális égetési kapacitás hatékony kihasználásához.

Példaüzem:

A beadagolás kiegyenlítő rendszert 1989. óta sikeresen alkalmazzák az Ekokemnél (Riihimäki, Finnország), 1993. óta a Sakabnál (Kumla, Svédország) valamint 1996. óta a rotterdami A.V.R.-Chemie-nél.

72 A folyékony és gáznemű veszélyes hulladékok közvetlen befecskendezése ott, ahol csökkenteni kell a hulladékok expozícióját, illetve a kibocsátások vagy a bűz kockázatát.

Folyékony és gáznemű veszélyes hulladékok forgódobos kemencékbe történő közvetlen befecskendezése

A folyékony, pasztás és gáznemű hulladékok több közvetlen beadagoló sor alkalmazásával közvetlenül is beadagolhatók a forgódobos kemencébe. 2002-ben a forgódobos kemencékben végzett hulladékégetés csaknem 8,5%-át a közvetlen befecskendezéssel beadagolt folyékony hulladékok kezelése adta. Minden forgódobos kemence több közvetlen beadagoló sorral rendelkezik.

A közvetlen befecskendezést általában úgy oldják meg, hogy a hulladék konténert összekötik a beadagoló sorral, majd a konténert nitrogénnel nyomás alá helyezik, vagy a hulladék megfelelően alacsony viszkozitása esetén a konténert a célnak megfelelő szivattyúkkal ürítik ki, így a folyékony hulladék a feldolgozó sorra kerül. A folyékony hulladékot fűtőértékétől függően vagy a forgódobos kemence feji részénél vagy az utóégető kamrába fecskendezik be. Attól függően, hogy melyik közvetlen befecskendező sort használták, a használat után a sor nitrogénnel, tüzelőanyaggal, hulladék olajjal vagy gőzzel tisztítható. Főképp az elégetendő anyagok jellegétől függően egy- és többfunkciós befecskendezési sorok egyaránt használhatók.

A technika alkalmazásával elérhető környezeti haszon a levegőbe történő diffúz kibocsátások elkerülése, a hulladék teljesen zárt rendszerben történő beadagolásának köszönhetően. A befecskendezéshez nitrogént és gőzt kell felhasználni.

A közvetlen befecskendező sorok olyan folyékony hulladékok elégetését is lehetővé teszik, melyek bizonyos tulajdonságaik miatt más eljárással nem dolgozhatók fel. Gondoskodni kell a beadagoló vonalak, illetve azok bélésének megfelelő anyagáról, mert egyes esetekben hevítés válhat szükségessé.

A beadagolási kapacitás tartománya az égetési faktoroktól függ (pl. termikus és füstgáztisztítási kapacitás), de általában 50-1 500 kg/ó közt változik.

A befecskendezést erre kijelölt befúvó lándzsával vagy vegyestüzelésű égőfejjel végzik.

Folyékony veszélyes hulladékok esetében alkalmazható, különösen ott, ahol a hulladék kezelése egészségügyi vagy biztonsági kockázattal jár, ezért az alkalmazottak kitettségét minimálisra kell csökkenteni.

Egy célzott befecskendező sor átlagos beruházási költsége 1-200 000 EUR.

Példaüzem:

Indaver, Antwerpen (Belgium)

HIM, Biebesheim (Németország)

GSB, Ebenhausen (Németország)

73 A tűztér olyan kialakítása, amely lehetővé teszi a hulladék benntartását, bolygatását és áthaladását, pl. forgódobos kemencék – vízűtéssel vagy anélkül. A vízűtéses forgódobos kemencék ott lehetnek előnyösek, ahol

a. a beadagolt hulladék fűtőértéke magasabb (pl. >15-17 GJ/t) vagy

b. az égetés magasabb hőmérsékleten, pl. >1 100°C-on történik (pl. salakolvasztás, vagy speciális hulladékok ártalmatlanítása esetén).

Forgódobos kemencék vízűtése

A technikát rendszerint akkor használják, mikor a kemencében magasabb a hőmérséklet. A forgódobos kemencék hűtőrendszere két hűtőkörből áll. A primer hűtőkör a primer hűtővizet a forgódobos kemence tetejére viszi és ott egyenletesen elosztja, hogy a kemence teljes burkolata egyenletesen hűthető legyen. A víz ezután négy vízgyűjtő medencében gyűlik össze, melyek a kemence alatt találhatók, majd innen szabadon a vízgyűjtő tartályba áramlik. A vizet keringtető szivattyúval, szűrőn és hőcserélőn keresztülhaladva áramoltatják vissza a hűtőrendszerbe. Az elpárolgó mennyiséget pótvízzel pótolják, melyet a korrózió elkerülése érdekében NaOH-val automatikusan pufferolnak.

A szekunder kör hőcserélőn keresztül átveszi a hőt a primer körben keringő víztől, és a felhasználás helyére szállítja. Amennyiben az energiát nem kívánják hasznosítani, a rendszer felesleges hője több részre osztott léghűtőn keresztül vezethető el. A fagyás elkerülésére a folyadék-levegő hőcserélőkben víz-glikol keveréket (fagyállót) keringtetnek.

A rendszer a hűtővizet a kemence burkolatának teljes felszínét lefedő több száz permetező fűvőkán keresztül szállítja a hűtést igénylő felületre, melynek hőmérséklete így 80-100°C-on tartható, míg léghűtés esetén az acélburkolat hőmérséklete rendszerint néhány száz fokkal magasabb. A forgódobos kemence hűtése elég nagymértékben fokozza a hőátadást a hőszigetelésen keresztül ahhoz, hogy a kémiai korrózió mértéke minimális legyen. A kemence magasabb hőmérsékleteken is üzemeltethető.

A forgódobos kemencék vízűtésének legfőbb előnye, hogy igény esetén magasabb égetési hőmérsékletek is alkalmazhatók.

A hőátadás mértéke a kemencén keresztül a hűtőfolyadék felé nagyobb lesz. Az elméleti számítások és a példaüzemekben végzett gyakorlati mérések szerint a hőátadás a kemencén keresztül a hűtővíz felé 0,5 és 3,0 MW közt változik, a forgódobos kemence méretétől és a tűzálló falazat vastagságától függően. A tűzálló falazat vastagsága magában foglalja a megmaradó téglabéléstestet és a megszilárdult salakréteget is. 1995-ben például a Kommunikemi (Dánia) a kemencében termelődő 2,2 MW-os átlagos hőmennyiség kinyeréséről számolt be.

Üzemeltetési előnyök:

- a tűzálló falazat meghosszabbodó élettartama magasabb hőmérsékletek esetén – kisebb karbantartási igény
- lehetségessé válik az átmenő kapacitás növelése – különösen magasabb fűtőértékű hulladékok esetében
- jobb munkakörnyezet – alacsonyabb hőmérséklet a kemence környezetében

A technika a magasabb fűtőértékű bemenő hulladékokat kezelő forgódobos kemencéknél alkalmazható. Leggyakrabban veszélyes hulladék égetőkben alkalmazzák, de a forgódobos hulladékégetésen kívül más területeken is alkalmazható. A technika különösen jól használható

olyan üzemekben, ahol bizonyos hulladéktípusok ártalmatlanítása magas hőmérsékletet igényel.

A kemencék vízhűtése a jelentések szerint meghosszabbítja a tűzálló falazat élettartamát az alacsony olvadáspontú fémeket tartalmazó hulladékok égetésénél.

Ahol a rendszert magas kemence hőmérsékletek alkalmazásával kombinálják, növelni kell a víz térfogatáramát a megfelelő hőelvezetési arány biztosításához. Ez inkább több meleg, mint kevesebb forró víz keletkezésével jár. A technikát ezért valószínűleg inkább ott érdemes alkalmazni, ahol igény van a megtermelt meleg vízre, vagy az a folyamatban felhasználható.

Mind a finn Ekokem, mind a dán Kommunikemi jelentésében 100 000 tonnát meghaladó veszélyes hulladék égetési kapacitás szerepel (szennyvíz nélkül), magas hőmérsékleten és ugyanolyan téglabélés használata mellett. Ez két-három éves teljes élettartamot jelent. Mindkét üzem évente egyszer rendszerint leáll, a terv szerinti kéthetes elő-karbantartás idejére, illetve évente összesen két alkalommal rövidebb vizsgálatokra.

Egyes üzemeltetők esetében követelmény a magas hőmérsékleten üzemelő salakolvasztó kemencék alkalmazása, ezért vízhűtő rendszereket alakítottak ki, hogy ilyen körülmények közt is biztosíthassák a gazdaságos üzemelést. Ahol az ártalmatlanítás helyett lehetőség van a félig megszilárdult salak hasznosítására (pl. aggregáló anyagként való hasznosítás), az ártalmatlanítási költségek csökkenthetők, ami növelheti a technika iránti érdeklődést, illetve ellensúlyozhatja a költségeket.

A technika iránti érdeklődést növelheti, ha van vevő a felmelegített hűtővízre.

A magasabb fűtőértékű hulladékok rendelkezésre állása (pl. oldószeres és olajok) magasabb üzemhőmérsékletet tesznek lehetővé, ilyenkor viszont a már említett kiegészítő hűtésre van szükség. Ahol az ilyen hulladékokat más módszerekkel kezelik, ezek csak korlátozottan állnak rendelkezésre, és a magasabb hőmérsékleteken való üzemeltetést csak kiegészítő tüzelőanyagok égetésével lehet elérni.

