

Integrált Szennyezés-megelőzés és Csökkentés (IPPC)

**Referencia dokumentum az elérhető legjobb technikákról –
tömörítvény a hazai sajátosságok figyelembe vételével**

Vegyipari szennyvíztisztítás és hulladékgáz kezelés

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	4
1 ÁLTALÁNOS MEGKÖZELÍTÉS	6
1.1 SZENNYVÍZ A VEGYIPARBAN.....	6
1.2 VÉGGÁZÁRAMOK	8
2 A SZENNYVÍZ – ÉS VÉGGÁZKEZELÉSSEL KAPCSOLATOS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁS	10
2.1 A KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI, (EMS) KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK.....	10
2.2 A KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁS ESZKÖZEI.....	10
2.2.1 A szennyvízáram felmérése	10
2.2.1.1 Teljeskörű szennyvízminősítés (Whole Effluent Assessment, WEA)	10
2.2.1.2 A vízhasználat és a szennyvízkibocsátás csökkentése	14
2.2.1.3 A kibocsátott hulladékgázok mennyiségének meghatározása	15
2.2.1.4 Energia és anyagáram elemzés (EMFA)	17
2.2.2 Az üzem környezetgazdálkodásának eszközei	18
2.2.3 A környezetgazdálkodás stratégiai eszközei	18
2.2.4 A biztonsági és havária helyzetkezelés eszközei	18
3 AZ ALKALMAZOTT (SZENNYVÍZ – ÉS GÁZKEZELÉSI) TECHNOLÓGIÁK	19
3.1 A FEJEZET TÁRGYALÁSMÓDJA	19
3.2 A TECHNOLÓGIÁK KÖLTSÉGEI.....	19
3.2.1 A létesítmény önköltségének viszonya a berendezések árához	20
3.2.2 Zöldmezős – Rekonstrukciós beruházások	21
3.2.3 Beruházási és üzemköltségek	22
3.2.4 Környezetvédelmi technológia első alkalmazása ill. hatásjavítás	22
3.3 SZENNYVÍZKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁK	22
3.3.1 Gyártófolyamatba integrált megoldások	22
3.3.1.1 Ellenáramú extrakció, egy példa a víztakarékos eljárásokra	22
3.3.1.2 A víz többszöri felhasználása és recirkuláltatása	23
3.3.1.3 Gázok és párák indirekt hűtése	23
3.3.1.4 Szennyvízmentes vákuum-előállítás	24
3.3.1.5 Szennyvízmentes véggáz-tisztítás	24
3.3.1.6 Szennyező komponensek kinyerése vagy visszatartása anyalúgokból optimalizált eljárással	25
3.3.1.7 Kis szennyezőanyag-tartalmú nyers- és segédanyagok használata	26
3.3.2 Az áramok, terhelések kiegyenlítése	26
3.3.3 Tárolókapacitás üzemzavarok esetére	27
3.3.4 Összegyűjtött szennyvizek előkezelési eljárásai	29

3.3.4.1	Oldhatatlan szennyező anyagok / Mechanikai elválasztás	32
3.3.4.2	Oldható, biológiailag nem bontható vagy a lebontást gátló szennyező anyagok / fiziko-kémiai kezelés	59
3.3.4.3	Biológiailag bontható oldott szennyezők. Biológiai kezelés	110
3.3.4.4	Csapadék – és tűzivíz kezelés	133
3.4	SZENNYVÍZISZAP KEZELÉSI ELJÁRÁSOK.....	135
3.4.1	Iszap sűrítés és víztelenítés	137
3.4.2	Stabilizálás és kondicionálás	142
3.4.3	Termikus iszapcsökkentés	145
3.5	HULLADÉKGÁZ KEZELÉSI ELJÁRÁSOK	151
3.5.1	Szervetlen és illékony szerves anyagok visszanyerésére szolgáló technikák 153	
3.5.1.1	Membrán elválasztás	153
3.5.1.2	Kondenzáció	158
3.5.1.3	Adszorpció	167
3.5.1.4	Nedves mosás / abszorpció	174
3.5.2	Illó szerves (VOC) és szervetlen komponenseket eltávolító műveletek és eljárások 185	
3.5.2.1	Bioszűrés (biofilterek)	185
3.5.2.2	Biomosás	189
3.5.2.3	Csepegtetőtestes gáztisztítás	193
3.5.2.4	Termikus oxidáció	197
3.5.2.5	Katalitikus oxidáció	204
3.5.2.6	Fáklyázás	211
3.5.3	Szilárd részecskék visszanyerése és eltávolítása	220
3.5.3.1	Szeperator (ülepítő kamra)	220
3.5.3.2	Ciklon	222
3.5.3.3	Elektrosztatikus porleválasztó (ESP)	226
3.5.3.4	Nedves por eltávolítás mosással (pormosás)	232
3.5.3.5	Szövet szűrők	236
3.5.3.6	Katalitikus szűrés	242
3.5.3.7	Kétfokozatú porszűrő	244
3.5.3.8	Abszolút szűrő (High Efficiency Particle Air, HEPA szűrő)	247
3.5.3.9	Nagyhatékonyságú légszűrő (High Efficiency Air Filter, HEAF)	249
3.5.3.10	Ködszűrő	250
3.5.4	Véggázokban lévő gáz halmazállapotú szennyezőanyagok visszanyerési és csökkentési eljárásai	253
3.5.4.1	Szorbens injektálás, mint füstgáz kéntelenítési (FGD) eljárás	253

3.5.4.2	A NO _x szelektív csökkentése (SNCR és SCR)	261
4	A legjobb Elérhető Technikák a vegyipar szennyvizeinek és véggázainak kezelésénél	265
4.1	BEVEZETÉS	265
4.2	A BAT ÁLTALÁNOSÁGBAN	266
4.3	A LEGJOBB RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA.....	269
4.3.1	Szennyvíz	269
4.3.2	Hulladékgáz fejezet	277
5	KIBONTAKOZÓ ELJÁRÁSOK	284
6	Irodalomjegyzék	285
7	KIFEJEZÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	293
7.1	KÉMIAI JELEK	293
7.2	NAGYSÁGRENDI ELŐKÉPZŐK: PREFIXSZUMOK:	295
7.3	MÉRTÉKEGYSÉGEK ÉS ÁTSZÁMÍTÁSI KULCSOK	295
7.4	RÖVIDÍTÉSEK/BETŰSZÓK	296
7.5	FOGALOMMAGYARÁZTAT	301

Bevezetés

E dokumentumban (különös esetektől eltekintve) a „Direktíva” vagy „Irányelv” az Európa Tanács 966/61/EC Irányelvét jelenti az Integrált Szennyezés megelőzés és Csökkentés tárgyában. Forrása az EU Tagállamok és ipari képviselők információcsere – sorozata, amely az Irányelv 16(2) cikkelyében jelenik meg ill., annak IV. sz. mellékletében a BAT (Legjobb Elérhető Technika) meghatározásával.

Alapvetően egy **engedélyezési rendszert** alapoz meg (amely Magyarországon az 193/2001 (X.19) Kormány rendeletben jelenik meg) bizonyos ipari létesítmények számára, amely megköveteli a létesítmény működtetőitől, mind pedig a hatóságoktól, hogy annak **szennyező és (erőforrás) fogyasztási** jellemzői szerint ítélik meg működését. Fő cél az **ipari folyamatok olyan vezetése és ellenőrzése, hogy az a környezet mint egységes egész védelmét** maximálisan respektálja.

A BAT definíciója (Irányelv 2(11) cikkely): **„Leghatékonyabb fejlettségi állapotú tevékenység és működtetési módszereik összesége amely bizonyos eljárások (technikák) alkalmasságát biztosítja a szennyező kibocsátási határok betartására, a környezet egészét érő szennyezőhatások megelőzésére vagy ha ez nem lehetséges, a csökkentésére.**

A **„technika”** nemcsak az eljárás vagy technika, de (főleg) **alkalmazásának módja** ahogyan a létesítményt tervezték, építették, karbantartják, üzemeltetik és engedélyeztetik.

„Elérhető” az a technika, amely **alkalmazható**, ésszerűen hozzáférhető az adott iparágban **gazdaságilag és műszakilag járható** módon a **költségek és előnyöknek** az adott tagországban érvényes gyakorlat szerinti figyelembe vétele alapján.

„Legjobb” azt jelenti, hogy a környezet mint egységes egész magas szintű **védelmét a leghatékonyabban szolgálja.**

E dokumentum célja, hogy: adalékul szolgáljon az engedélyező hatóságoknak az eléjük kerülő esetekben meghatározzák a BAT konkrét formáját, előírják az engedélyben ennek feltételeit mindig arra a főcélra gondolva, hogy a környezet magas fokú védelme legyen elérhető.

Ennek során **mindig szennyezés kibocsátási határértéket kell** meghatározni, esetleg ezek funkcióját helyettesítő, velük egyenértékű paramétereket, vagy műszaki intézkedéseket.

Hangsúlyos cél ezen belül a **nagy távolságokra terjedő, vagy határokat átlépő szennyező hatások** minimalálása.

A dokumentum:

1. fejezete a szennyvizek és gázáramok meghatározását
2. fejezete ezek **értékelésének módszertanát**
3. fejezete az elterjedt (u.n. csővégi) **kezelési technológiákat**

4. fejezete a különösen fontos 2 és 3 fejezetek alapján kialakítja a **BAT körvonalait, amelyek képesek meghatározott szennyezés kibocsátási határokat** elérni.

1 ÁLTALÁNOS MEGKÖZELÍTÉS

Bizonyos általános fizikai és kémiai egyensúlyokra vonatkozó **alaptörvények a hulladékanyagok vegyipari eljárások során történő megjelenését elkerülhetetlenné teszik**, amiből viszont az következik, hogy a **folyamatok melléktermékeit** (ezt fogjuk a továbbiakban szennyező kibocsátásként, ill. kibocsátásként megjelölni) **ki kell küszöbölni**.

Formáik:

- szennyvíz,
- véggáz (áram)
- folyékony és szilárd hulladékok

Az utóbbi csoportba tartozókat e kötet nem tartalmazza, külön a vertikális¹ BREF dokumentum tárgya.

Az 1 fejezet az első két esetre vonatkozóan és egyedi részletek nélkül általános ismereteket tárgyal, amelyeket konkrétan és a (BAT) végcél tekintetében értékelve a 4. fejezet ismerteti. **Ezeken felül a**

- környezetgazdálkodásról, tisztítási költségekről és
- a gyártási folyamatba integrált, ill. utólagos szennyezés eltávolítási eljárásokról és,
- a szennyvíz – és gázterhelés környezeti hatásairól adunk ismertetést,
amelyeket legbővebben a 3. fejezetben fejtünk ki.

1.1 Szennyvíz a vegyiparban

A vegyipari szennyvizek többsége nem közvetlenül a kémiai reakciókból származik, bár pl. kondenzátumként, ill. reakciótermékként természetesen előfordulnak. Sokkal gyakoribb forrásaik a reakciókat (szintézist) követő feldolgozási lépések, fizikai-kémiai műveletek (szűrés, centrifugálás, extrakció, desztilláció).

A vegyipari folyamattal szorosabban kapcsolódó

A. „**technológiai víz**” jellegű szennyvízfajtákra példák:

- anyalúgok,
- terméktisztítás mosóvizei
- technológiai párák kondenzátumai
- quench víz (gázáramok közvetlen vízbefecskendezéssel történt hűtéséből, ill. kezeléséből származó vizek).

¹ A jelen dokumentumhoz kapcsolódó dokumentumcsalád szerinti hierarchiában feljebb levő.

- véggázok vagy füstgázok mosásának szennyezett vizei
- berendezések mosásából származó vizek
- vákuum előállításból származó vizek (vízgyűrűs vákuumszivattyú, vagy gázsugár injektor kondenzái).