Példaüzem:

Ekokem, Finnország; Kommunikemi, Dánia

74 A létesítmény elektromos áram igényének csökkentése, hogy az általában (az előkezelést vagy a maradékok kezelését nem számítva) 0,3-0,5 MWh/t kezelt hulladék alatt maradjon (ld. a 32. BAT pontnál). Kisebb létesítmények esetében az áramfogyasztás általában a tartomány felső értékeihez esik közelebb. Az időjárási viszonyok jelentős hatással lehet az energiafogyasztásra, a fűtési igények stb. miatt.

75 Nagyon heterogén összetételű és változatos forrásokból származó veszélyes hulladékokat égető kereskedelmi és egyéb hulladékégetők esetében az alábbiak alkalmazása:

a. a nedves füstgáztisztítási rendszerek használata, rendszerint BAT-nak számít, mert biztosítja a rövidtávú, levegőbe történő kibocsátások javuló szabályozását (ld. a 37. BAT pontot a füstgáztisztítási rendszerek megválasztásáról),

b. az elemi jód- és bróm kibocsátások csökkentésének specifikus technikái, ahol ezek az anyagok a hulladékban jelentősebb mennyiségben előfordulnak.

Nedves füstgáztisztítási rendszerek

A technikát a 2.5.4. alfejezetben már bemutattuk.

A nedves füstgázmosók általában legalább két hatékony fokozattal rendelkeznek, az első alacsony pH mellett leginkább a HCl és a HF leválasztására szolgál, a második fokozat fő célja a mész vagy NaOH beadagolása mellett, pH 6-8 körül az SO₂ leválasztása. A nedves mosóknál néha három vagy több fokozatot is említenek – a kiegészítő fokozatok általában az első, alacsony pH-jú fokozat alegységei, és speciális célokat szolgálnak.

Elért környezeti hasznon a levegőbe történő kibocsátások csökkentése, a következők szerint:

Anyag(ok)	Leválasztási hatékonyság (tartomány)	Elért kibocsátások				Megjegyzések
		½ órás átlag (mg/Nm ³)	napi átlag (mg/Nm ³)	éves átlag (mg/Nm ³)	specifikus kibocsátás (g/t bemenő hulladék)	
HCl		0,1-10	<5	0,1-1	1-10	Nagyon stabil kimeneti koncentrációk
HF		<1	<0,5	<0,1-0,5	<0,05-2	Nagyon stabil kimeneti koncentrációk
SO ₂		<50	<20	<10	<5-50	Reakcióteret és abszorbenst (mész vagy NaOH) igényel az SO ₂ ½ órás átlagai fluktuációt mutathatnak

3.4.1 táblázat: Nedves mosók használata mellett jellemző kibocsátási értékek

Az összes füstgáztisztítási rendszer közül a nedves rendszerek biztosítják a sztöchiometrikus arány legkisebb arányú meghaladása mellett a leghatékonyabb leválasztást (a vízben oldható savas gázok esetében).

Míg az egyfokozatú szűrően alapuló füstgáztisztítási rendszerek (pl. félszáraz, száraz) a maradékokat együtt kezelik és gyűjtik, a nedves rendszereknél általában ez nem így zajlik. A nedves rendszerek a képesek a HCl, HF és SO₂ portól stb. elkülönített kezelésére, mely utóbbiakat gyakran még a füstgázmosás előtt eltávolítják. Ennek figyelembevételével a nedves rendszerek az alábbi anyagok esetében a lehetővé teszik a leválasztás hatékonyságának növelését:

- por - ahol a mosó kapacitása elég nagy az eltömődés elkerüléséhez (ilyenkor legtöbbször a nedves mosás előtt előzetes porleválasztást alkalmaznak a porterhelés csökkentésére és az üzemeltetési problémák megakadályozására, amely a bemenő por akár 50%-át is eltávolítja a füstgázból)
- PCCD/F - szénrel impregnált töltet használatakor a mosóban a PCCD/F vegyületek akár 70%-a is leválasztható, egyébként a leválasztás elhanyagolható. A mosóba ugyanebből az okból aktív szén vagy koks is beadagolható, az ilyen megoldások a jelentések szerint nagymértékben növelik a leválasztási hatékonyságot

- Hg^{2+} - ahol alacsony pH-jú (<1) első mosófokozatot használnak, és a hulladék HCl-tartalma lehetővé teszi a savas kémhatást, az ionos higany HgCl_2 formában leválasztható, a fém higanyra viszont a kezelés nincs hatással.
- egyéb szennyező anyagok - amikor vízben oldódó szennyeződések, mint pl. bróm és jód vannak jelen a nyersgázban, ezek a mosóban alacsony hőmérsékleten kondenzálhatók, miáltal ezek az anyagok a szennyvízbe kerülnek.

A környezeti elemek közti kölcsönhatásokat az alábbi táblázat foglalja össze:

Szempontok	Mértékegység	Az elért értékek tartománya	Megjegyzések
Reagens fogyasztás	kg/t bemenő hulladék	2-3 (NaOH) vagy kb. 10 (CaO) vagy 5-10(mész/ mészkőpor)	A rendszerek közt a legalacsonyabb fogyasztás
Reagensok sztöchiometriája	arány	1,0-1,2	A rendszerek közt a legalacsonyabb arány
Maradékanyag-típus			A szennyvizek kezeléséből származó szennyvíziszap, egyes esetekben a HCl vagy a gipsz hasznosítható
Maradékanyag-mennyiség	kg (nedves)/t bemenő hulladék kg (száraz)/t bemenő hulladék	10-15 3-5	A rendszerek közt a legalacsonyabb maradékmennyiség. Ezek az értékek nem foglalják magukba az elkülönítve leválasztott pernyét (kb. 16kg/t bemenő hulladék)
Vízfogyasztás	l/t bemenő hulladék	100-500	A rendszerek közt a legmagasabb, de kezeléssel és hasznosítással/kondenzációval és a mosó bemenet előtt alacsony hőmérsékletek alkalmazásával csökkenthető
Szennyvíz mennyisége	l/t bemenő hulladék	250-500	Kibocsátás vagy hasznosítás előtt kezelés szükséges
Füstfáklya láthatósága	+/-	+	A gáz nedvességtartalma magas, de ez újramelegítéssel vagy kondenzációval csökkenthető.

3.4.2 táblázat: Nedves füstgázmosást alkalmazó füstgáztisztítási rendszerek használata nyomán fellépő környezeti elemek közti kölcsönhatások

Ennél a technikánál más lehetőségekkel összehasonlítva a környezeti elemek közti legfontosabb kölcsönhatások a következők:

- legalacsonyabb reagens-fogyasztási arányok
- legkisebb arányú szilárd maradék termelés
- legmagasabb vízfogyasztás
- kezelést igénylő szennyvizek termelése
- füstfáklya növekvő láthatósága
- külön megfontolásokat kíván a PCDD/F vegyületek felhalmozódása (memória hatás) a mosó műanyag elemein
- ha a bemeneti hőmérséklet túl magas, a nedves mosókban használt anyag elbomolhat

A keletkező szennyvíz mennyiségét általában 300 kg/t bemenő TSZH-nak vehetjük, 1 000 kg/t bemenő TSZH arányú vízfogyasztással számolva. Ezek az értékek magasabbak, mint a fenti táblázatban szereplő adatok.

Üzemeltetési adatok:

Szempontok	A szempontok teljesülését befolyásoló tényezők leírása	Értékelés (magas/közepes/ alacsony)	Megjegyzések
Komplexitás	kiegészítő üzemegységek szükségesei kritikus működtetési szempontok	M	Az üzemegységek száma magasabb, mint más rendszerekben
Rugalmasság	a technika működtethetősége változatos bementi (input) körülmények mellett	M	A rendszer igen robusztus – a rendszerek közül a legalkalmasabb arra, hogy változatos bementi koncentrációk mellett is csökkentse a HCl/HF-kibocsátásokat
Megkívánt szakértelem	Nagyfokú extra képzési vagy munkaerő igény	M	A kapcsolódó szennyvízkezelő üzem magasan képzett munkaerőt igényel

3.4.3 táblázat: A nedves füstgáztisztítási rendszerek üzemeltetési adatai

Legfontosabb szempontok:

A PCDD/F vegyületek felhalmozódása a nedves mosókban problémákat okozhat, különösen a karbantartási és indítási időszakokban, ennek kapcsán speciális intézkedések válhatnak szükségessé

A szennyvízkezelés az alacsony kibocsátási szintek biztosításához magasan képzett munkaerőt igényel

A hatékony üzemeltetéshez olyan füstgázokat kell a mosóba engedni, melyeket előzőleg elektrosztatikus porleválasztóval vagy zsákos porszűrővel portalaníttak.

A nedves füstgázmosás bementi koncentrációkkal kapcsolatos rugalmassága főleg a HCl és a HF leválasztására vonatkozik. A higanyra vonatkozó kibocsátási határértékek teljesítéséhez néha speciális kezelésekre van szükség, pl: komplex-képző anyag beadagolása a lúgos mosóba, aktív szén beadagolása a savas mosóba, oxidálószer adagolása vagy a Hg mennyiségének adszorpcióval történő csökkentése a gáz fázisban.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat foglalja össze:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	• elvileg bármely hulladék típus esetében használható • különösen alkalmas a nagyon változatos bementi gázösszetétel melletti használatra (pl. veszélyes hulladékok)
Üzemméret	• nincs korlátozva, de általában közepes vagy nagy üzemekben használják, ahol a nagyobb méret miatt megtakarítások érhetők el
Új/meglévő	• meglévő üzemekben széles körben alkalmazzák
Folyamatok összeférhetősége	• alacsony kimenő füstgáz hőmérsékletek (kb. 70°C esetén) a további füstgáztisztítási rendszerekbe (zsákos porszűrő, SCR) kerülés előtt a füstgázt újra kell melegíteni • lehetséges a pernye elkülönített gyűjtése (előzetes leválasztása)
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	• füstfáklya fokozott láthatósága (ellenintézkedések hiányában) • a sós szennyvizek (utókezelés) esetében kiengedésre van szükség (vagy elpárologtatásra, ami viszont energiafogyasztással jár) • a rendszer lehetővé teszi a HCl, só és gipsz hasznosítását

3.4.4 táblázat: A nedves füstgáztisztítás alkalmazhatósága: értékelés

A technika beruházási költség-igényét az alábbi táblázat foglalja össze:

Füstgáztisztítási rendszer eleme	Becsült beruházási költség (millió EUR)	Megjegyzések
Kétfokozatú nedves mosó	5	szennyvízkezeléssel együtt
Háromfokozatú nedves mosó	7	szennyvízkezeléssel együtt
Mosó szennyvizét elpárologtató külső üzem	1,5-2	
Permetező abszorber folyamaton belüli elpárologtatáshoz	1,5	alacsonyabb összegekkel számoló becslés
A költségbecslés egy 2 feldolgozó soros, 200 kt/év összkapacitású TSZH égetőre vonatkozik		

3.4.5 táblázat: Nedves füstgáztisztítási rendszerek kiválasztott elemeire vonatkozó becsült beruházási költségek

A technika fő gazdasági vonatkozásai, egyéb alternatívákkal összehasonlítva:

- magasabb beruházási költségek, mint más rendszereknél, főleg a szennyvízkezelő üzem és a nagyszámú rendszerelem miatt
- a maradékok ártalmatlanításával kapcsolatos üzemeltetési költségek alacsonyabbak lehetnek, az alacsonyabb mennyiségben keletkező specifikus maradékok miatt, melyek általában nedvesek
- a rendszer fokozott komplexitása miatt a munkaerő-költség nagyobb lehet

A technikát ott alkalmazzák, ahol

- a 2000/76/EK irányelvben meghatározott kibocsátási határértékeket, vagy azoknál alacsonyabbakat alkalmaznak
- a füstgázkezelési maradékok ártalmatlanítási költségei magasak
- a beérkező hulladék összetételének előrejelzése/szabályozása különösen bonyolult
- a beérkező hulladék nagyobb mennyiségekben, és változó arányban tartalmazhat savas gázokat vagy nehézfémeket (pl. ionos higanyt)

Száraz füstgáztisztító rendszerek használata bizonyos veszélyes hulladék égetőkben

A 75. BAT pont kimondja, hogy a „nagyon heterogén összetételű és változatos forrásokból származó veszélyes hulladékokat égető kereskedelmi és egyéb hulladékégetők esetében a nedves füstgáztisztítási rendszerek használata, rendszerint BAT-nak számít...”. A Műszaki Munkacsoport megjegyezte, hogy néhány, ilyen hulladékot kezelőégető száraz füstgáztisztító rendszereket is használ, és hogy az ilyen létesítmények megfelelnek a hulladékégetési kibocsátási határértékeknek, és hogy a száraz rendszereknek lehetnek speciális helyi előnyeik, ahol sajátos megszorítások vannak pl. a víz felhasználása vagy kibocsátása szempontjából. Emiatt, bár nem állt rendelkezésre elégséges információ annak megítélésére, hogy az ilyen veszélyes hulladék égetők esetében a száraz rendszerek úgyszintén BAT-nak számítanak-e, előfordulhat, hogy bizonyos helyi körülmények között ezek a rendszerek az összességében előnyösek.

Speciális reagensek alkalmazása a jód és a bróm leválasztására

A technikát röviden már bemutattuk a 2.5.4.1. fejezetben.

A speciális reagensek, mint pl. a nátrium-tioszulfát vagy a nátrium-biszulfát, igény szerint vagy a már meglévő nedves füstgázmosó rendszerbe adagolhatók bizonyos hulladék adagok

kezelésére (itt a hulladék összetevőinek ismerete kritikus szempont), vagy rutinszerűen alkalmazhatóak egy kiegészítő mosófokozatban (itt a reagensfogyasztás magasabb lehet).

A halogén mosóban az összes szabad halogén elemet lúgos $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ oldattal reagáltatva halogén-hidridekké redukálják. A halogén-hidrideket a maradék SO_2 -vel együtt oldatba viszik, és úgy távolítják el a füstgázból.

A kérdéses halogének a bróm és a jód, melyek többnyire égésgátlók és kórházi hulladékokból származnak. Mivel a fluor és a klór erősebb oxidálószer, mindkét elem teljes mennyisége hidridekké redukálódik.

A jód és bróm levegőbe történő kibocsátásainak csökkentése úgy is megoldható, hogy a kemencébe ként vagy kén-dioxidot tartalmazó hulladékot adagolnak.

Ahol a bróm vagy a jód nagyobb koncentrációkban van jelen a füstgáztisztító rendszeren áthaladó füstgázban, néha sárga/barna (bróm) vagy bíborszínű (jód) füst látható. A jelenség a $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ célzott vagy rendszeres alkalmazásával megelőzhető.

A $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ fogyása a hulladék kéntartalmától függ, mert az adalékanyag adagolását a nyersgáz SO_2 -tartalma szabályozza. Ha a hulladék elég ként tartalmaz, nincs szükség a halogének mennyiségének további csökkentésére.

A leválasztott szennyező anyagok a szennyvízbe kerülnek, ezért szükségessé válhat annak kezelése.

Ahol a kemencébe SO_2 -t vagy magasabb kéntartalmú hulladékot adagolnak, a hulladék megváltozott kémiai tulajdonságainak megfelelően meg kell változtatni a kemence után következő füstgázkezelési rendszer üzemeltetési beállításait. Az S/Cl arány eltolódása a PCDD/F újrakeletkezési arányát is befolyásolhatja.

A folyamatot nem lehet online redoxi beavatkozásokkal szabályozni, mert a mosófolyadékban számos egymással is kölcsönhatásban álló redoxi folyamat zajlik, ezért a szabályozást a nyersgáz SO_2 -koncentrációjának befolyásolásával oldják meg. Amennyiben a hulladék elég ként tartalmaz, a halogének további redukálására nincs szükség – ez hangsúlyozza a fentiekben említett alternatívát, azaz a beadagolt magasabb kén- vagy SO_2 -tartalmú hulladékok égetését.

Leginkább veszélyes hulladék égetőkben vagy más olyan hulladékégetőkben alkalmazható, ahol a kezelt hulladék jód- és brómtartalma nagyon változatos és/vagy nehezen jelezhető előre/szabályozható. Általában csak a veszélyes hulladékokat kezelő létesítményeknél jellemző, hogy a hulladék olyan koncentrációban tartalmaz jódot vagy brómot, hogy szükségessé válik az itt bemutatott speciális intézkedések használata.

A technika alkalmazhatóságát az alábbi táblázat foglalja össze:

Szempontok	Értékelés/megjegyzés
Hulladék típus	főleg olyan veszélyes hulladék égetőkben alkalmazzák, ahol a hulladék jódtartalma magas lehet, pl. laboratóriumi vagy kórházi/gyógyszeripari hulladékok esetében
Üzemméret	tetszőleges
Új/meglévő	- a reagensok célzott beadagolása bármilyen, nedves füstgázmosóval rendelkező létező üzemben alkalmazható - a rendszeres beadagolási rendszer komplexebb/drágább lehet, amennyiben meglévő folyamatokba kell azt beilleszteni, de új létesítményekbe beletervezhető
Folyamatok összeférhetősége	nedves füstgázmosóval együtt alkalmazzák
Elhelyezés legfontosabb szempontjai	látható (színes) füstcsóva problémája

3.4.6 táblázat: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ alkalmazhatósága a halogének leválasztására: értékelés

Egyes jelentések szabályozási és vezérlési problémákat is említene.

A harmadik mosófokozat kivitelezési költségei egy meglévő dán veszélyes hulladék égetőben kb. 600 000 EUR-t tettek ki (2000-ben).

A három kezelési sor éves $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ fogyasztása átlagosan 50 tonna. 0,5 EUR/t ár mellett a harmadik fokozat teljes üzemeltetési költsége (a szivattyúk stb. energiafogyasztását nem számítva) évi 25 000 EUR, kezelési soronként.

A reagens célzott alkalmazásának költségei valószínűleg alacsonyabbak, itt viszont a beérkező hulladék ellenőrzéséhez és menedzsmentjéhez további forrásokra lehet szükség.

Ha a reagenst már meglévő füstgázmosó rendszerbe adagolják, a költségek jóval alacsonyabbak, mint egy különálló harmadik mosófokozat kiépítése esetén, és főképp a reagens árát foglalják magukba.

Az SO_2 befecskendezésekor a költségek a gáz árát foglalják magukban. A magasabb kéntartalmú hulladékok beadagolásának alkalmazhatóságát az dönti el, hogy rendelkezésre állnak-e ilyen hulladékok.

A technikát ott alkalmazzák, ahol

- a jód- és bróm-kibocsátások szabályozása követelmény
- ahol a jód- és bróm-koncentrációi az elégetett hulladékban nagyon változók és/vagy nehezen jelezhetők előre/szabályozhatók

Példaüzem.