B. **egyéb** a gyártási folyamattal lazább kapcsolatú, de végsősorban vízszennyezéshez vezető **szennyvízfajtákra** további példák:

- égetési folyamatok füstgázmosási vizei
- kazántápvizek elfolyásai (legtöbbször korróziós inhibitorokat stb. tartalmazva)
- külső körfolyamatok vízcseréjének vízpótlás miatt keletkező részáramai.
- szűrők visszamosásából származó hulladékvizek
- laboratóriumi és félüzemi kísérletek szennyezett vizei
- műhelyekből származó vizek
- kommunális üzemi szennyvizek
- szennyezett területekről lefolyó csapadékvizek
- hulladéklerakók csurgalékvizei.

Szennyezőik eredete rendszerint:

- el nem reagált nyersanyag vagy reagens,
- termék maradványok,
- segédanyagok elfolyó vizekből vissza nem nyert részei
- közbülső (reakció) termékek
- nem kívánatos irányba haladt folyamatok termékei, ill. melléktermékei.

A technológiai szennyvizek **mennyiségének nagyobb része (70-90 %) a B csoportba tartozik** és kisebb szennyezettségű [cww/tm/82], leggyakrabban:

- mosóvíz,
- vákuumvíz
- véggáz tisztítás szennyezett vize
- technológiai berendezésekből, szivattyúból származó víz.

A további 10-30 %-ot olyan szennyvizek alkotják, mint anyalúgok, mosóvízkörökből, egyéb technológiai helyekről leengedett vízrészletek (zárt ciklusok vízpótlására) valamint kondenzátumok – ezek viszont **általában az összes szennyező kibocsátás nagyobb részét, esetleg 90 %-át is tartalmazhatják.** [cww/tm/82]

Fel kell hívni a figyelmet, hogy nem közvetlenül veszélyes szennyezők arányaiban nagy mennyisége mellett igen kicsi (esetleg kimutatási határnál alig nagyobb) veszélyes, vagy mérgezőanyag koncentrációk veszélye nagy. Előfordulhat különböző szennyezők káros hatásának összeadódása (szinergizmus), ill. fokozódása az ipari csatornarendszertől egészen az élővízi befogadókban történő összekeveredés következtében.

A szennyvizek környezeti hatásának jellemzési lehetőségei:

- szennyező koncentrációja és kibocsátott mennyisége (komponensenként megadva).
- befogadóra nézve káros hatást összegző mutatószámokkal: szárazanyag tartalom (TSS) BOI, KOI, AOX/EOX, VOX, pH, vezetőképesség, vagy hőfok

- élővízi szervezetekre gyakorolt káros hatás jellemzőivel: akut, vagy krónikus toxicitás
- olyan (mennyiségi) paraméterekkel mint térfogatáram.

1.2 Véggázáramok

Ezek felbontása az emisszió jellege szerint lehet:

- **pontszerű** (vezetékekben, ill. egyéb zárt térben lévő, ill. onnan kilépő)
- **diffúz** (meghatározhatatlan helyen jelentkező) szivárgó jelleggel

Példák a pontszerű, zárttérben keletkező emisszióra:

- technológiai berendezésekből üzem közben kilépő gázok,
- energiatermelő egységek füstgázai,
- környezetvédelmi berendezésből kilépő, szennyezőmaradékokat vagy az eltávolítás során keletkező szennyezőket tartalmazó gázok
- reaktorokból, kondenzátorokból kilépő gázok
- katalizátorregenerálás gázai
- oldószer regenerálásból származó gázok
- anyagtárolás, szállítás, rakodás, letöltés, lefejtés légző vezetékeiből származó gázok
- előmelegítő és egyéb berendezések lefűvátásából származó gázok (általában csak készülék indításkor vagy leállításkor)
- biztonsági nyomáshatároló szerelvények lefűvátásából származó gázok
- szellőzőrendszerek használt légáramai
- diffúz emisszió (pl. épületen belül történt) újra begyűjtéséből származó gázok

Rendeltetészerű működésből (pont, vonalmenti, felületen vagy térfogatban keletkező) származó diffúz emissziók [cww/tm/158]:

- nagy üzemi területen vagy annak sok pontján kilépő származó gázok
- anyagmozgatás, tárolás, kezelés során keletkező gázvesztéséből származó gázok
- időszakos emissziók, üzemindítás, leállítás, elfáklyázó berendezések karbantartása, stb. esetén kilépő gázok
- másodlagos hulladékkezelési emissziók (szennyvízcsatornák vagy egyéb vezetékek kezelésekor)

Szivárgó emissziók

- tömítetlenségekből kilépő gázok (szivattyú, kompresszor tömítések, elzárószerelvények, karimák egyéb csőszerelvényeken át).

2 A SZENNYVÍZ – ÉS VÉGGÁZKEZELÉSEL KAPCSOLATOS KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁS

2.1 A környezetgazdálkodási, (EMS) Környezetirányítási rendszerek

Magyarországon viszonylag jólismert, bevezetett fogalmak, gyakran hivatkoznak rájuk, mint Egészség-, Biztonság-, Környezetvédelmi (HSE) rendszerekre, úgymint ISO 9001/14001, a Környezetirányítási, és Auditálási Rendszer (EMAS), a vegyipar „Felelősségteljes Gondoskodás[®]” rendszerének követelményei, az ICC Üzleti Szabályzata a Fenntartható Környezetért, az Európai Vegyipari Tanács (CEFIC) Környezetvédelmi Irányelvei.

2.2 A környezetgazdálkodás eszközei

Általában környezetvédelmi intézkedéseket, létesítmények tervezését előkészítő munkálatok, amelyek leltárszerű fölmérést, értékelést tartalmaznak, különféle rendezőelvek szerint:

- telephelyi fölmérés,
- szennyező közegáram értékelés-fölmérés

2.2.1 A szennyvízáram felmérése

2.2.1.1 Teljeskörű szennyvízminősítés (Whole Effluent Assessment, WEA)

A szennyvizet általában fizikai és kémiai jellemzőik (KOI, BOI, lebegőanyag, pH, szennyezőanyag koncentrációk) alapján minősítik. E jellemzők jól használhatók abban az esetben, ha viszonylag kevés, jól definiált és ismert toxikus hatással rendelkező szennyezővel állunk szemben. Komplex, változó összetételű szennyvizek környezeti hatásának leírása azonban összetételük és fiziko-kémiai jellemzőik alapján igen nehéz feladat lehet.

A teljeskörű szennyvízminősítés (WEA) egy, az egyedi és összesítő paraméterek (KOI, AOX, EOX) használatát kiegészítő eljárás. Célja a szennyvíz olyan lehetséges káros hatásainak jellemzése, melyek az összegző és az egyedi paraméterek használatával csak elégtelenül adhatók meg. A teljeskörű szennyvízminősítés egy kiegészítő, de talán még közvetlenebb módja a szennyvíz vízi környezetre gyakorolt hatásának leírására. E módszer a jövőben valószínűleg növekvő szerepet kap a kibocsátások szabályozásában, kiegészítve és esetleg helyettesítve is a hagyományos paraméterek vizsgálatát a szennyvízminőség-, a környezetállapot – ill. kockázat

felmérés során. A hatóságok és a kibocsátó közötti együttműködés és kölcsönös megértés az alapja a komplex kibocsátások megfelelő szabályzásának.

A teljeskörű szennyvízminősítés során biológiai vizsgálatokkal (hal-, alga-, baktérium – és gerinctelen állatstszekkel) határozzák meg a szennyvíz toxicitását. Előnye a kémiai vizsgálatokkal szemben, hogy a toxikus hatást integrált módon adja meg, közvetlenül figyelembe véve a több szennyező esetén fellépő együttes hatásokat is. A biológiai vizsgálatokkal egy komplex szennyvízáram környezeti jelentősége is meghatározható. Ez a módszer általában gyorsabb és olcsóbb is mint az összetétel széleskörű kémiai elemzése, ami így a szabályzást is leegyszerűsíti. Alkalmazható a szennyezések széles körére, eredménye pedig könnyen értelmezhető. Ezen túlmenően pedig lehetőség van a szennyvíztisztítás toxikus komponens eltávolító hatásának értékelésére is.

Az alkalmazott biológiai vizsgálati eljárás és vizsgálati módszer a cél függvényében (kockázatbecslés, állapotfigyelés, határérték betartása) eltérő lehet. Az eltérő céloknak különböző vizsgálatok felelnek meg.

Széleskörű tapasztalat áll rendelkezésre az akut (rövid távú) toxicitás meghatározására, melyre az alábbi két módszer használata terjedt el:

- Az EC_x/LC_x módszerben statisztikai módszerekkel értékelik legalább öt adatpár koncentráció/válasz arányát a 0 és 100% válasz tartományban.
- Az ún. LID (legkisebb hatástalan hígítás) módszer alkalmazása során a szennyvizet addig hígítják, míg annak hatása már nem észlelhető, ami nem más mint az $1/NOEC$. Itt nincs szükség a koncentráció/válasz kapcsolatra, így az egész vizsgálat leegyszerűsödik, de nincs statisztikai értékelés és nem adható meg a megbízhatósági határ (konfidencia intervallum) se.

A teljeskörű szennyvízminősítés (WEA) során számos kémiai, fizikai és/vagy biológiai módszert használnak a biológiai hatások vizsgálatára. A WEA módszer célja a lehetséges káros hatások meghatározása, melynek során alapvetően a komponens-orientált megközelítéssel azonos hatásjellemzőket alkalmaznak:

- akut toxicitás
- mutagenitás vagy (inkább) genotoxicitás
- krónikus toxicitás
- bioakkumuláció
- perzisztencia (állandóság) ill. (biológiai) lebonthatóság

A nem lebomló, perzisztens (P), toxikus (T) és/vagy biológiailag feldúsuló (B) anyagok kiemelten veszélyeztetik a vízi környezetet. A kémiai elemzés alapú értékelés a P-T-B kritériumok alapján kiválasztott komponensek meghatározására koncentrál. Egy jól tervezett WEA vizsgálat összesített értékelését adhatja az összetett szennyvizeknek. A biológiai hatásra alapozott jellemzők használatának előnye, hogy:

- A WEA a szennyvíz minden összetevőjével számol, függetlenül eredetétől és kémiai kimutathatóságától. Az egyes komponenseket nem kell szükségszerűen beazonosítani. Értékeli a melléktermékek és a metabolitok hatását is.
- A vízi élőlényekre kifejtett toxikus hatás közvetlenül lemérhető, beleértve az együttes hatásokat is.
- Sokszor alkalmas a veszélyes szennyvíz összetevők eredetének (gyártási lépések, veszélyes pontok) gyártelepen belüli visszakeresésére is.

- A WEA elvégzésének munkaráfördítása összevethető egy összetett szennyvíz átfogó kémiai elemzésének munkaszükségletével.

Bár a fenti előnyök többé-kevésbé tudományos érvek, a WEA a napi termelési gyakorlat számára is előnyös:

- A potenciális közvetlen és közvetett hatások széles köre vizsgálható, különösen amikor a szennyvíz kevésbé ismert perzisztenciájú, toxicitású vagy bioakkumulációs képességű szennyezőket tartalmazhat.
- Míg a toxicitás vizsgálat eredményei közvetlenül alkalmazhatók (pl. hígítási számításoknál) a bioakkumuláció és perzisztencia nem értékelhető magában, csak a szennyezésnek való krónikus kitettség vizsgálatával együtt.
- Idejekorán informálja mind az üzemeltetőt, mind a hatóságokat a potenciális környezeti kockázatról.
- Megfelelő technikákkal felhasználható veszélyes komponensek beazonosítására, elősegítve ezek kibocsátásának csökkentését.

A WEA alkalmazásával kapcsolatban ugyanakkor még számos tudományos kérdés is felmerül:

- A P-T-B hármastól a súly a toxicitáson van, hiányzik az egyetértés ill. a szabvány a bioakkumuláció és a perzisztencia vizsgálatára.
- Magában a WEA általában nincs tekintettel az üledékekre és a tápláléklánckra, melyek ugyanakkor részei lehetnek egy szélesebb körű környezeti kockázatfelmérésnek.
- Fontos, hogy a WEA vizsgálatok eredményeit a mintavétel térbeli és időbeli elhelyezkedésével, az alkalmazott tesztekkel, a feltevésekkel és a statisztikai kiértékeléssel együtt interpretáljuk. Ezekben a kérdésekben további egyeztetésre és nemzetközi szabványosításra van szükség.