A harmadik mosófokozat alkalmazására egy dán veszélyes hulladék-égető esetében találunk példát. A célzott beadagolást számos más európai veszélyes hulladék égetőben alkalmazzák.

3.5. SPECIFIKUS BAT SZENNYVÍZISZAPOK ÉGETÉSÉRE

A 3.1. alfejezetben felsorolt általános intézkedések mellett a szennyvíziszap égetésére általánosságban BAT-nak számít:

76 A többnyire szennyvíziszap célzott égetését végző létesítményeknél a fluidágyas technológia alkalmazása az ilyen rendszerekre általában jellemző nagyobb égetési hatékonyság és a keletkező füstgázok alacsonyabb mennyisége miatt általában BAT. Bizonyos iszap összetételeknél fennállhat a fluidágy eltömődésének kockázata.

77 A szennyvíziszap szárítása, lehetőleg az égés során keletkező hő hasznosításával, olyan mértékig, hogy az esetek többségében a létesítmény normális üzemeltetéséhez ne legyen szükség kiegészítő tüzelőanyagok alkalmazására (azaz ebben az esetben a normális üzemelésbe nem tartozik bele az indítás, a leállítás és a kiegészítő tüzelőanyagok esetenkénti használata az égetési hőmérséklet fenntartására).

3.6. SPECIFIKUS BAT KÓRHÁZI HULLADÉKOK ÉGETÉSÉRE

A 3.1. alfejezetben felsorolt általános intézkedések mellett a kórházi hulladékok égetésére általánosságban BAT-nak számít:

78 A nem manuális hulladékkezelési és beadagolási rendszerek használata.

79 A kórházi hulladékok zárt edényzetben történő átvétele és tárolása, melyek megfelelő mértékben megakadályozzák a szivárgást és a sérüléseknek ellenállnak.

80 Az újbóli használatra szánt hulladék gyűjtő/tároló edényzetek kimosása specifikusan erre a célra kialakított mosórendszerben, igény szerinti fertőtlenítéssel és az esetlegesen felhalmozódott szilárd anyagok hulladékégetőbe adagolásával.

81 Rostélytüzelés esetén hatékony hűtéssel rendelkező rostélykialakítás alkalmazása, amely lehetővé teszi a primer levegő ellátás változtatását, mégpedig főleg az égés szabályozásának érdekében, és nem magának a rostélynak a hűtésére. A jól elosztott hűtőlevegő áramú léghűtéses rostélyok általában 18 MJ/kg fűtőértékig alkalmasak a hulladékok égetésére. A magasabb (pl. >kb. 18 MJ/kg) fűtőértékű hulladékok égetése víz- (vagy egyéb folyadék) hűtést igényel, hogy megakadályozható legyen a primer levegő felesleges, vagyis az égésszabályozáshoz optimálisnál nagyobb mennyiségben történő befúvatása a rostélyhőmérséklet szabályozására.

82 A tűztér olyan kialakítása, amely lehetővé teszi a hulladék benntartását, bolygatását és áthaladását, pl. forgódobos kemencék – vízhűtéssel vagy anélkül. A vízhűtéses forgódobos kemencék ott lehetnek előnyösek, ahol
a. a beadagolt hulladék fűtőértéke magasabb (pl. >15-17 GJ/t) vagy
b. az égés magasabb hőmérsékleten, pl. >1 100°C-on zajlik (pl. salakolvasztás, vagy speciális hulladékok ártalmatlanítása esetén).

4. KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK

A legjobb környezeti teljesítményt rendszerint a legjobb technológia bevezetésével, és lehető leghatásosabb és leghatékonyabb alkalmazásával lehet elérni. Ezt felismerve szól a BAT definíciójában a „technika” fogalmának meghatározása a következőképpen: „*a technika fogalmába beleértendő az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik és működését megszüntetik, a környezet helyreállítását végzik*”.

Az IPPC létesítmények számára a környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR) olyan eszköz, melynek segítségével az üzemeltető az üzemkialakítás, a kivitelezés, a karbantartás, az üzemeltetés és a kiszervezés és a leszerelés kérdéseit szisztematikus, demonstrálható módon kezelheti. A KVR magában foglalja a szervezeti felépítést, a felelősségi köröket, a gyakorlati üzemelést, az eljárásokat, a fejlesztés folyamatait és forrásait és a környezeti politika bevezetését, fenntartását, ellenőrzését és monitorozását. A KVR ott a leghatékonyabb és leghatásosabb, ahol az üzem vezetésének és üzemeltetésének szerves részét képezi.

Az Európai Unióban számos szervezet önként döntött úgy, hogy EN ISO 14001:1996 vagy az EU Környezetvédelmi Vezetési és Hitelesítési Rendszere, az EMAS alapján környezetvédelmi vezetési rendszert vezet be. Az EMAS magában foglalja az EN ISO 14001 irányítási rendszerekkel kapcsolatos követelményeit, de kiemelt hangsúlyt fektet a jogi megfelelésre, a környezeti teljesítményre és a munkatársak részvételére. Az EMAS megköveteli az irányítási rendszer és a nyilvános környezetvédelmi nyilatkozat független szervezet által végzett hitelesítését (az EN ISO 14001-ben a szervezet által tett nyilatkozat a független hitelesítés alternatívájaként szerepel). Számos szervezet úgy határozott, hogy nem szabványosított KVR-t vezet be.

Míg mindkét szabványosított rendszer (az EN ISO 14001:1996 és az EMAS) és a nem szabványosított („testreszabott”) rendszerek alapelve, hogy a szervezetet egységként kezelik, jelen dokumentum egy szűkített megközelítést alkalmaz, amely nem foglalja magába a szervezet összes, pl. termékkel és szolgáltatásokkal kapcsolatos tevékenységét, tekintve, hogy az IPPC irányelvben a szabályozott egység a létesítmény (ld. az irányelv 2. cikkét).

Az IPPC létesítmények környezetvédelmi vezetési rendszere (KVR) az alábbi részeket foglalhatja magában:

- (a) környezeti politika meghatározása
- (b) célkitűzések és célok megtervezése és kialakítása
- (c) eljárások bevezetése és működtetése
- (d) ellenőrzés és helyesbítő tevékenységek
- (e) vezetőségi felülvizsgálat
- (f) környezetvédelmi nyilatkozat rendszeres elkészítése
- (g) tanúsítási testület vagy független KVR tanúsító által végzett hitelesítés
- (h) az üzem végleges leszerelésével kapcsolatos kérdések figyelembe vétele az üzem megtervezésekor
- (i) tisztább technológiák kifejlesztése
- (j) benchmarking (meghatározott indikátorok alapján történő összehasonlítás)

A fenti pontokat a következőkben részletesebben is kifejtjük. Az EMAS-ban is szereplő a pontokkal kapcsolatban részletes információkkal az általunk idézett források szolgálnak.

(a) Környezeti politika meghatározása

A létesítmény környezeti politikájának meghatározásáért a felső vezetés felelős, amely az alábbiakat is köteles biztosítani:

- a környezeti politika megfelel a tevékenységek jellegének, méretének és környezeti kihatásainak
- a politikában megfogalmazódik a szennyezések megelőzése és ellenőrzése iránti elkötelezettség
- a politikában megfogalmazódik az összes vonatkozó környezetvédelmi jogszabály, illetve a szervezetre vonatkozó egyéb követelmények betartása iránti elkötelezettség
- a politika keretet ad a környezetvédelmi célkitűzések és célok megállapításához és felülvizsgálatához
- a politika dokumentált és minden alkalmazottal megismertették
- a politika a nyilvánosság és az összes érintett fél számára hozzáférhető.

(b) Tervezés

A szervezet

- rendelkezik olyan eljárásokkal, melyekkel a létesítmény környezetvédelmi vonatkozásai azonosíthatók - mely vonatkozások alapján meghatározhatóak azok a tevékenységek, melyek jelentős kihatással vannak vagy lehetnek a környezetre - és ezek az információk naprakészen tarthatók
- rendelkezik olyan eljárásokkal, melyekkel biztosítható a szervezetre, ezen belül a szervezet tevékenységeinek környezetvédelmi aspektusaira vonatkozó jogi és egyéb követelmények azonosítása, és az ezekhez való hozzáférés
- dokumentált környezetvédelmi célkitűzéseket és célokat állapít meg és ezeket felülvizsgálja, figyelembe véve a jogi és egyéb követelményeket, és az érintett felek véleményét
- környezeti programot határoz meg és ezt rendszeresen frissíti. A környezeti program magában foglalja a célok és célkitűzések megvalósításával kapcsolatos felelőségek meghatározását minden vonatkozó szinten és pozícióban, valamint a célok és célkitűzések megvalósításának módját és időkeretét.

(c) Eljárások bevezetése és működtetése

Fontos, hogy a szervezet rendelkezzen olyan rendszerekkel, melyek biztosítják, hogy az eljárásokat minden alkalmazott ismerje, értse illetve azoknak megfelelően dolgozzon. A hatékony környezetvezetés ezért az alábbiakat is magában foglalja:

(i) Szervezeti felépítés és felelőségek

- a szerepek, felelőségek és hatáskörök meghatározása, dokumentálása és kihirdetése, ami magában foglalja a vezetőség egy ezzel foglalkozó képviselőjének kijelölését is
- a környezetvédelmi vezetési rendszer bevezetése és ellenőrzése szempontjából alapvető fontosságú források biztosítása, ideértve a humán erőforrásokat, a speciális képességeket, valamint a technológiai és pénzügyi forrásokat is.

(ii) Képzés, tudatosság és kompetencia

- a képzési igények azonosítása annak érdekében, hogy minden olyan alkalmazott megfelelő képzésben részesüljön, akinek a munkája jelentős hatással lehet az adott tevékenység környezeti kihatásaira

(iii) Kommunikáció

- a létesítmény szervezeti felépítésének különböző szintjei és pozíciói közti belső kommunikációt szabályozó eljárások kialakítása és működtetése, olyan eljárások

működtetése, melyek támogatják a párbeszédet az érdekelt külső felekkel, valamint az érdekelt külső felekkel folytatott releváns kommunikációt (fogadást, dokumentálást, illetve, ahol értelmezhető, válaszadást) szabályozó eljárások.

(iv) Alkalmazottak bevonása

- az alkalmazottak bevonása magas szintű környezeti teljesítmény elérését szolgáló folyamatokba a részvételt lehetővé tevő megfelelő eszközökkel (pl. ötletláda-rendszer, projekt-alapú munkacsoportok vagy környezetvédelmi bizottságok)

(v) Dokumentáció

- információk naprakészen tartását szolgáló rendszer kialakítása és működtetése, nyomtatott vagy elektronikus formában, amely leírja a vezetési rendszer legfontosabb elemeit és ezek kölcsönhatásait, és eligazítást nyújt a vonatkozó dokumentációhoz

(vi) Hatékony folyamat-szabályozás

- a folyamatok megfelelő szabályozása minden üzemelési módban (pl. előkészületek, indítás, rutin üzemeltetés, leállítás, különleges körülmények)
- a legfontosabb teljesítmény indikátoroknak és az ezekre vonatkozó mérési módszereknek, valamint a paraméterek ellenőrzési módszereinek meghatározásával (pl. anyagáram, nyomás, összetétel és mennyiség)
- különleges üzemeltetési körülmények dokumentálása és elemzése az okok megállapítására, és ezek megszüntetésére, hogy hasonló jellegű esemény többet ne következhesen be (ezt a rendszert támogathatja a no-blame, vagyis a nem a felelősségre vonáson alapuló vállalati kultúra), ahol az okok megállapítása fontosabb, mint az egyének felelősségre vonása

(vii) Karbantartási program

- strukturált karbantartási program kialakítása a berendezésekre vonatkozó műszaki leírások, normák stb. alapján, figyelembe véve a berendezések esetében tapasztalt bármilyen üzemzavart és annak következményeit is, ahol a karbantartási programot a feljegyzések megfelelő rendszere és diagnosztika is támogatja
- a karbantartás tervezéséhez és kivitelezéséhez kapcsolódó felelősségek világos meghatározása

(viii) Vészhelyzeti készség és reagálás

- eljárások kialakítása és működtetése a baleseti kockázatok megállapítására és a baleseti és vészhelyzeti reagálásra, valamint az ezekkel kapcsolatos környezeti khatások megelőzésére és mérséklésre.

(d) Ellenőrzés és helyesbítő tevékenységek

(i) Monitorozás és mérés

- dokumentált eljárások kialakítása és működtetése az üzemeltetés és a tevékenységek jelentős környezeti khatások kockázatát hordozó legfontosabb paramétereinek rendszeres monitorozására és mérésére, ideértve a nyomonkövetési teljesítményre, releváns üzemszabályozási folyamatainak és a létesítmény környezetvédelmi céljainak és célkitűzéseinek való megfelelésre vonatkozó információ rögzítését (ld. még a kibocsátások monitorozásának referenciadokumentumát)
- dokumentált eljárás kialakítása és működtetése a vonatkozó környezetvédelmi jogszabályoknak és előírásoknak való megfelelés rendszeres értékelésére.

(ii) Helyesbítő és megelőző tevékenységek

- eljárások kialakítása és működtetése az alábbiakkal kapcsolatos felelősségek és hatáskörök meghatározására:
- engedélyezési feltételeknek, egyéb jogi követelményeknek, valamint a célkitűzéseknek és céloknak való nem-megfelelés kezelése és kivizsgálása
- okozott bármilyen kihatás mérséklésére irányuló tevékenységek elvégzése
- a probléma nagyságrendjének megfelelő, a tapasztalt környezeti kihatással arányos helyesbítő és megelőző intézkedések kezdeményezése és végrehajtása

(iii) Feljegyzések

- eljárások kialakítása és működtetése olvasható, azonosítható és nyomonkövethető környezetvédelmi feljegyzések azonosítására, megőrzésére és selejtezésére, ideértve a képzéssel kapcsolatos feljegyzéseket és az auditok és felülvizsgálatok eredményeit is

(iv) Audit

- program(ok) és eljárások kialakítása és működtetése a környezetvédelmi vezetési rendszer rendszeres auditjaihoz, melyek magukban foglalják az elbeszélgetést az alkalmazottakkal, az üzemelési körülmények és a felszerelés vizsgálatát és a feljegyzések és a dokumentáció átvizsgálását, mely tevékenységek eredményeként írott jelentés készül. Az alkalmazottak (belső audit) vagy a független felek (külső audit) által készített jelentés, amely pártatlan és objektív, magában foglalja az audit területét, gyakoriságát és módszertanát, valamint az auditok lebonyolításával és a jelentések elkészítésével kapcsolatos felelősségeket és követelményeket, annak érdekében, hogy megállapítható legyen, hogy a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e a tervezett intézkedéseknek, és megfelelően történt-e a bevezetése és működtetése.
- audit vagy audit ciklus végrehajtása, három évet meg nem haladó időközönként, a tevékenységek jellegétől, méretétől, komplexitásától, a tevékenységekhez kapcsolódó környezeti kihatások jelentőségétől, a megelőző auditok során feltárt problémák fontosságától és sürgősségétől és a korábbi környezetvédelmi problémáktól függően – a jelentősebb környezeti kihatásokkal járó, komplexebb rendszereket gyakrabban auditálják
- megfelelő mechanizmusok beállítása az audit eredményekkel kapcsolatos tevékenységek végrehajtásának biztosítására (follow-up)

(v) Jogi megfelelés rendszeres értékelése

- a vonatkozó környezetvédelmi jogszabályoknak és a létesítmény birtokában lévő környezetvédelmi engedély(ek) feltételeinek való megfelelés felülvizsgálata
- az értékelés dokumentálása

(e) Vezetőségi felülvizsgálat

- a felső vezetés az általa meghatározott időközönként felülvizsgálja a környezetvédelmi vezetési rendszert, így biztosítva annak folyamatos megfelelését, alkalmasságát és hatékonyságát
- annak biztosítása, hogy az vezetőségi felülvizsgálat elvégzéséhez minden szükséges információt összegyűjtöttek és a vezetőség rendelkezésére bocsátottak
- a felülvizsgálat dokumentációja

(f) Környezetvédelmi nyilatkozat rendszeres elkészítése

- olyan környezetvédelmi nyilatkozat elkészítése, amely kiemelt figyelmet fordít a létesítmény saját környezetvédelmi céljaival és célkitűzéseivel összehasonlított eredményeire. A környezetvédelmi nyilatkozatot rendszeresen – évi egy alkalommal, vagy annál ritkábban - el kell készíteni, a kibocsátások jelentőségétől, a hulladéktermeléstől stb. függően. A környezetvédelmi jelentés figyelembe veszi az érdekelt felek információigényét, és nyilvánosan hozzáférhető (pl. elektronikus publikáció formájában, könyvtárakban stb.)
- A jelentés elkészítése során az üzemeltető felhasználhatja a meglévő, releváns környezeti teljesítmény-indikátorokat, de biztosítani kell, hogy a választott indikátorok:
 - i. pontosan értékelik a létesítmény teljesítményét
 - ii. egyértelműek és világosak
 - iii. lehetővé teszik az évről évre történő összehasonlításokat, a létesítmény környezeti teljesítmények terén elért fejlődésének értékeléséhez
 - iv. ahol ez szükséges, lehetővé teszik a szektoron belüli, illetve az országos vagy regionális indexekkel való összehasonlítást
 - v. ahol ez szükséges, lehetővé teszik a szabályozási követelményekkel való összehasonlítást

(f) Tanúsítási szervezet vagy független KVR tanúsító által végzett hitelesítés

- a vezetési rendszer, az audit eljárás és a környezetvédelmi nyilatkozat akkreditált tanúsító testület vagy független KVR tanúsító által végzett értékelése és hitelesítése, amennyiben megfelelően bonyolították le, növelheti a rendszerbe vetett bizalmat

(g) Az üzem végleges leszerelésével kapcsolatos kérdések figyelembe vétele az üzem megtervezésekor

- már az új üzem megtervezése során figyelmet kell fordítani az üzem végleges leszerelésével kapcsolatos környezeti khatásokra, mivel az előrelátó tervezés a leszerelést egyszerűbbé, tisztábbá és olcsóbbá teszi
- a leszerelés a talaj (és a talajvíz) lehetséges szennyeződése miatt környezeti kockázattal jár, ezenkívül nagy mennyiségű hulladékot termel. A megelőző technikák folyamat-specifikusak, de az általános megfontolások magukban foglalhatják:
 - i. a föld alatti struktúrák kialakításának elkerülését
 - ii. a leszerelést elősegítő elemek beépítését
 - iii. a könnyen fertőtleníthető felületkezelési kialakításokat
 - iv. a berendezések olyan rendszerét, amely minimalizálja a a rendszerben maradó vegyi anyagok mennyiségét, és lehetővé teszi a leeresztést és az atmoszféra tisztát
 - v. rugalmas, önállóan működő egységek kialakítását, melyek lehetővé teszik a szakaszos leállítást
 - vi. a biológiailag lebontható és újrahasznosítható anyagok használatát, ahol lehetséges