Általában a WEA egy alkalmas eszköz a környezetirányítási rendszerben egy szennyvízáram környezeti jellemzőinek részletes leírására. Ahogy azt már említettük, gyakorlatilag lehetetlen megadni minden egyes szennyező komponens mennyiségét egy szennyvízáramban. Egy jól tervezett WEA program azonban jó összesítő jellemzést adhat a szennyvízminőségről. A WEA egy a szennyvízáramok jellemzői között a kibocsátott áramok jegyzékében (lásd 2.2.1.2. fejezet).

A WEA lehetséges felhasználási területei:

- A szennyvizek toxicitásának szabályozása - Néhány országban számszerű toxicitási határértékeket is alkalmaznak a kibocsátási engedélyekben, míg máshol a toxicitási adatokat tervezéshez és általános értékeléshez használják. A toxicitási kritériumok felállítása konzisztens értékelést tesz lehetővé: beavatkozás, intézkedés általában akkor történik, ha a kibocsátás ismételt nem felel meg a határértékeknek. Ennek alternatívájaként kevésbé formális megközelítésben a toxicitási adatok használata csökkenti a bizonytalanságot, kiegészítve a környezeti kockázat kémiai adatokon alapuló becslését. A toxicitás mellett a perzisztenciáról ill. bioakkumulációról rendelkezésre álló adatok hasonlóképp használhatók.⁴
- Egyes szennyvizek vízi környezetre gyakorolt hatásának környezeti kockázati rangsorolása

⁴ Az alkalmazási lehetőségeket leírja: de Maagd, R.G.-J. 2000. Bioaccumulation tests applied in whole effluent toxicity testing. *Env. Toxicol. & Chem.* 19(1): 25-35.

A WEA felhasználható a különböző kibocsátók által jelentett kockázat rangsorolására, lehetővé téve az összpontosítást a fontosabb helyekre.

- Toxicitás azonosítás / Csökkentés értékelés (TIE/TRE)
A TIE/TRE értékelés megmutatja, hogy miért mérgező egy adott szennyvíz és mit tehetünk a toxicitás elfogadható szintre csökkentéséért (lásd <http://www.setac.org/wettr.html>). A TRE úgy is meghatározható, mint egy hely-specifikus, lépésenkénti vizsgálat⁵, melynek célja:
 - a toxicitásért felelős komponens azonosítása
 - a toxikus komponens forrásának azonosítása
 - a toxicitás csökkentési lehetőségek hatásának értékelése
 - a végrehajtott toxicitás csökkentés végeredményének értékelése

A TIE definíciója szerint egy olyan eljárás, melynek során beazonosítható a toxicitásért felelős komponens (ez megegyezhet a TRE során tett lépések egy részével). A toxicitás elfogadható szintre történő csökkentése jelentheti a káros összetevő forrásának beazonosítását és a kibocsátás csökkentését, de lehet ez egy megfelelő specifikus kezelési lépés megtalálása és bevezetése is. A TIE/TRE lehet nagyon egyszerű, de lehet igen összetett is, logikus keretet adva az üzemeltetőknek egy-egy jelentős toxicitási probléma kezeléséhez. A TRE megközelítés a tervezésben is segíthet a legköltséghatékonyabb megoldás megtalálásával. Ez a vizsgálat azonban tapasztalt szakértőket és jó laboratóriumi hátteret követel (kémiai és toxikológiai felszereltséggel). Hagyományosan a TIE/TRE vizsgálatok a toxicitáson alapulnak, de kiegészíthetők mind a perzisztencia, mind a bioakkumuláció vizsgálatával is (pl. PIE/PRE vagy BIE/BRE).

- A szennyvízkezelési intézkedések prioritásának meghatározása - A szennyező beazonosítás ill. csökkentés fentebb leírt értékelése felhasználható a különböző szennyvízkezelési intézkedések hatékonyságának becsléséhez és hatékonyság szerinti sorba rendezésükhöz. Így például a toxicitási értékek megadhatják a javasolt eljárás által elért javulás összesített mértékét (pl. félüzemi kísérletek esetén). Az ilyen információk segítségére lehetnek a döntéshozóknak a szennyvíztisztításra fordított pénz leghatékonyabb befektetéséhez.
- A kezelés hatékonyságának megítélése
Ha egy adott üzem már felújította szennyvízkezelő rendszerét, a toxicitás és más jellemzők mérése felhasználható a tisztítás hatékonyságának hosszabb távú értékeléséhez is. Egy – különböző szennyvízárámok toxicitását vizsgáló – összehasonlító tanulmány kimutatta, hogy a hagyományos kezelési lépések fejlesztése nem garantálja az akut toxicitás megszűnését.⁶
- A befogadó környezetre gyakorolt hatások okainak visszakeresése
Ahol a befogadó környezetben negatív hatások mutatkoznak, a WEA (általában a befogadóban található hígítást alkalmazva) használható az okok és hatások összekapcsolására. Így például egy jól tervezett WEA

⁵ USEPA. 1991. Technical support document for water quality based toxics control. Washington DC: Office of Water. EPA/505/2-90-001.

⁶ Tonkes, M., P.J.F. de Graaf and J. Gransma 1999. Assessment of complex industrial effluents in the Netherlands using a whole effluent toxicity (or wet) approach. Water Science and Technology 39 (10-11):55.

kísérletsorozattal eldönthető, hogy a szegényes vízfenéki társulásért egy adott szennyvízkibocsátásnak okolható-e. Ezen túlmenően a szennyvízvizsgálat felhasználható a befogadó környezet értékelésére is, lehetővé téve a kettő összevetését.

- Hely-specifikus kockázatbecslés
Egy adott szennyvízáram által jelentett környezeti kockázat előzetes becslésének egyik lehetséges módja a biológiai hatások esetén a WEA.⁷ Fontos lenne megkísérlni a WEA validálását a teszt és a valós vízi környezetben mért biológiai hatások összevetésével.⁸

Ahogy azt a fenti példák is mutatják, a WEA a BAT tekintetében hozott döntéseket számos gyakorlati módon segíthetik. Minden ország eldöntheti, hogy az alkalmazások mely kombinációja illik legjobban a kibocsátás szabályzási elveihez és gyakorlatához. Legyen az szigorúan kibocsátás alapú vagy a vízminőséggel kombinált rendszer, a WEA a legtöbb esetben segíthet a kibocsátások kezelésében.

2.2.1.2 A vízhasználat és a szennyvízkibocsátás csökkentése

Az Európai Unióban számos helyen növekvő jelentősége miatt helyénvaló egy fejezetet szentelni a víztakarékosságnak (azaz a vízfelhasználás és az ebből eredő szennyvízkibocsátás csökkentésnek) és/vagy az újrahasznosításnak, mint vízgazdálkodási lépéseknek. A víztakarékosság, például, gyakran segít a szennyezőknek a gázból vízfázisba történő átadása során fellépő negatív hatások csökkentésében. Talán nem túlzás azt állítani, hogy a víz újrahasznosításnak ill. visszaforgatásnak inkább a szándékok és a kreativitás mintsem a technikai lehetőségek szabnak csak határt. Ez természetesen a helyi körülmények függvénye. A megfontolandó tényezők:

- a vízfelhasználás – és az ebből következő szennyvízkibocsátás csökkentési stratégiák kidolgozása a termelésben [cww/tm/67d], úgymint:
 - a folyamat olyan megváltoztatása, ami a (friss)vízhasználat csökkenéséhez vezet. pl. a vizes helyett léghűtés bevezetése
 - közvetlen szennyvíz-visszaforgatás, azaz az enyhén szennyezett szennyvizeknek a hasznosítása más folyamatokban, ahol az adott szennyezők nem zavarhatnak. Ez anélkül vezet a vízfelhasználás, s így a szennyvízkibocsátás csökkenéséhez, hogy a szennyezőanyag terhelés megváltozna.
 - a szennyvíz előkezelést követő újrahasznosítása (azonos vagy más eljárásban), ami mind a frissvíz felhasználást, mind a szennyvíz-, mind a szennyezőanyag kibocsátást csökkenti;
- A hulladékgáz kezelési eljárások átvizsgálása (pl. nedves mosók, biofilterek, vizes hűtők, nedves ciklonok, nedves elektrosztatikus leválasztók) a nyersvíz

⁷ Chapman, P.M. 2000. Whole effluent toxicity testing – usefulness, level of protection, and risk assessment. *Env.Toxicol.&Chem.* 19(1):3-13

⁸ Grothe, D.R., K.L. Dickson and D.K.Reed-Judkins (eds). 1996. Whole effluent toxicity testing: an evaluation of methods and prediction of receiving system impacts. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Pensacola. FL. USA.

igényük szempontjából és lehetőség szerint használatukkal elkerülése azokban az esetekben, ahol a nyersvíz limitáló tényező vagy ahol a befogadó érzékenysége korlátoz.

A vízfelhasználás és a szennyvízkibocsátás csökkentéséhez általában az alábbi utat használhatjuk [cww/tm/67d]:

Első lépésként a vízmérleget és a közvetlen újrahasználatot gátló szennyezők mérlegét kell felállítani. Amennyiben a szennyvizek jegyzékéből nem kaphatunk konzisztens adatokat, azok összeegyeztetésére és további mérésekre van szükség.

Állandósult állapotú anyagmérlegek alapján már számos vízfelhasználás csökkentési alternatíva vázolható fel és értékelhető. A szennyvízmennyiség csökkentésére hasznos lehet a különböző termelési lépésekből származó szennyvizek keverése és a keverék recirkulálása, növelve a kicsapás és a korrózió lehetőségét. Az ilyen fejlesztésekhez használható eszközöket a 2.2.1.3. fejezet mutatja be.

Nem tekinthetünk el azonban attól, hogy a közbenső kezeléssel el nem távolítható szennyezők feldúsulása korlátozhatja a víz visszaforgatás mértékét.

2.2.1.3 A kibocsátott hulladékgázok mennyiségének meghatározása

Az egyes forrásokból kibocsátott gázáramok oka eltérő lehet, így ezeket külön-külön kell értékelni ahhoz, hogy az összesített gázkibocsátást megkaphassuk. A kibocsátás csökkentés ugyanakkor viszont sokkal inkább az okokra, mintsem a kibocsátás közvetlen forrására kell koncentrálni.

A kibocsátás mennyiségének meghatározása forrásonként

Az egyes forrásonként kibocsátott gázáramok mennyiségét az 1999/13/EC sz. Tanácsi Direktívában (VOC-Direktíva) rögzített módon lehet meghatározni [cww/tm/88].

A kibocsátott gázok leltárának elkészítéséhez minden potenciális forrást számításba kell venni. Ezt – az egyes kibocsátások típusától és relatív mértékétől függően – becsléssel, számítással és méréssel tehetjük meg. Bizonyos áramokat a kibocsátó forrás-, másokat a kibocsátás oka alapján lehet legpontosabban meghatározni. A nem befogható (diffúz) kibocsátások mérése különösen nehéz, ezért ezeket a kiváltó ok alapján határozzuk meg.

Néhány, a fentieket illusztráló példa:

- A termékből származó kibocsátás (általában VOC) akkor becsülhető, ha ismerjük a termék gáz – ill. azzá váló anyag tartalmát. Így pl. jól meghatározott a termékben levő oldószer mennyisége, mely mellett ismerhetjük az eladott ill. újrahasznosított mennyiségeket is.
- Ha van hulladékban gáz (ill. azzá váló anyag), ezek mennyiségét méréssel vagy más módon kell meghatározni, a kibocsátott gázáram számításához, mely utóbbit még a hulladék elhelyezés módszere is befolyásolja.
- Csővezetékéből származó kibocsátások esetén a megfelelő gázáram és koncentrációk (lehetőleg a folyamat több pontján történő) mérésével határozhatjuk meg a kibocsátást. Az ilyen mérés azonban gyakran igen nehezen kivitelezhető és költséges, befolyásolhatja a gázok pára – és lebegőanyag tartalma vagy más körülmények és csak egy pillanatnyi értéket rögzít egy – sok esetben időben változó – folyamatból. Ahol ezért a mérés

nem kivitelezhető, a számítás az elterjedt módszer. Ennek alapfeltétele, hogy ismerjük a kibocsátás okát. Így pl. ha egy ilyen gázáram egy oldószer kipárolgásából származik a szárítás során (VOC kibocsátás), általában egyszerűbb a termék szárítás előtti oldószertartalmából kiindulni, míg füstgázok esetén (NO_x , SO_x , stb.) vagy más veszélyes komponensek esetén a kéményben kell mérni.

- Egy gáztisztító rendszeren átjutó mennyiség számítható, ha ismerjük a rendszer tisztítási hatásfokát és a bemenő gázáramot.
- A nem behatárolható (diffúz) forrásból származó kibocsátást – jellegénél fogva – nehéz és gyakran igen költséges méréssel meghatározni. Ezért ezeket az alább részletezett módszerekkel az okuk alapján lehet számításba venni. Mindazonáltal, mielőtt elvetjük a mérés lehetőségét, meg kell vizsgálni annak kivitelezhetőségét.

A kibocsátás meghatározása annak oka alapján

Az okok alapján történő gázkibocsátás meghatározás sok esetben az egyetlen gyakorlatban kivitelezhető módszer, különösen diffúz kibocsátásoknál, de számos pontforrás esetén is ezt kell használnunk. Számos módszert követhetünk az ilyen számítások elvégzésére, melyek mindegyike becslésnek tekinthető, gyakran csupán nagyságrendi becslésnek.

Példák:

- Egy folyamatból származó emisszió számításának alapja a folyamat részletes ismerete. Sok esetben ez meglehetősen pontos eredményre vezet, melyet azután esetleg méréssel is megerősíthetünk. A számítások során nem szabad figyelmen kívül hagyni a folyamat lényegéből fakadó változékonyságot. Ez lehet időbeli – mint a szakaszos folyamatok esetén –, vagy minőség szerinti (különböző termékek kibocsátása is más) változékonyság, melyet figyelembe kell venni a számításoknál. Fel kell jegyezni a mérések pontos üzemi körülményeit és elegendő számú mérést kell végezni a változók teljes körének lefedésére. A változások kiegyenlítése miatt az éves anyagmérlegnek az adott év teljes termelésén kell alapulnia.
- A tároló tartályok kibocsátásának számításához az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (USEPA) által kidolgozott módszert használhatjuk [cww/tm/89]. A számítások igen összetettek és szükség van a helyi meteorológiai intézetektől beszerezhető néhány adatra is. A felszín feletti atmoszférikus tartályokból jelentős emisszió származhat, míg a földalatti ill. atmoszférikusnál nagyobb nyomású tartályokból ez az ún. „kilégzési” veszteség már jóval kisebb mértékű. A működési veszteség függ az éves munkaciklusok (töltés-ürítés) számától, és ezzel arányosak. A gőz visszazívással történő tartálytöltéssel az ilyen veszteség elkerülhető, így számos esetben a tároló tartályokból származó kibocsátások a más forrásokból származóhoz képest csekélyek. Ezért mielőtt részletes számításokba kezdenénk érdemes a tárolási veszteségeket anyagmérleg alapon becsülni. Amennyiben szükség van a részletes számításokra, ajánlatos erre az USEPA által kifejlesztett „TARTÁLYS” program használata, mely nem más mint a fent említett módszer számítógépes változata.
- Az anyagkezelésből származó kibocsátásnál a tárolóedényből annak töltésekor kihajtott levegőt, a betöltött termék aktuális hőmérsékleten vett gőznyomását és a telítettséget kell figyelembe venni. A betöltés módjától is függő telítési

tényező a töltés közben átlagosan a gőztérben levő telítettséget adja meg. A telítési tényező értéke tehergépjárműre szerelt BLC tartályok esetére [cww/tm/72]:

- alámerített töltés tiszta tartályba: 0,5
 - alámerített töltés nedves (azonos célra használt) tartályba: 0,6
 - csobogó töltés: 1,45 (az 1-nél nagyobb tényező a gőz mellett jelenlévő kihordott folyadékcseppek miatti túltelítést jelenti).
- A berendezések szivárgásának számításának alapjai az USEPA által kifejlesztett egyszerű (a szivárgási pontok számára és átlagos, pontonkénti szivárgásra alapuló) vagy összetett (a luk felületén mért ppm koncentráción és a berendezés típus specifikus szivárgás korrelációján alapuló) módszerek. További információ erről az USEPA-453 Protokollban [cww/tm/152], vagy a szintén ezt részletező „Diffúz VOC kibocsátások” c. IMPEL projekt [cww/tm/154] leírásában található. Ezek a számítások durva becslésnek tekinthetők, a kifinomultabb módszerek általában kisebb értékeket eredményeznek. A berendezések számán alapuló számítás az egyetlen módszer, mely nem igényli szerves gőzök koncentrációjának elemzését minden egyes potenciális szivárgási ponton. Amennyibe ezek célnak megfelelő eredményre vezetnek, nincs szükség további elemzésre. Ha azonban a berendezések szivárgása jelentősnek tekinthető, szükség van egy olyan Megfigyelő és Karbantartó programra [melyet Szivárgás Detektáló és Javító (LDAR) programnak is neveznek], melyben minden egyes potenciális szivárgási ponton mérnek és az észlelt hibákat javítják. Ez a munka a mérések kivitelezésében és adatbázisban történő rögzítésében szerzett jártasságot kíván, így általában külön szakértőkre bízják.
 - Számításba kell venni az indulásnál, leállásnál és karbantartás során keletkező kibocsátásokat is, melyek nagyban függenek az alkalmazott módszertől, így ezek becslésére nincsenek széles körben elfogadott módszerek. Szakaszos üzemben, az edények gyakori nyitása/zárása miatt azonban az ilyen emisszió számottevő lehet. Ezekben az esetekben a legjobb gyakorlati módszer alkalmi mérési sorozattal meghatározni az egyes műveletekhez kapcsolódó kibocsátást.
 - Véletlenszerű kibocsátásnak elvileg nem szabad történnie. Mivel azonban ez a gyakorlatban elkerülhetetlen, figyelembe kell venni az anyagmérleg készítése során. javasolt az ilyen esetek jegyzőkönyvezése és a becsült kibocsátások feljegyzése.

2.2.1.4 Energia és anyagáram elemzés (EMFA)

Energia és anyagáram elemzés (EMFA) az eszközök egy széles tárházát jelenti, melyekkel – a belső anyag és energiaáramok szisztematikus követésével – az energia-, nyersanyag – és vízfogyasztás ill. szennyezés kibocsátás optimalizálható. Ez nem más, mint az áramok leltárának része vagy kiegészítése, ahol az összegyűjtött adatokból levonjuk a megfelelő következtetéseket. Az elemzés elvégzéséhez különböző részletességű számítógépes programok állnak rendelkezésre. Az EMFA általános módszere az alábbi lépésekből áll:

- a folyamat be – és kilépő áramainak elemzése
- a lépések iteratív ismétlése a fejlesztési potenciál meghatározásához az áramokat a célzott értékekhez hasonlítva

- a különböző forgatókönyvek szimulálása (folyamatterv) értékelve mindegyik forgatókönyv környezeti hatását
- a célokhoz képest „legjobb” megoldás megtalálása (költséghatékonyság, hulladékkeletkezés megelőzése, erőforrás takarékoság stb.)

Az EMFA célja a folyamat hatékonyabb vezetése és környezeti hatásainak csökkentése (pl. szennyvízkibocsátás és/vagy vízfelhasználás), mely végső soron a költségek csökkentését is eredményezi.

2.2.2 Az üzem környezetgazdálkodásának eszközei

Ezek a tevékenységek a létesítmény kibocsátásainak állandó ellenőrzését, fölmérését, a környezetvédelmi célkitűzések föllállítását és programszerű végrehajtását valamint a szennyezett közegáramok gyűjtésének, elvezetésének és kezelésének előzetes előírására, fölmérésére szolgálnak.

2.2.3 A környezetgazdálkodás stratégiai eszközei

Ezek kockázatelemzés, összehasonlító teljesítményértékelés (Benchmarking), valamint az életciklus elemzés magyarországi viszonylatban is bevezetett módszerei.

2.2.4 A biztonsági és havária helyzetkezelés eszközei

Ezek a tevékenységek a létesítményben bekövetkező váratlan eseményekkel, és elhárításukkal (pl. tűz, és tűzoltás, ill. hasonló) kapcsolatos környezeti vonatkozásokra irányulnak, kibocsátásaiknak csökkentésére, kezelésére vonatkoznak.

Itt szerepel a létesítmény környezetvédelmi kárelhárítási terv követelménye is.

3 AZ ALKALMAZOTT (SZENNYVÍZ – ÉS GÁZKEZELÉSI) TECHNOLOGIÁK

A Dokumentum központi részét képező jelen fejezetben **fontosabb, jelentősebb technológiákat** ismertet (kevésbé eltérő alváltozatok tárgyalása nélkül), (pl. kézikönyvben megtalálható) **fizikai és kémiai alapismeretek nélkül**.

E technikák közös vonása, hogy „csóvégi” jellegűek, jellemzők a vegyiparra, beleértve a helyi **energiatermelő, vagy égetőegységeket is**, részletesebb információkért azonban a **nagy tüzelőberendezések, ill. hulladékégetők BREF** dokumentumaihoz célszerű fordulni:

A gyártási folyamatok részét képező **szennyezés megelőzési intézkedéseket** egyedi speciális esetekre kevésbé érintik, csak ha alkalmazásuk általános, vagy széleskörű.

3.1 A fejezet tárgyalásmódja

Az információk rendszerezésének célja, hogy az üzemeltető és az engedélyező **feladatait megkönnyítse, ill. egységes, összehasonlítható technológiai variánsok kialakítását** lehetővé tegye, ha a feladat:

- engedély dokumentáció megszerkesztése
- a BAT feltételek kielégítésén dolgozó üzemeltető tevékenysége
- emiatt az egyes technológiáknál a fejezetek alpontjai az alábbi sorrendben következnek:
 - ismertetés
 - alkalmazás(i területek)
 - előnyök/hátrányok
 - elérhető szennyező koncentráció határok/eltávolítási hatások
 - elemek közötti szennyezésáttét
 - üzemellenőrzés
 - gazdaságosság

3.2 A technológiák költségei

Mind a hely, mind pedig az adott vegyipari eljárás tekintetében igen nagy különbségek állhatnak elő **egyenként az alábbi esetekben is**:

- új környezetvédelmi technológia létesítése
- meglévők rekonstrukciója
- gyártáson belüli szennyezés megelőzés
- a kezelést lehetővé tevő infrastruktúra létesítése (pl. csatornahálózat).

Valamivel értékelhetőbb, összehasonlíthatóbb információk szülehetnek, **fajlagos költségek szerepeltetésével** (viszonyítási alapok):

- 1 t termék előállítás
- 1 m³ szennyvíz, vagy
- 1000 m³ véggáz kezelése,
- 1 kg szennyező-komponens eltávolítás

Különféle költségnemekről a következő pontok, ill. a [cww/tm/48] szólnak.

3.2.1 A létesítmény önköltségének viszonya a berendezések árához

Alapvető fontosságú a címben jelzett ellentmondás, tehát különös óvatossággal kezelendők a (fő) technológiai berendezések szállítói ajánlati áradatai. Utóbbiak összege a teljes létesítmény **beruházási költségeinek tipikusan mindössze 20-30 %-át**, de esetenként alig több mint 10 %-át **tehetik ki**.