(h) Tisztább technológiák kifejlesztése

- a környezetvédelmi vonatkozásoknak meg kell jelenniük minden, az üzemeltető által végzett folyamatkialakítási tevékenységben, mivel a lehető legkorábbi tervezési lépésben beépített technikák hatékonyabbak és olcsóbbak. A tisztább technológiák kifejlesztésének megfontolása például megjelenhet a K+F tevékenységekben vagy tanulmányokban. A létesítmény saját, ilyen irányú tevékenységeinek alternatívájaként olyan intézkedések is bevezethetők, melyek biztosítják, hogy az üzemeltető lépést

tartson, illetve, ahol ez lehetséges, munkákat elvégeztessen az adott területen aktív más üzemeltetőkkel vagy kutatóintézetekkel

(i) Benchmarking (összehasonlítások)

- szisztematikus és rendszeres összehasonlítások elvégzése a szektoron belüli, illetve országos vagy regionális indexekkel, az alábbi területeken: energiahatékonyság és energia megtakarítás, a bemenő anyagok megválasztása, a levegőbe történő kibocsátások, a vizekbe történő kiengedések (itt például az Európai Szennyezőanyag Kibocsátási Regiszter (European Pollution Emission Register) - EPER is használható), vízfogyasztás, hulladéktermelés.

Szabványosított és nem szabványosított KVR-k

A KVR-ek szabványosított vagy nem-szabványosított rendszerek lehetnek. A bevezetés és valamely, nemzetközileg is elfogadott szabványosított rendszerhez, mint például az EN ISO 14001:2004 szabványnak való megfelelés hitelesebbé teheti az KVR-t, különösen, ha azt megfelelően elvégzett külső tanúsítás is alátámasztja.

Az EMAS tovább növeli a megbízhatóságot. Ennek okai a vonatkozó környezeti jogszabályoknak való megfelelést biztosító mechanizmus, valamint a környezeti nyilatkozat révén a nyilvánosság bevonása.

A nem-szabványosított rendszerek elvben ugyanilyen hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelően tervezték meg őket és alkalmas módon történt a bevezetésük.

A KVR bevezetése és az iránta való elkötelezettség az üzemeltető figyelmét a létesítmény környezeti teljesítményére irányítja. Különösen a normális és a normálistól eltérő helyzetekre kialakított egyértelmű üzemeltetési eljárások működtetése és azoknak való megfelelés, továbbá az ilyen helyzetek esetére meghatározott felelősségi lánc biztosítja, hogy a létesítmény engedélyében szereplő feltételeket betartsák és más környezeti célok és feladatok teljesítése minden időben megtörténjen.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek általában biztosítják a létesítmény környezeti teljesítményének folyamatos javítását, tökéletesítését. Minél kedvezőtlenebb a kiindulási helyzet, annál nagyobb rövid távú javulást lehet elvárni. Ha a létesítmény jó környezeti teljesítménnyel rendelkezik, akkor a rendszer segít az üzemeltetőnek a magas teljesítményszint megőrzésében, fenntartásában.

A környezetvédelmi vezetés technikáit úgy tervezik meg, hogy az általános környezeti hatást veszik figyelembe, ami összhangban áll az IPPC integrált megközelítésével.

A fentiekben bemutatott elemek az IPPC létesítmények esetében jellemzően alkalmazhatók. A KVR alkalmazási köre (azaz részletessége) és jellege (azaz szabványosított vagy nem szabványosított) rendszerint a létesítmény jellegéhez, méretéhez és komplexitásához, valamint a létesítményhez esetlegesen kapcsolódó környezeti khatások köréhez igazodik.

Egy jó KVR bevezetésének és fenntartásának költségeit nehéz pontosan meghatározni. A következőkben egy sor erre vonatkozó tanulmányt mutatunk be. Ezek azonban csak példaként szolgálnak, és eredményeik nem teljesen koherensek. Nem kizárható, hogy az adatok nem reprezentálják az EU-ban működő összes ágazatot, ezért értelmezésük óvatosságot igényel.

Egy 1999-ben elvégzett svéd tanulmány 360 ISO szerint tanúsított és EMAS alatt nyilvántartásba vett svéd vállalatot mért fel. 50%-os válaszadási arány mellett a tanulmány a következő eredményekkel zárult:

- A KVR bevezetésének és működtetésének költségei magasak, de nem irracionálisak, kivéve a nagyon kis méretű vállalatoknál. A jövőben a kiadások csökkenése várható.
- A vállalatok a költségek csökkentésének egy lehetséges módjaként tekintik a KVR hatékonyabb koordinálását és integrálását más irányítási rendszerekkel
- A környezetvédelmi célkitűzések és célok fele egy éven belül megtérül a költségmegtakarításokból és/vagy a növekvő bevételekből kifolyólag
- A legnagyobb megtakarításokat az energia-, a hulladékkezelési és a nyersanyag-költségek csökkentésével lehetett elérni
- A legtöbb vállalat szerint a KVR bevezetése piaci pozíciójuk megerősödésével járt. A vállalatok egyharmada a KVR-hez kapcsolódó bevétel-növekedésről számolt be.

Egyes tagállamokban tanúsított létesítmények esetében alacsonyabb felügyeleti költségeket számolnak fel.

Néhány tanulmány szerint a vállalatméret és a KVR bevezetési költségei közt fordított arányosság áll fenn. Hasonló fordított arányossági viszony tapasztalható a beruházott tőke megtérülési idejénél. Mindkét tényezőnél kedvezőtlenebb a befektetés-megtérülés arány a KKV-k, mint nagyobb vállalatok esetében.

Egy svájci vizsgálat eredményei szerint egy ISO 14001 szerinti irányítási rendszer kiépítésének működtetésének költségei változóak:

- 1 és 49 fő közti alkalmazott-szám mellett a KVR kiépítésének költsége 64 000 svájci frank (44 000 EUR), míg annak éves üzemeltetése 16000 svájci frankba (110 00 EUR-ba) kerül
- a több, mint 250 alkalmazottat foglalkoztató ipari létesítmények esetében a KVR kiépítésének költsége 367 000 svájci frank (252 000 EUR), és a rendszer éves üzemeltetése 155 000 svájci frankba (106 000 EUR-ba) kerül.

Ezek az átlagos értékek nem feltétlenül képviselik az adott ipari létesítmény esetében felmerülő tényleges költségeket, mert azok nagymértékben függenek egy sor jelentős tényezőtől (szennyező anyagok, energiafogyasztás stb.) és a tanulmányozandó probléma bonyolultságától.

Egy közelmúltban elvégzett német tanulmány (Schaltegger, Stefan and Wagner, Marcus, Umweltmanagement in deutschen Unternehmen - der aktuelle Stand der Praxis, February 2002, p. 106) a különböző ágazatok esetében a lejjebb felsorolt, EMAS-szal kapcsolatos költségeket mutatta ki. Meg kell jegyeznünk, hogy ezek a számok sokkal alacsonyabbak a svájci vizsgálat előbbieken bemutatott adatainál, ez is illusztrálja, mennyire körülményes a KVR költségeinek meghatározása.

Kiépítés költségei (EUR)

minimum	18 750
maximum	75 000
átlag	50 000

Hitelesítés költségei (EUR)

minimum	5 000
maximum	12 500
átlag	6 000

A Német Vállalkozók Intézete (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, Umweltmanagementbefragung - Öko-Audit in der mittelständischen Praxis - Evaluierung und Ansätze für eine Effizienzsteigerung von Umweltmanagementsystemen in der Praxis, Bonn.) az EMAS bevezetésével elérhető átlagos éves megtakarításról és az átlagos megtérülési időről nyújt tájékoztatást. 80 000 EUR bevezetési költség mellett például 50 000 EUR éves megtakarítás érhető el, ami nagyjából másfél éves megtérülési időt feltételez.

A rendszer hitelesítésének külső költségei az IAF (Nemzetközi Akkreditálási Fórum) által kiadott útmutató segítségével becsülhetők meg (<http://www.iaf.nu>)

A környezetvédelmi vezetési rendszerek bevezetés egy sor előnnyel járhat, például:

- javuló rálátás a vállalat környezeti vonatkozásaira
- szilárdabb döntési alapok
- az alkalmazottak motivációjának javulása
- további lehetőségek a működési költségek csökkentésére és a termékek minőségének javítására
- javuló környezeti teljesítmény
- javuló vállalati imázs
- csökkenő felelősségbiztosítási és nem-megfelelőségekkel kapcsolatos költségek
- a vállalat növekvő vonzereje az alkalmazottak, vevők és befektetők számára
- a felügyeleti szervek növekvő bizalma, ami a rendszeres felügyeleti ellenőrzések számának csökkenését eredményezi
- javuló kapcsolat a környezetvédelmi csoportokkal

Az a-e pontokban bemutatott követelmények közös elemei az EN ISO 14001:1996-nak és az EU EMAS-nak, míg az f és g pontok követelményei csak az EMAS-ban szerepelnek. Ezt a két szabványosított rendszert több IPCC létesítményben alkalmazzák. Egy példa: 2002 júliusában az EU 24-es NACE kódhoz (vegyipar) tartozó szektorában 357 szervezet rendelkezett EMAS regisztrációval, ezek többsége IPCC létesítmény.