Az **üzemeltetési költségek** tekintetében hasonlóan nagy eltérések lehetnek, amelyeknek okai az alábbi költségforrások nagyságának eltérései:

- energia és közműfelhasználás
- vegyszerek és segédanyagok ára
- munkaerőigény
- (másodlagos) szennyezőkibocsátás, ill. elkerülésének költségei.

A beruházási költségek nagymértékű különbözőségének okai lehetnek, hogy egy környezetvédelmi létesítmény gyakran szükségessé teszi.

- meglévő berendezések áthelyezését
- termelés kiesés többletköltségeit, ill. profitkiesését elviselését
- csatornahálózatokat bővíteni, áthelyezését
- talajmechanikai vizsgálatok elvégzését, figyelőkutak létesítését
- tervdokumentációk készítését meglévő folyamatokról, berendezésről, műszerezettségéről
- meglévő csővezetékek, gépek cseréjét/módosítását.

Az alábbiakban egy 1997 évi kőolajfinomítói véggázkezelési technológia létesítésének költségszerkezetét mutatjuk be millió Euro egységekben [cww/tm/48]:

Költségnem:	Költség:
Gép	7,3
Vegyszer és katalizátor	0,6
Berendezési árak összesen:	7,9

Kiviteli tervezés	0,8
Helyszíni művezetés	1,6
(Ingatlan) tulajdonjog	2,4
Közvetett költségek összesen:	12
Alvállalkozók	8,6
Ideiglenes létesítmények és fogyóanyagok	0,4
Közvetlen nem beszerzési jellegűek összesen:	9,0
Összes beruházási költség	28,9
Engedélyeztetés	0,5
Végösszeg:	29,4 M Euro

3.2.2 Zöldmezős – Rekonstrukciós beruházások

A zöldmezős beruházás esetén közvetlenül tervezendők és költségjellemzők a létesítmény feltételei infrastruktúrája, valamint teljesítőképessége.

A **rekonstrukció megvalósítási folyamatában** általában **nehezítő tényezőként** jelentkeznek:

- komplex, időigényesebb koncepció kialakítás
- a meglévő folyamat változásainak hatását megadó próbauzemeltetési kísérletek
- új technológia hatásvizsgálata minden **meglévő eszközre, folyamatra**
- bonyolult sokrétű határfelület rendszer a régi és új folyamat/létesítményelemek között
- zavartalan kivitelezés biztosítása üzem közben
- éves nagykarbantartási leállás kihasználásával nehézsége kivitelezésre
- régi szükségtelen berendezések (üzemközbeni) bontása
- személyzet betanítási problémái új működése
- tervezési, engedélyezési, üzemeltetési, karbantartás, biztonság dokumentációk készítésének nehézségei.

A kétféle megoldás közötti választás rendkívül körültekintő mérlegelést igényel, amelyeknél a megvalósító cég tekintélyének alakulása éppúgy tényező, mint társadalmi szereplőcsoportok közreműködése, reakciói (vásárlók, részvényesek, környező lakossági képviselők, zöld szervezetek, hatóságok, törvényhozók, önkormányzatok stb.)

3.2.3 Beruházási és üzemköltségek

Nyilvánvaló, hogy egyes technológiai variánsok összevetésénél az ellentétesen alakuló beruházási és üzemköltség eredő optimuma keresendő.

Az egyes országokban eltérően alakuló munkaerőköltség miatt a munkaerő szükségletet az alábbiakban órában kifejezve adjuk meg.

3.2.4 Környezetvédelmi technológia első alkalmazása ill. hatásjavítás

Alapvetően eltérően számítható a költség/hatékonyság viszonya a két esetben.

Amennyiben a referencia kezeletlen szennyező-kibocsátás esete, a technológia alkalmazásának költségeit a kibocsátás %-os mérséklésére vagy, pl. tonnánkénti csökkentésére vonatkoztatjuk.

Amennyiben már valamilyen szinten működik egy meglévő technológia amely pl. (A) kg-ban kifejezett emisszió csökkentéssel jellemezhető és úgy új (B) változat létesül az intézkedések K_{eff} költség hatékonysága C pénzegységben kifejezett költség mellett az alábbiak szerint alakul:

az index $K_{\text{eff}} = (B-A) / C$ [kg kibocsátási szintkülönbség/pénzegység]

3.3 Szennyvízkezelési technológiák

3.3.1 Gyártófolyamatba integrált megoldások

A következőkben olyan, utólag is beépíthető megoldásokat ismertetünk, amelyek a szennyvízkezeléssel kapcsolatban jelentősek, majd pedig szemléltető példákat mutatunk be a szennyvízkezelésre vonatkozóan, pl. víztakarékossági megoldásokat, melyeket azonban óvatosan kell alkalmazni, mert ezek egyéb környezeti vonatkozásban akár negatív eredményhez is vezethetnek.

3.3.1.1 Ellenáramú extrakció, egy példa a víztakarékos eljárásokra

A hagyományos termékmosási-eljárások egyszerű többszöri extrakciók, melyek szakaszosan üzemelnek, és így mossák ki a terméket szennyező sókat és egyéb

oldható szennyeződések. Az ilyenkor felhasznált víz mennyisége általában a többszöröse a tisztítandó termék mennyiségének, ugyanakkor a termékveszteség elkerülhetetlen, mert pl. az is oldódik a mosásra használt vízben vagy esetleg a vizes fázishatár felületen szilárd réteget vagy emulziót képez.

Az extrakciós eljárás optimalizálásával és/vagy fejlettebb extrakciós technika, mint pl. ellenáramú extrakció alkalmazásával jelentősen csökkenthető szennyvíz és a hulladék mennyisége. A vizes extrakcióval eltávolított szennyeződés koncentráltabb lesz, és ezáltal a szennyvíz tisztítása, esetleg az abban lévő anyagok recirkulációja is egyszerűsödik. A különböző extrakciós eljárások alkalmazása függ a termelési folyamattól is, így pl. függ annak gyakoriságától és a termelési kapacitástól. Az ellenáramú extrakciót nagykapacitású gyártásoknál alkalmazhatjuk gazdaságosan. Kisebb termékmennyiségeknél, félüzemi nagyságrendű termeléseknél és/vagy ritkán, kampányszerűen termelő üzemekben más extrakciós megoldásokat célszerű alkalmazni.

3.3.1.2 A víz többszöri felhasználása és recirkuláltatása

Megkülönböztetünk:

- szennyvizet, amelyek közvetlenül a termelésből származik, pl. reakció oldószere, desztillátum, mosóvíz, szűrlet,
- készülékek tisztításából származó szennyvizet, pl. egyszerű tisztítás, termékváltás, karbantartás.

A recirkulációt nagymértékben elősegíthetjük, ha a szennyvízből valamilyen közbülső lépéssel el tudjuk távolítani a zavaró komponenseket, pl. közömbösítést alkalmazunk, sztrippelünk, szűrünk. Az egyes eljárásoknál alkalmazott vizeket vagy anyalúgot újra fel tudjuk használni, ha az abban lévő komponensek, pl. melléktermék, különböző sók, nem befolyásolják kedvezőtlenül a termék minőségét. Általában, a többlépcsőből álló mosásoknál az egyes lépcsők mosóvizeit közvetlenül használhatjuk az előző lépcsőben vagy technológiai vízként vagy annak pótlására.

A mosásból, öblítésből és a készülékek tisztításából származó vizek újrafelhasználása nemcsak csökkenti a direkt vízfelhasználást, hanem növelheti a kitermelést is, ha ezeket a vizeket a termelésben újrafelhasználjuk, recirkuláljuk. Ehhez szükséges a kérdéses vizek gyűjtése és megfelelő tárolása.

3.3.1.3 Gázok és párák indirekt hűtése

Víz gáz- gőzfázisba történő direkt befecskendezésével hűtjük és kondenzáltathatjuk a gázokat, illetve a párákat. A direkt hűtésnek ez a formája azonban nagymennyiségű szennyvizet eredményez. Ha a kérdéses hűtést egy hőcserélő beépítésével oldjuk meg, vagyis indirekt hűtést alkalmazunk, akkor a hűtővíz nem érintkezik a gáz- gőzfázissal, és annak szennyező anyagai nem kerülhetnek be a vízbe, hanem a gőzfázisban ill. az esetleges kondenzátumban maradnak. Pl. egy tonna vízgőz kondenzáltatásához és

35°C-ra történő hűtéséhez (mely egy elfogadott kibocsátási hőmérséklet) mintegy 27 m³ hűtővíz szükséges. Hőcserélőt alkalmazva, az indirekt hűtés során recirkuláltatott hűtővizet használunk. A recirkuláltatott hűtővizet aztán hűtőtornyokban hűtjük vissza úgy, hogy a víz egy részét elpárologtatjuk, és ennyi lesz a tényleges vízveszteség.

Az indirekt hűtést azonban nem alkalmazhatjuk, ha a gáz- gőzfázis szilárd szennyeződések, szublimáló anyagokat, kristályokat, hűtésre kiváló, lerakódó és megkeményedő anyagokat tartalmaz, melyek a hőcserélő felületét elszennyezik és emiatt a hőcserélőt túlságosan sokszor kell tisztítani és karbantartani.

Számos egyéb esetben sem alkalmazhatunk indirekt hűtést, így pl.:

- kristályosításnál, amikor is egy szűrhető, nagy kristályok nélküli szuszpenzió kialakításához gyors hűtés szükséges (hősokk),
- aminok diazotálásánál azért, hogy állandóan és egyenletesen alacsony hőmérsékletet tartsunk, mellyel az aminok termikus dekompozícióját illetve kiválását és ezzel egy fokozott robbanásveszély kialakulását akadályozzuk meg,
- magashőmérsékletű reaktorból kilépő forró gázelegyek gyors hűtése (kvencselés), mellyel „befagyasztjuk” a gázelegyen végbemenő káros reakciókat, pl. pirolízis után. A víz a hűtéssel egyidejűleg abszorbeálja az esetleges szennyeződések is.

3.3.1.4 Szennyvízmentes vákuum-előállítás

Vákuum előállítására, egyszerűségük és olcsóságuk miatt, általánosan elterjedtek a vízszugár és gázszugár szivattyúk.

Szennyvízmentes vákuum-előállításra használhatunk mechanikus vákuumszivattyúkat, melyek különböző típusúak lehetnek, pl. szárazon üzemelő típusúak, vagy zárt vízkörrel (kevesebb, mint 5% lefűvadás) üzemelő víz-(folyadék) gyűrűs vákuumszivattyúk, diafragmások, stb. Ezek alkalmazásakor megfelelő körültekintéssel kell eljárni, figyelembe kell venni a szivattyúban fellépő esetleges korróziós veszélyeket, lerakódásokat, robbanásveszélyt, az üzem működtethetőségét és biztonsági előírásait.

Ügyelni kell arra, hogy a vákuumszivattyúban kondenzáció ne következhesen be, a leghidegebb pontra kötjük az elszívást, és hogy az esetleg elszívott gázok, gőzök a fent említett szempontok mellett ne zavarják a szivattyú kenését sem. Ilyen esetben mindenképpen „száraz” vákuum szivattyúkat alkalmazunk.

3.3.1.5 Szennyvízmentes véggáz-tisztítás

A vegyiparban üzemelő véggáz-tisztító berendezések mintegy harmada vízzel vagy valamilyen vizes lúgos oldattal dolgozik. Ezek megkötik a savas szennyeződések és vízoldható szerves szennyeződések.

Szennyvízmentes véggáz-tisztító technológiákat alkalmazunk, ha különösen veszélyes anyagokat vagy el nem bomló szerves anyagokat távolítunk el, amelyek veszélyt és üzemzavart jelentenek a biológiai szennyvíz-tisztítókra, illetve azok üzemelésére vagy kezeletlenül lépnének ki a természetbe.

Példák szennyvízmentes véggáz-tisztító technológiákra:

- hulladékgázok összegyűjtése és termikus vagy katalitikus oxidálása, lehetőleg energia-visszanyeréssel kombinálva,
- megfelelő „száraz” portalanító berendezés alkalmazása, pl. dermisztorok, ciklonok, elektrosztatikus porválasztók, ülepítők, szűrők),
- „száraz vagy félszáraz” gázkezelő rendszerek alkalmazása szerves és/vagy szervetlen szennyeződések megkötésére, pl. aktív szén, mész vagy nátrium karbonát beadagolás,
- regenerálható abszorbensek, oldószerek alkalmazása.

3.3.1.6 Szennyező komponensek kinyerése vagy visszatartása anyalúgokból optimalizált eljárással

Az egyes szubsztanciák, anyagok, szennyvízből történő kinyerése csak akkor oldható meg reális ráfordításokkal, ha a szennyvíz a kérdéses anyagban kellőképpen koncentrált. Ez gyakorlatilag csak az anyalúgok esetében áll fenn, melyek a különböző reakciók visszamaradt vizes fázisai vagy mosóvizei.

A kinyerés magába foglalja:

- hasznosítható komponensek, pl. nyersanyagok, termékek, oldószerek, katalizátorok kinyerése,
- az anyag átalakítása más formába, majd kinyerése, pl. klórtartalmú szerves anyagok termikus átalakítása és a klór hidrogén klorid formájában történő kinyerése.

A szubsztanciákat gyakorlatilag csak akkor nyerhetjük ki a szennyvízből, ha azok koncentrációja nagy, 10 g/lit vagy nagyobb. Az ennél alacsonyabb koncentrációjú anyagokat csak akkor nyerhetjük ki egyszerűen, ha azok könnyen eltávolíthatóak a szennyvízből, pl. illékonyak, kicsaphatók vagy extrahálhatóak.

A szubsztanciákat vissza is tarthatjuk, ha a kérdéses eljárást optimalizáljuk illetve más műveletek hozzáadásával fejlesztjük pl. anyalúg feldolgozás módosítása. Ezzel nemcsak a szennyezőanyag-kibocsátást csökkentjük, hanem a folyamat kitermelését is javítjuk. A szubsztanciák visszatartása megoldható, pl. adszorpcióval, extrakcióval, kémiai átalakítással, oxidációval vagy termikus ártalmatlanítással.

3.3.1.7 Kis szennyezőanyag-tartalmú nyers- és segédanyagok használata

Szennyezett nyers- és segédanyagok szennyezéseiket beviszik a termelési láncba, és ezzel a szennyvíz rendszerbe.

Például:

- fémek nyers növényi zsírokból,
- klór tartalmú organikus anyagok és más tisztátalanságok a technikai minőségű sósavból,
- higanyszennyezések a klór-alkáli, amalgám alapú elektrolízisből származó nátrium hidroxidból,
- egyéb más technológiákból származó anyagok szennyezései.

Az üzemeltető beavatkozása általában korlátozott:

- a beszállítók hiányos információja miatt,
- a recirkuláció által felhalmozódó szennyezés koncentrációja által,
- a nyersanyagok feldolgozásából adódó emissziós problémák áthelyeződése következtében.

Célszerű, hogy a nyersanyagok tisztítását a gyártó végezze el, mert ő rendelkezik a megfelelő technikai felszereltséggel, mellyel a szakszerű tisztítás, hulladék-elhelyezés és ártalmatlanítás elvégezhető, pl. nátrium hidroxid szűrése és adszorpciós tisztítása.

3.3.2 Az áramok, terhelések kiegyenlítése

Általában a szennyvíz-kezelő üzemek akkor üzemelnek a leghatékonyabban, ha lehetőleg állandó térfogatáramú és összetételű szennyvizet dolgoznak fel. A gyakorlatban azonban mindkét paraméter jelentősen változhat a következő tényezők miatt:

- folyamat paraméterei,
- mosóvizek,
- ballaszt vizek kezelése,
- záporok.

Ezért puffertárolók szükségesek, hogy az ingadozásokat kiegyenlítsük rövid (pl. napi) és hosszú (pl. heti) távon. A puffertárolók elhelyezkedhetnek decentralizáltan a szennyvíz keletkezésének helyén vagy centralizáltan a szennyvíz-tisztító (SZVT) közelében. Néha a szennyvíz-tisztító által kibocsátott vizekben is lehet puffertároló. A tárolókapacitások nagysága a szennyvizek várható ingadozásának függvénye. A puffertárolókat telepíthetjük sorosan vagy párhuzamosan, oda, ahova a folyadékáram egy részét a csúcsterhelések illetve üzemzavarok idején elvezetjük. Ezekből a tárolókból aztán szabályozottan vezetjük el a szennyvizet, ha annak kibocsátása normalizálódott. Termelőfolyamat szennyvizeit zárt tárolókban helyezük el, míg felszíni vizek elvezetésére, tárolására nyitott csatornák és tárolók használatosak.

A terhelések kiegyenlítésének eredményei:

- kiegyenlítődnak a
 - szerves szennyeződések,

- sókoncentrációk,
- nitrogénterhelés, mely a teljes szervesanyag tartalommal együtt a nitrogéneltávolítás előfeltétele,
- beállítható a megkívánt szén, nitrogén foszfor arány,
- a savas és lúgos szennyvizek semlegesíthetők,
- egyenletes lesz a szennyvíz-áram,
- teljesíthetőek lesznek az előírások a szennyvíz-kibocsátás csúcsainak megszüntetésével.

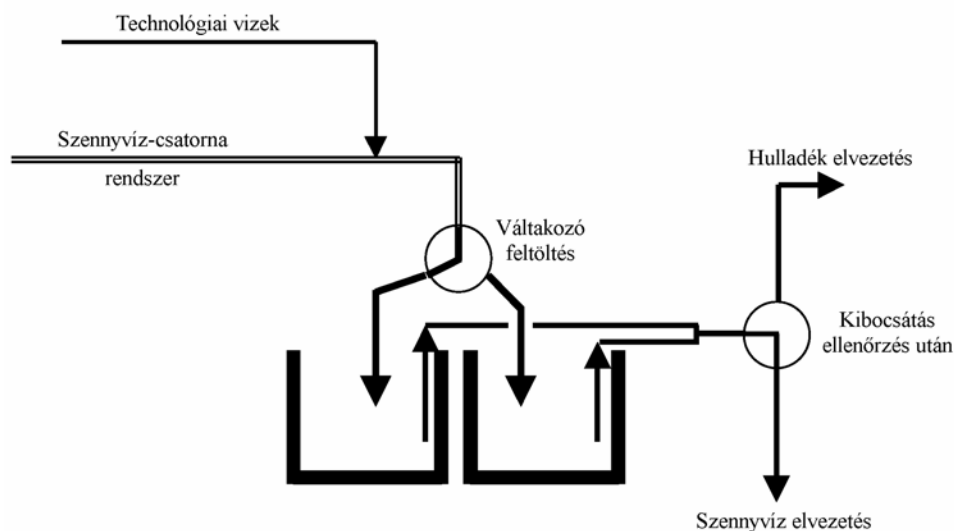
Az áramláskiegyenlítés a nem várt eseményeknek a SZVT-ra gyakorolt hatásának kiküszöbölésére is hasznosítható. Az áramláskiegyenlítő kapacitás megállapításánál ezért nem csak a mennyiségek változását, hanem a szennyező anyagok veszélyességét is figyelembe kell venni (lásd még 3.3.3)

3.3.3 Tárolókapacitás üzemzavarok esetére

Üzemeltetési zavarok, szivárgások, a hűtővíz véletlen szennyeződése vagy egyéb zavarások azt eredményezhetik, hogy a SZVT egy megnövekedett szennyeződéstartalmú szennyvizet kap és ezért akár üzemzavar is felléphet. Az ilyen zavarok veszélye egy centralizált vagy decentralizált tárolókapacitást, puffer rendszert igényel. A puffer rendszer helyes üzemeltetéséhez fontos a veszélyt jelentő események időbeli rögzítése úgy az analitikai mind a szervezési szinten.

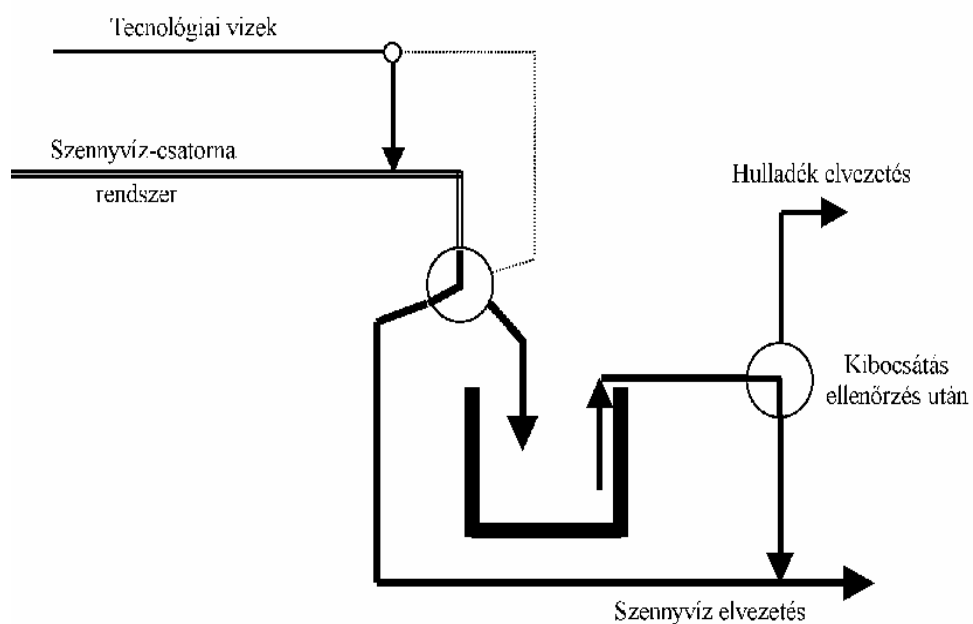
Különböző tárolási megoldások lehetségesek, melyek kapacitásának elegendőnek kell lennie az összes szennyvíz és az esetleges esővíz tárolására egy üzemzavar esetén. Ezeket a kapacitásokat kombinálhatjuk az áramláskiegyenlítő tárolókkal.

Egy lehetséges megoldás az ún. önálló puffer (3.1 ábra), mely két tárolóból áll. A tárolók felváltva fogadják a szennyvizet. Amíg az egyik tárolót töltjük, addig a másikat ellenőrizzük, és az ellenőrzés eredményétől függően az abban lévő szennyvizet a SZVT-hoz érkező vagy kibocsátott szennyvizekhez engedjük, esetleg deponáljuk. A két tároló méretének akkorának kell lennie, hogy mindegyik képes legyen a szennyvizet fogadni addig, amíg a másikban lévő vizet megvizsgálják és a

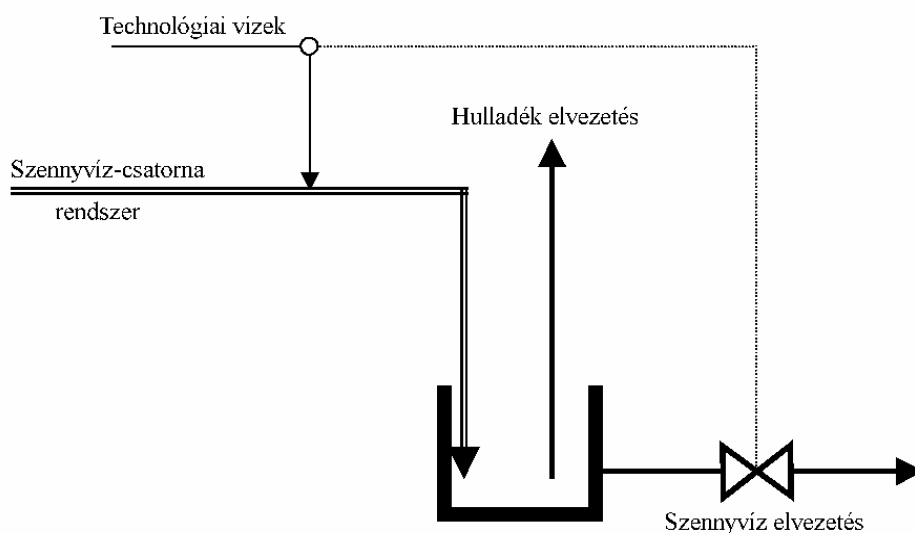


tárolót kiürítik.