Nagy-Britanniában az Environment Agency of England and Wales (Anglia és Wales Környezetvédelmi Hivatala) 2001-ben felmérést végzett az IPC (az IPPC elődje) szabályozás alá eső létesítmények körében. Az eredmények szerint a válaszadók 32%-a rendelkezett ISO 14001 tanúsítással (ami az IPC létesítmények 21%-ának felelt meg) míg 7% EMAS regisztrált létesítmény volt. Az összes brit cementgyártó létesítmény (kb. 20 darab) rendelkezik ISO 14001 tanúsítással, és többségük EMAS regisztrált. Írországban, ahol a (nem szükségszerűen szabványosított) KVR megléte az IPC létesítmények esetében engedélyezési követelmény, a nagyjából 500 engedéllyel rendelkező létesítményből a becslések szerint 100 működtet ISO 14001 szerinti KVR-t, míg a többi 400 létesítmény a nem szabványosított KVR-ek használata mellett döntött.

5. KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK

Jelen fejezet összefoglalja a hulladékégetés során keletkező szennyezés kibocsátására vonatkozó Magyarországon hatályban lévő szabályozókat.

Szennyező forrás (tevékenység)	Kibocsátott szennyezés	Befogadó környezeti elem	A kibocsátást szabályozó jogszabály (határérték)
Hulladékégetés			
füstgáz	nitrogén-oxidok (NO _x) és egyéb nitrogén komponensek kén-dioxid (SO ₂) szilárd anyagok (por) szén-monoxid (CO) poliklórozott dibenzo- dioxinok és dibenzo- furánok (PCDD és PCDF) el nem égett szénhidrogének nehézfémek	levegő	3/2002. (II. 22.) KöM rendelet a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről 14/2001 (V. 9.) KöM- EüM-FVM egy. rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről
hulladék-tárolás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra	talaj, felszín alatti víz	219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről 10/2000. (VI. 2.) KöM- EüM-FVM-KHVM egy. rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
szennyvíz-kibocsátás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra • felszíni víz befogadóba történő kibocsátására előírt határértékek • szennyvíz elvezető csatornarendszerbe történő kibocsátásra előírt értékek	víz, közcsonna	220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira

			vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól 27/2005. (XII. 6.) KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról
	zaj, rezgés	levegő, lakóterületek	8/2002. (III. 22.) KöM-EüM egy. rendelet a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

Kibocsátások BAT szempontú értékelése

1. Általános követelmény a BAT alkalmazására:

- 1.1. A hatályos levegőre és vízre vonatkozó általános és technológiai kibocsátási határértékek betartása minimum követelmény.
- 1.2. Általában egy létesítmény BAT alkalmazásával jobb kibocsátási szinteket képes elérni, mint a hazai jogszabályokban előírt kötelező kibocsátási határértékek. Az új létesítményeknek olyan kibocsátási szinteket kell elérniük, melyek összevethetők az e dokumentumban bemutatott elérhető legjobb technikákkal. Meglévő létesítmények esetében a cél, hogy a lehető legjobban megközelítsék az új létesítmények kibocsátási szintjét, figyelembe véve az első fejezet **1.2** pontjában leírtakat a „**BAT alkalmazása meglévő létesítmények esetében**” címszó alatt.

2. Az egységes környezethasználati engedélyezés kapcsán a BAT alkalmazásakor figyelembe veendő követelmény:

- 2.1. Új létesítmények esetében az 1. pontban leírtak szerint kell eljárni.
- 2.2. Meglévő létesítmények esetében (bírság kiszabás tekintetében) türelmi időt fogalmaz meg a jogszabály a hatályos levegőre és vízre vonatkozó kibocsátási határértékek betartására vonatkozóan. Ezen határértékeket a létesítményeknek az engedélyükben szereplő határidő letelte előtt kell elérniük.

1. MELLÉKLET — ENGEDÉLYKÉRELEM TARTALMI KÖVETELMÉNYEI

Új létesítmény esetében az engedélyezési eljárás az előzetes vizsgálati szakasszal indul. A benyújtandó előzetes vizsgálati dokumentáció tartalmi követelményeit a 314/2005. Kr. 4. számú melléklete határozza meg.

Az előzetes vizsgálat alapján állapítja meg a felügyelőség, hogy az adott ügyben milyen engedélyezési eljárás lefolytatása szükséges. Amennyiben a tevékenység környezeti hatásvizsgálatra és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra egyaránt kötelezett, a környezethasználónak nyilatkoznia kell arról, hogy kéri-e a 314/2005. Kr. 24. § szerinti összevont eljárás alkalmazását. Amennyiben az elérhető legjobb technikáról rendelkezésre álló információk ezt lehetővé teszik, a felügyelőség dönt a KHV és EKHE eljárás összehasonlíthatóságáról.

Az előzetes vizsgálati eljárásban határozza meg a felügyelőség az engedélyezési eljáráshoz benyújtandó kérelem részletes tartalmi követelményeit.

Amennyiben a tevékenység csak egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra kötelezett, az engedélykérelmi dokumentációt a 314/2005. Kr. 8. számú mellékletének előírásai szerint kell összeállítani.

A felügyelőség meglévő tevékenység esetén a környezethasználót az egységes környezethasználati engedély első ízben történő megszerzése érdekében teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat elvégzésére kötelezi.

A felülvizsgálat elvégzése során a Kvt-ben meghatározottakon túl a 314/2005. Kr. előírásait is alkalmazni kell.

A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése

Közös számozás	A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálati dokumentáció kötelező tartalma	Az egységes környezethasználati engedélyhez szükséges tartalmi követelmények
1.	1. Általános adatok⁹	
1.1.	1.1. A környezetvédelmi felülvizsgálatot (a továbbiakban: vizsgálat) végző neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a jogosultságát igazoló engedély/okirat száma.	
1.2.	1.2. Az érdekelt neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a tevékenység végzésére vonatkozó engedély száma.	a) az engedélykérő azonosító adatai (KÜJ számmal),
1.3.	1.3. A telephely(ek) címe, helyrajzi száma, a település statisztikai azonosító száma, átnézeti és részletes helyszínrajz	c) a létesítmény által igénybe vett terület helyszínrajza a szennyező források bejelölésével, egységes országos vetületi rendszer (EOV) koordináták feltüntetésével,
1.4.		b) a létesítmény, tevékenység telepítési helyének jellemzői (KTJ számmal és létesítmény azonosító számmal)

⁹ A szükséges többletinformációkat vastag, dőlt kiemeléssel jelölve

1.5.	1.4. A telephely(ek)re vonatkozó engedélyek és előírások felsorolása és bemutatása.	
1.6.	1.5. A telephely(ek)en a vizsgálat időpontjában folytatott tevékenységek felsorolása, a TEÁOR-számok megjelölésével és az alkalmazott technológiá(k) rövid leírásával.	
1.7.	1.6. A telephely(ek)en az érdekelt által korábban (a tevékenység kezdetétől, de legfeljebb 5 év) folytatott tevékenységek bemutatása különös tekintettel a környezetre veszélyt jelentő tevékenységekre, a bekövetkezett, környezetet érintő rendkívüli eseményekkel együtt.	
2.	2. A felülvizsgált tevékenységre vonatkozó adatok	
2.1.	2.1. A létesítmények és a tevékenység részletes ismertetése, a tevékenység megkezdésének időpontja, a felhasznált anyagok listája, az előállított termékek listája a mennyiség és az összetétel feltüntetésével.	d) a létesítmény, illetve az ott folytatott tevékenység és annak jellemző termelési kapacitása, beleértve a telephelyen lévő műszakilag kapcsolódó létesítményeket, f) a létesítményben, illetve technológiában felhasznált, valamint az ott előállított anyagok, illetve energia jellemzői és mennyiségi adatai,
2.2.	2.2. A tevékenység(ek)kel kapcsolatos dokumentációk, nyilvántartások, bejelentések, hatósági ellenőrzések, engedélyek, határozatok, kötelezések ismertetése, bírságok esetében 5 évre visszamenőleg.	
2.3.	2.3. Föld alatti és felszíni vezetékek, tartályok, anyagátfejtések helyének, üzemeltetésének ismertetése.	
2.4.		e) az alkalmazott elérhető legjobb technika ismertetése
3.	3. A tevékenység folytatása során bekövetkezett, illetőleg jelentkező környezetterhelés és igénybevétel bemutatása	

3.1	3.1. Levegő A jellemző levegőhasználatok ismertetése (szellőztetés, elszívás, energiaszolgáltatási és technológiai levegőigények nagyságának, időtartamának változása). A környezeti légtérből beszívott és tisztított levegő előállítását szolgáló berendezések és technológiák leírása. A légszennyezést okozó technológia részletes ismertetése, a szennyezésre hatást gyakorló paraméterek és jellemzők bemutatása. A használt levegő (füstgáz, véggáz) tisztítására szolgáló berendezések és hatásfokuk ismertetése, valamint a tisztítóberendezésben leválasztott anyagok kezelésének és elhelyezésének leírása. A helyhez kötött pontszerű és diffúz légszennyező források jellemzőinek bemutatása, a kibocsátott füstgázok jellemzőinek és a levegőszennyező komponenseknek az ismertetése (bűz is), a megengedett és a tényleges emissziók bemutatása és összehasonlítása. A felülvizsgált tevékenységekkel kapcsolatban rendszeresen vagy időszakosan üzemeltetett mozgó légszennyező források jellemző kibocsátási adatainak leírása, a tevékenységhez kapcsolódó szállítás, illetve járműforgalom hatásai. A levegőtisztaság-védelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedések ismertetése. (Amennyiben intézkedési terve van, annak ismertetése, és a végrehajtás bemutatása.) Be kell mutatni az emisszió terjedését (hatásterületét) és a levegőminőségre gyakorolt hatását.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembe-vételével, kiemelve az <i>esetleges országhatáron áttérjedő hatásokat</i>,