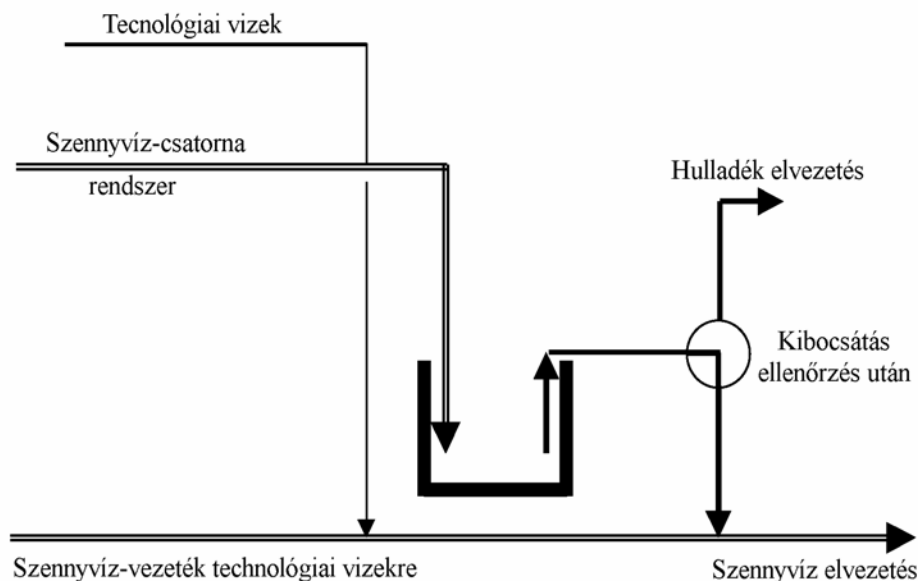
3.1. ábra, Önálló puffer váltakozó feltöltéssel



3.2. ábra, Kapcsolt tároló, szakaszos üzemen



3.3. ábra, Kapcsolt tároló, folyamatos üzemen



3.4. ábra, Szivárgási tároló rendszer

Másik lehetséges megoldás a kapcsolt tároló, mely szakaszosan (3.2. ábra) és folyamatosan (3.3 ábra) is üzemelhet. A szakaszos tároló normális üzemmenet esetén nem üzemel, és csak üzemzavar esetén engedjük bele a szennyvizet. Ekkor a tároló méretének akkorának kell lennie, hogy az üzemzavar esetén képződő összes szennyvíz beleférjen. Ilyen tároló üzemeltethető egyedi termékek gyártásánál, kiválasztott szennyvizekre és a kérdéses gyár valamennyi szennyvizére is. A kapcsolt tároló mérete, térfogata lényegesen kisebb, mint az önálló puffer tárolási térfogata.

A folyamatosan működő kapcsolt tárolóba folyamatosan tápláljuk a szennyvizet, és ugyanakkor áramláskiegyenlítésre is használhatjuk. Gondoskodni kell azonban arról, hogy egy esetleges üzemzavar esetén a SZVT felé folyó szennyvizet elzárjuk. A tárolónak képesnek kell lennie az üzemzavar esetén képződő összes szennyvíz befogadására. Az üzemzavar megszűnte után a tárolót kiürítjük és csak a kiürítés után folytatható a szokásos üzemeltetés.

Egy további megoldás (3.4 ábra) a szivárgási tároló rendszer. Ezt a rendszert akkor használhatjuk, ha a szivárgásokat egy külön csatornarendszerben gyűjtjük össze. Üzemzavar esetén a tároló kapacitásának elegendőnek kell lennie a szivárgási szennyvíz és az esővíz befogadására. Olyan üzemzavarok, melyek a termelési folyamat szennyvizeire is kihatnak, ezzel a megoldással nem kezelhetők. A megoldás előnye a szivárgási vizek koncentrált összegyűjtése a további feldolgozáshoz.

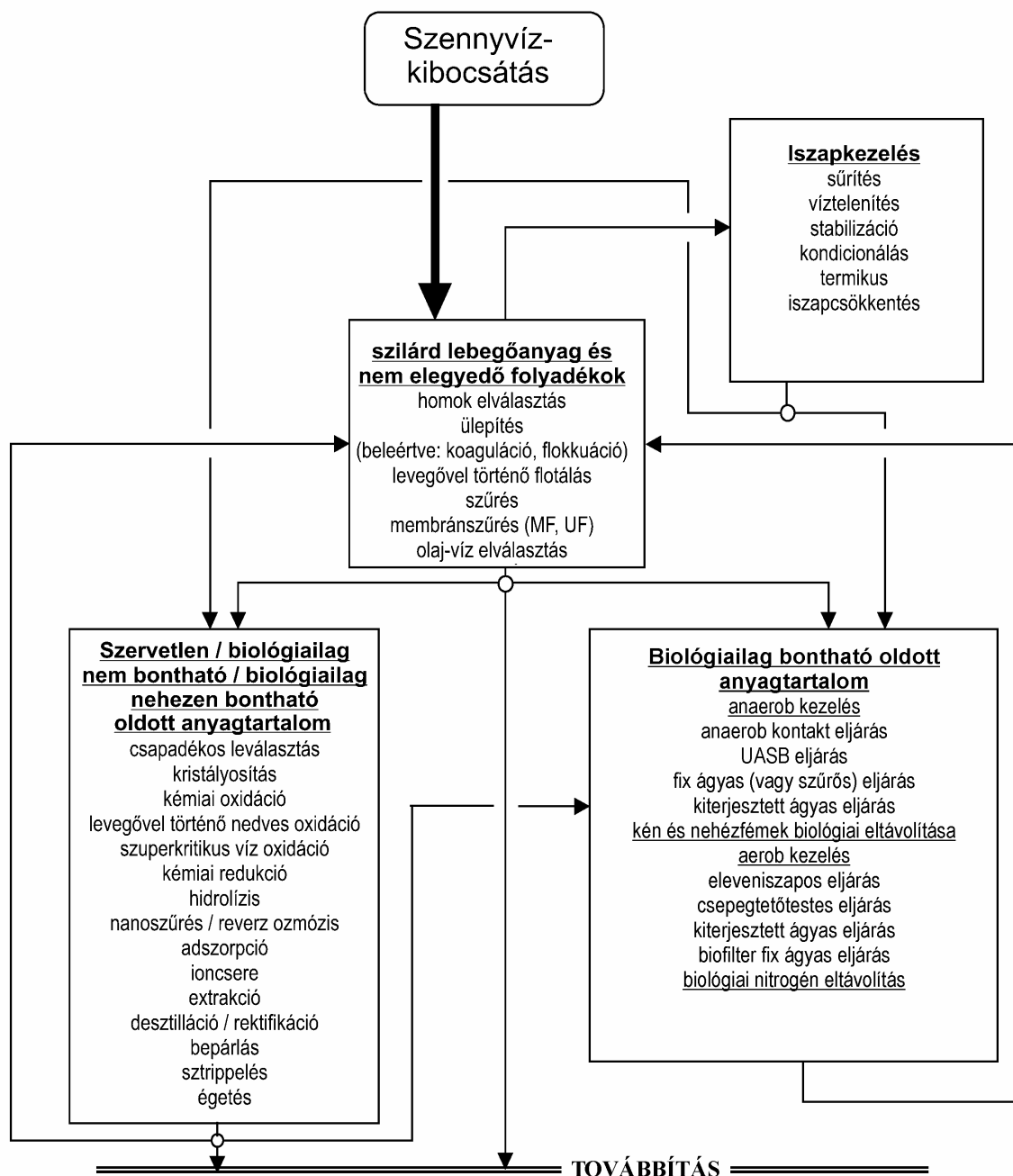
3.3.4 Összegyűjtött szennyvizek előkezelési eljárásai

A kezelési eljárások bemutatásának logikai sorrendje, a szennyező anyagok és a megfelelő tipikus kezelési technológiák közötti összefüggés bemutatása az 1.3.2.1 Fejezetben, annak illusztrálása pedig a 3.5. ábrán található.

A szennyvizek és esővizek első kezelési lépése - és gyakran az utolsó is- a szilárd lebegőanyagok és vízzel nem elegyedő folyadékok fő vízáramból történő elválasztása. Ezek az elválasztási és tisztítási eljárások a következők:

- Gravitációs elválasztások [Homokfogók (lásd 3.3.4.1.1. Fejezet), Ülepítés (lásd 3.3.4.1.2. Fejezet), Olajleválasztás (lásd 3.3.4.1.6. Fejezet)]
- Levegővel történő flotálás (lásd 3.3.4.1.3. Fejezet)
- Szűrés [Szűrés (lásd 3.3.4.1.4. Fejezet), Membránszűrés (lásd 3.3.4.1.5. Fejezet)]

Ezeket más műveleti eljárásokkal kombinálva használják, vagy mint első, vagy mint utolsó tisztítási lépést. Előtisztításként alkalmazva azokat megvédik a más kezelő egységeket a károsodások, törések, vagy a szilárd rész lerakódások ellen. Utókezelések során alkalmazva eltávolítják a megelőző kezelési művelet vagy eljárás során keletkező szilárd anyagot, vagy olajat a további biológiai kezelések előtt. Gyakran azokat az eljárásokat követik, amelyek során az oldható szennyező anyagokat szilárd fázissá alakítják. További példákat adunk meg ebben a kötetben.



3.5. ábra: Szennyvíztisztítási eljárások elrendezése a szennyezőanyag típusával összefüggésben.

A lebegőanyagot nem tartalmazó szennyvizek biológiailag bontható és nem bontható részre oszthatóak, vagy a szennyező anyagok mérgeznek, a további kezelés előtt elválasztjuk azokat. A biológiailag nem bontható szennyvizek kezelési eljárásai fizikai és/vagy kémiai műveleteken alapulnak.

Megfelelő előkezelés után a szennyvíz a megfelelő vízgyűjtőbe, a központi biológiai szennyvíztisztító telepre (WWTP), vagy a kommunális szennyvíztisztító telepre vezethető.

A biológiailag bontható szennyvíz - vagy a biológiailag nem bontható komponensek eltávolítása után maradó szennyvíz- általában központilag, vagy decentralizáltan olyan biológiai folyamatokon alapuló kezelési módszereknek van alávetve, mint

- anaerob rothasztás [Anaerob kontakt eljárás (ACP), UASB eljárás, Fix ágyas eljárás, Expandált ágyas eljárás (lásd 3.3.4.3.1 Fejezet) és Kénvegyületek és nehézfémek biológiai eltávolítása (lásd 3.3.4.3.2 Fejezet)]
- aerob rothasztás [Teljes keverékű aktivált iszapos eljárás, Membrán bioreaktoros eljárás, Csepegtetőtestes eljárás, Expandált ágyas eljárás, Biofilteres fix ágyas eljárás (lásd 3.3.4.3.3 Fejezet)]
- Nitrifikáció/denitrifikáció (lásd 3.3.4.3.4 Fejezet)
- Központi biológiai szennyvízkezelés (lásd 3.3.4.3.5 Fejezet)

A biológiai tisztítót elhagyó szennyvizet egy derítési lépcsőbe nyomatják.

Sok szennyvízkezelési eljárás megkívánja a -vagy tetszőlegesen felhasznál- kezelési segédanyagokat, amelyek az esetek többségében vegyszerek, regenerálásukhoz szükséges kezelőszerek/készülékek, amellyel a vegyszerfogyasztás csökkenthető. Ezek a segédanyagok vagy folyamatlépések lehetnek általánosak, mégis általában a helyi körülményektől, a szennyező anyagoktól függenek és ezeket számításba kell vennünk a kezelési eljárás alkalmazásakor. Így a regenerálás során kibocsátott kezelési segédanyagok és vegyszerek becslése, és azok egész folyamat alatti figyelemmel kísérése szükséges lehet, főleg speciális helyzetekben.