3.2.	3.2. Víz A jellemző vízhasználatok, vízi munkák és vízi létesítmények, illetve az arra jogosító engedélyek és az engedélyektől való eltérések ismertetése. A friss víz beszerzésére, felhasználására, a használt vizek elhelyezésére vonatkozó statisztikai adatszolgáltatások bemutatása. A technológiai vízigények kielégítésének, a tevékenység biztonságos végzéséhez tartozó vízigénybevételeknek (vízszintsüllyesztés, víztelenítés) és a vízforgalmi diagramnak a bemutatása. Az ivóvízbeszerzés, ivóvízellátás, a kommunális és technológiai célú felhasználás bemutatása. A vízkészlet-igénybevételi adatok ismertetése 5 évre visszamenőleg. A szennyvízkezelések helyének, a szennyvizek mennyiségi és minőségi adatainak bemutatása a technológiai leírások alapján. A szennyvíz összegyűjtésére, tisztítására és a tisztított (vagy tisztítatlan) szennyvíz kibocsátására, elhelyezésére vonatkozó adatok, az ipari és egyéb szennyvízcsatornák, a szennyvíztisztító telep jellemzői, továbbá az iszapkezelés, iszapminőség és -elhelyezés adatainak ismertetése. A csapadékvízrendszer bemutatása (akár egyesített, akár elválasztó rendszerű a csatornahálózat). A vízkészletekre gyakorolt hatásokat vizsgáló (hatósági határozattal előírt) monitoring rendszer adatainak és működési tapasztalatainak bemutatása, beleértve mind a vízkivételek, mind a szennyvízbevezetések hatásának vizsgálatát, hatásterületének meghatározását, értékelését. A felszíni és felszín alatti vízzennyezések bemutatása, az elhárításukra tett intézkedések és azok eredményeinek ismertetése. A vízvédelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedési tervek, a végrehajtásuk tárgyi és személyi feltételeinek ismertetése.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron áttérjedő hatásokat,
3.3.	3.3. Hulladék A hulladékképződéssel járó technológiák és tevékenységek bemutatása, technológiai folyamatábrák készítése. A technológia és tevékenység során felhasznált anyagok megnevezése, éves felhasznált mennyiségük. Anyagmérlegek készítése a	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan,

	hulladék keletkezésével járó technológiákról. A tevékenységből keletkező összes hulladék 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet szerinti megnevezése, mennyisége, EWC kódszáma (veszélyes hulladékok esetében azok veszélyességi jellemzőit is meg kell adni) technológiánkénti és tevékenységenkénti bontásban. A hulladékok gyűjtési módjának ismertetése. A hulladékok telephelyen belül történő kezelésének, tárolásának, az ezeket megvalósító létesítmények és technológiák részletes ismertetése, beleértve azok műszaki és környezetvédelmi jellemzőit. A telephelyről kiszállított (export is) hulladékok fajtánkénti ismertetése és mennyisége. A hulladékot szállító, átvévő szervezet azonosító adatai, a hulladékszállítás folyamatának (eszköze, módja, útvonala) ismertetése. A hulladékgazdálkodási terv, a keletkező hulladékok mennyiségének és környezeti veszélyességének csökkentésére tett intézkedések ismertetése. Más szervezettől átvett (import is) hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése. A begyűjtéssel átvett hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése.	
3.4.	3.4. Talaj A terület-igénybevétel és a területhasználat megváltozásának adatai. A talaj jellemzése a multifunkcionális tulajdonságai alapján, különös tekintettel a változásokra (vegyi anyagok, hulladékok stb.). A tevékenységből származó talajszennyezések és megszüntetési lehetőségeinek bemutatása. Prioritási intézkedési tervek készítése. Remediációs megoldások bemutatása	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron áttérjedő hatásokat,

3.5.	3.5. Zaj és rezgés A tevékenység hatásterületének meghatározása zaj- és rezgésvédelmi szempontból, feltüntetve és megnevezve a védendő objektumokat, védendőnek kijelölt területeket. A zaj/rezgésforrások leírása, a tényleges terhelési helyzet meghatározása, összehasonlítása a határértékekkel.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével,
3.6.	Az élővilágra vonatkozó környezetterhelés és igénybevitel bemutatása A területhasználattal érintett életközösségek (növény- és állattársulások) felmérése és annak a természetes, eredeti állapothoz, vagy környezetében lévő, a tevékenységgel nem érintett területekhez való viszonyítása. A tevékenység következtében történő igénybevitel módjának, mértékének megállapítása. A biológiailag aktív felületek meghatározása. A tevékenység káros hatásaira legérzékenyebben reagáló indikátor szervezetek megjelölése. Az eddigi károsodás mértékének meghatározása.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron áterjedő hatásokat,
3.7.		<i>h) a létesítményből származó kibocsátások várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan</i>
4.	4. Rendkívüli események A rendkívüli esemény, illetve üzemzavar miatt a környezetbe került vagy kerülő szennyező anyagok, valamint hulladékok minőségének és mennyiségének meghatározása környezeti elemenként. A megelőzés és a környezetszennyezés elhárítása érdekében teendő intézkedések, haváriatervek, kárelhárítási tervek bemutatása.	l) minden olyan intézkedést, amely, a biztonságot, ... szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
5.	5. Összefoglaló értékelés, javaslatok A környezetre gyakorolt hatás értékelése, bemutatva a környezeti kockázatot is. Környezetvédelmi engedéllyel rendelkező tevékenység esetén az engedélykérelemhez elkészített tanulmányok hatás-előrejelzéseinek összevetése a bekövetkezett hatásokkal. A felülvizsgálat és a korábbi vizsgálatok eredményei, illetve határozatok alapján meg kell határozni azokat a lehetséges intézkedéseket, amelyekkel az érdekelt a veszélyeztetés mértékét csökkentheti, illetve a környezetszennyezés megszüntetése érdekében, vagy a környezet	j) a létesítményből származó kibocsátás megelőzésére, vagy amennyiben a megelőzés nem lehetséges, a kibocsátás csökkentésére szolgáló technológiai eljárások és egyéb műszaki megoldások, valamint ezeknek a mindenkori elérhető legjobb technikának való megfelelése, k) szükség esetén a hulladék keletkezésének megelőzésére, a keletkezett hulladék hasznosítására, valamint a nem hasznosítható hulladék környezetszennyezést, illetve -

	terhelhetőségének figyelembevételével annak elfogadható mértékűre való csökkentését érheti el. Ha az engedély nélküli tevékenységet új telepítési helyen valósították meg, akkor ismertetni kell a telepítés helyén az ökológiai viszonyokban és a tájban valószínűsíthető vagy bizonyítható változásokat, és az esetleges káros hatások ellensúlyozására bevezetett intézkedéseket. Javaslatot kell adni a szükséges beavatkozásokra, átalakításokra, ezek sürgősségére, időbeli ütemezésére.	károsítást kizáró módon történő ártalmatlanítására szolgáló megoldások, l) minden olyan intézkedést, amely az energiahatékonyságot, a biztonságot, a szennyezések megelőzését, illetve csökkentését szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
6.	Kiemelten kell foglalkozni a környezetszennyezésre, -veszélyeztetésre utaló jelenségekkel, és szükség esetén javaslatot kell tenni az érintett terület feltárására, az észlelő, megfigyelő rendszer kialakítására.	m) a létesítményből származó kibocsátások mérésére (monitoring), folyamatos ellenőrzésére szolgáló módszerek, intézkedések.
		<i>o) biztosítékadási és céltartalék képzéssel kapcsolatos, külön jogszabályban meghatározott adatokat.</i>
		<i>Azon létesítmények esetében, amelyekre nem vonatkozik az 1999. évi LXXIV. törvény, mellékelniük kell az üzembiztonságra vonatkozó és havária esetén megteendő intézkedések bemutatását.</i>
		<i>A 20. § (3) bekezdés esetében a külön jogszabályokban meghatározott engedélyek iránti kérelem tartalmi követelményeit.</i>

2. MELLÉKLET — RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

BAT	elérhető legjobb technika
BREF	BAT Referenciadokumentum
BTX	benzol, toluol, xilol
CFC	klór-fluor-karbon
CFD	számítógépes áramlási dinamika
CHP	kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés
EIPPCB	Európai IPPC Iroda
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme, az Európai Unió környezetvédelmi vezetési rendszere
EPL	elektrosztatikus porleválasztó
FEAD	európai hulladékkezelő és környezetvédelmi szolgáltató vállalatok szövetsége
HCFC	klórozott-fluorozott szénhidrogén
HFC	fluorozott szénhidrogén
IPPC	integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés
KVR	környezetvédelmi vezetési rendszerek
LOI	izzítási veszteség
PAH	policiklikus aromás szénhidrogének
PCB	poliklórozott bifenilek
PCDD/F	poliklórozott dibenzo-dioxin/furán
POP	perzisztens szerves szennyezők
SCR	szelektív katalitikus redukció
SNCR	szelektív nem katalitikus redukció
TOC	összes szerves szén
TSZH	települési szilárd hulladék
TWG	műszaki munkacsoport
VOC	illékony szerves vegyületek