Majdnem az összes szennyvíztisztítási eljárás egy dologban közös: az eljárás alatt olyan szilárd anyagok keletkeznek, amelyek képesek a szennyező anyagot elválasztani a vizes közegtől, mint egy a szűrési, vagy ülepítési műveletből elvett szűrt, vagy ülepített aktivált fölös iszap. Ha az iszapot nem recirkuláltatjuk, akkor annak külső kezelés utáni lerakása, elhelyezése szükséges.

3.3.4.1 Oldhatatlan szennyező anyagok / Mechanikai elválasztás

A vegyipari szennyvizekben előforduló oldhatatlan rész állhat inert anyagokból, mint például esővízből származó por, vagy homok (nyersanyagok ballasztanyagai, pl. mész). De az állhat veszélyes anyagokból is, mint például nehézfémek és azok vegyületei, amelyek a megelőző kezelési eljárások csapadékképzési folyamataiból, vagy a katalizátort alkalmazó gyártási folyamatokból származhatnak. Sőt dioxinok adszorbeálódhatnak a szilárd részeken (pl. vinil-klorid katalízise az oxiklórozásos eljárásban). Másrészt az oldhatatlan szennyezőknek nem szükséges szilárd formában jelen lenni. Vízzel nem elegyedő folyadékok, mint olaj, olaj konzisztenciájú anyagok, zsír és kolloidok tartoznak ebbe az ismert kategóriába. Az oldhatatlan szennyezőket tartalmazó szennyvizet rendszerint az alábbiakban leírt elválasztási műveletekkel kell az oldhatatlan részekről megszabadítani.

3.3.4.1.1 Homokfogás

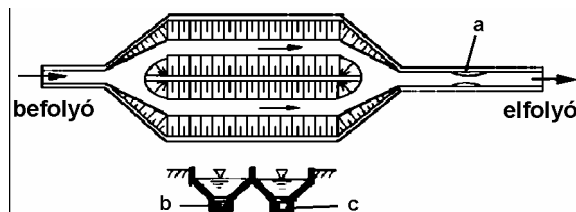
Leírás

Homokfogás művelete a homok esővízből történő eltávolítását jelenti. A homokfogókat azért használják, mert a homok kényelmetlen, zavaró helyekre is lerakódhat, zavarja a kezelési folyamatot és a szivattyúk gyors kopásához vezet [cww/tm/132].

A homokfogók a SZVT részét képezik és rendszerint a durva és a finom rácsokról lejövő folyadékáramban helyezkednek el közvetlenül. Úgy tervezik ezeket, hogy biztosítsanak egy megkívánt vízszintes áramlási sebességet (kb. 0,3 m/s-ot), csak a homokot választják el, miközben a könnyebb szilárd részek a szennyvízárammal továbbhaladnak.

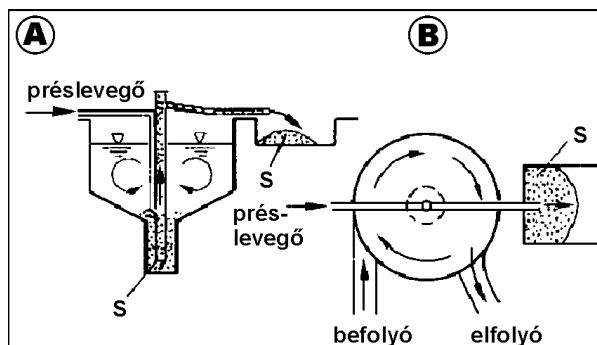
Három különböző típusú homokfogó létezik [cww/tm/132]:

- elválasztott csatornájú vízszintes áramlású kamrás, amelyik a megkívánt áramlási sebességet egy venturi szűkítéssel kombinálva biztosítja, erősen változó szennyvízáramoknál alkalmazható (3.6 ábra) [cww/tm/132]



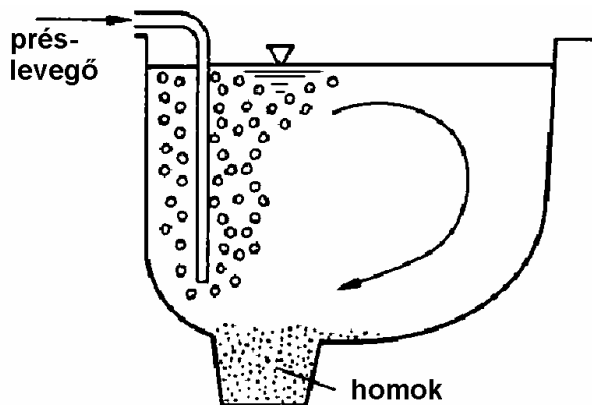
3.6 ábra Elválasztott csatornájú vízszintes áramlású homokfogó

- cirkulációs kamrás, ahol a szennyvizet tangenciálisan vezetik be, az anyag cirkulációját okozva ezzel és a homokot középre mossák, ahonnan egy levegő lökettel távolítják el; ez a kamratípus a legkevésbé alkalmazható erősen változó szennyvízáramoknál. (3.7 ábra) [cww/tm/132]



3.7 ábra Cirkulációs kamrás homokfogó

- levegőztetett kamrás, ahol az anyag cirkulációját levegő beinjektálásával érik el, oly módon hogy a kamra alján éri el a megkívánt áramlási sebességet; ingadozó áramlási sebességeknél is alkalmazható. (3.8 ábra) [cww/tm/132]



3.8. ábra Levegőztetett kamrás homokfogó

Az elválasztott homok részére tárolóról kell gondoskodni, annak a lerakásáig.

Alkalmazás

A homokfogókat akkor használják, amikor a SZVT – nek esővíz befogadása is van, amelyik jelentős mennyiségű homokot is vihet magával.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Határok/megszorítások
áramlási sebesség	kb. 0,3 m/s áramlási sebesség ajánlatos a homok elválasztása miatt
áramlási sebesség ingadozás	az áramlási sebesség megszorítások a kamra típusától függenek

Előnyei és hátrányai:

Nem lényeges, minthogy alapvető berendezés

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

A homokfogók nem környezetvédelmi célokra, hanem vízszállító berendezések védelmére szolgálnak.

Közegek közötti keresztzennyezés

Az elválasztott homok a szennyeződéseitől függően lerakható, vagy más célokra felhasználható.

Elektromos energia igénye a szennyvíszivattyúknak és a levegő beinjektálásnak van.

A SZVT részét képező homokfogó hozzájárul a zaj és a szag kibocsátásához a telepen, a kezelt szennyvíz fajtájától függően. Éppen ezért szükségessé válhat a homokfogó lefedése.

Szabályozás

A szükséges 0,3 m/s szennyvízáram ellenőrzése szükséges.

3.3.4.1.2 Szilárd szennyezők ülepitése

Leírás

Az ülepités vagy derítés a szuszpendált és lebegő szilárd részecskék eltávolítását jelenti gravitációs ülepitéssel. A leülepedett szilárd anyagot iszapként távolítják el a műtárgy aljáról, míg a felúszó, anyagot a vízfelületről lefölozik. Amikor a részecskéket egyszerű gravitációs módon nem lehet elválasztani, pl. amikor azok túl kicsik, azok sűrűsége túl közeli a vízéhez, vagy azok kolloidokat képeznek, speciális vegyszerek hozzáadásával a nem ülepihető részeket ülepedő formába alakítják, ezek a vegyszerek, pl.:

- alumínium-szulfát
- vas(II)-szulfát
- vas(III)-klorid
- mésztej
- poli-alumínium-klorid
- poli-alumínium-szulfát
- kationos szerves polimerek

Ezek a vegyszerek a kolloidok destabilizálását okozzák és kis szuszpendált részeket alakítanak ki (pl. agyag, szilikát, vas, nehézfémek, színezékek, szerves szilárd anyagok, olaj a szennyvízben) és az emulziókat megbontják (koaguláció) és/vagy a képződött elemi részecskéket elég nagy méretű pelyhekké alakítják (flokkuláció), amelyek ülepihetőek. A flokkuláció esetén polielektrolitokat is használnak.

A koaguláció befolyásolására mutat be példát a 3.2 Táblázat [cww/tm/27]. A táblázatbeli kolloid eltávolítási hatásfokokat nem keverhetjük össze a kezelési eljárások kifejlesztett hatásfokaival.

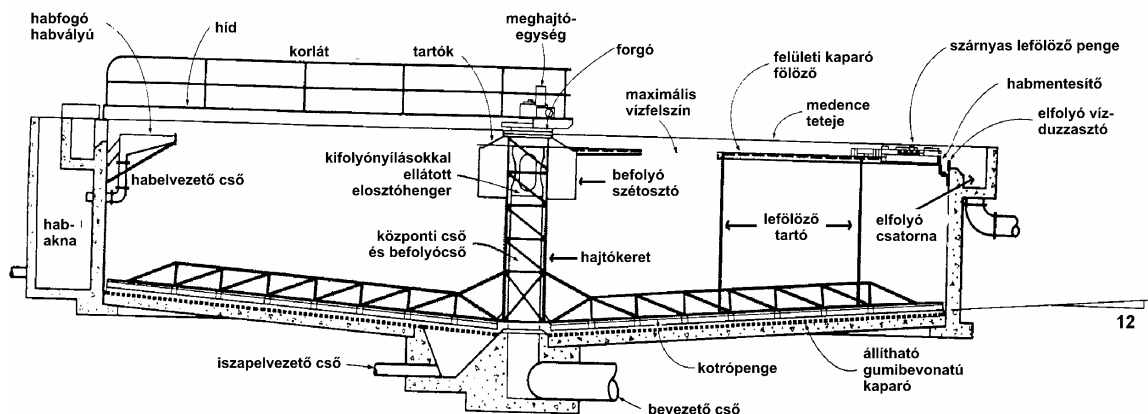
Komponens	Eltávolítás hatásfoka [%]
Szervetlen higany	70

Kadmium és vegyületei	98
80 DDT 1,1,1 triklór-2,2-bisz-(p-klórfenil)-etán	75-80
Hexa-klór-benzol	59
Aldrin	100
Dieldrin	50
Endrin	43
PCB-k (poliklórozott bifenilek)	30-40
Tri-butiltin vegyületek	>90
Tri-klór-etilén	36
Per-klór-etilén	30

3.2 Táblázat: Szennyvíz szennyezők eltávolítási hatásfokai koaguláció hatására

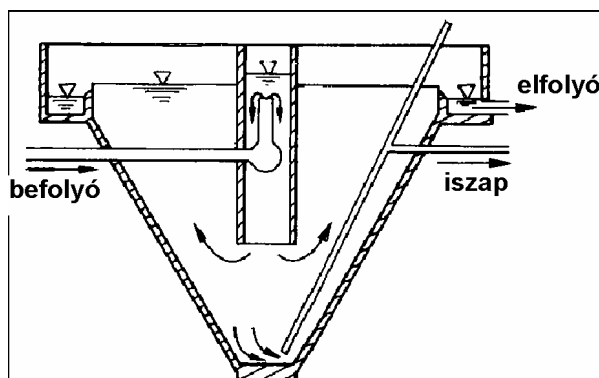
Az ülepitő berendezések lehetnek:

- álló vagy fekvő tartályok, szögletesek vagy hengerek, mindkettő megfelelő iszapkotróval felszerelve, és olyan méretben elkészítve, hogy biztosítsa a megfelelő tartózkodási időt kb. 1.5-2.5 órát. (lásd 3.9 ábra, mint vízszintes átfolyású(hengeres) ülepitő [cww/tm/4]).



3.9 ábra Vízszintes átfolyású(hengeres) ülepitő

- kúpos fenekű tartály, függőleges áramlással, rendszerint nincs felszerelve mechanikai iszapeltávolító rendszerrel (lásd 3.10. ábra [cww/tm/132]).



3.10 ábra Kúpos elrendezésű ülepítő

- lemezes vagy csöves ülepítő, ahol lemezek szolgálnak az ülepítési felületként (lásd 3.11. ábra [cww/tm/91]).

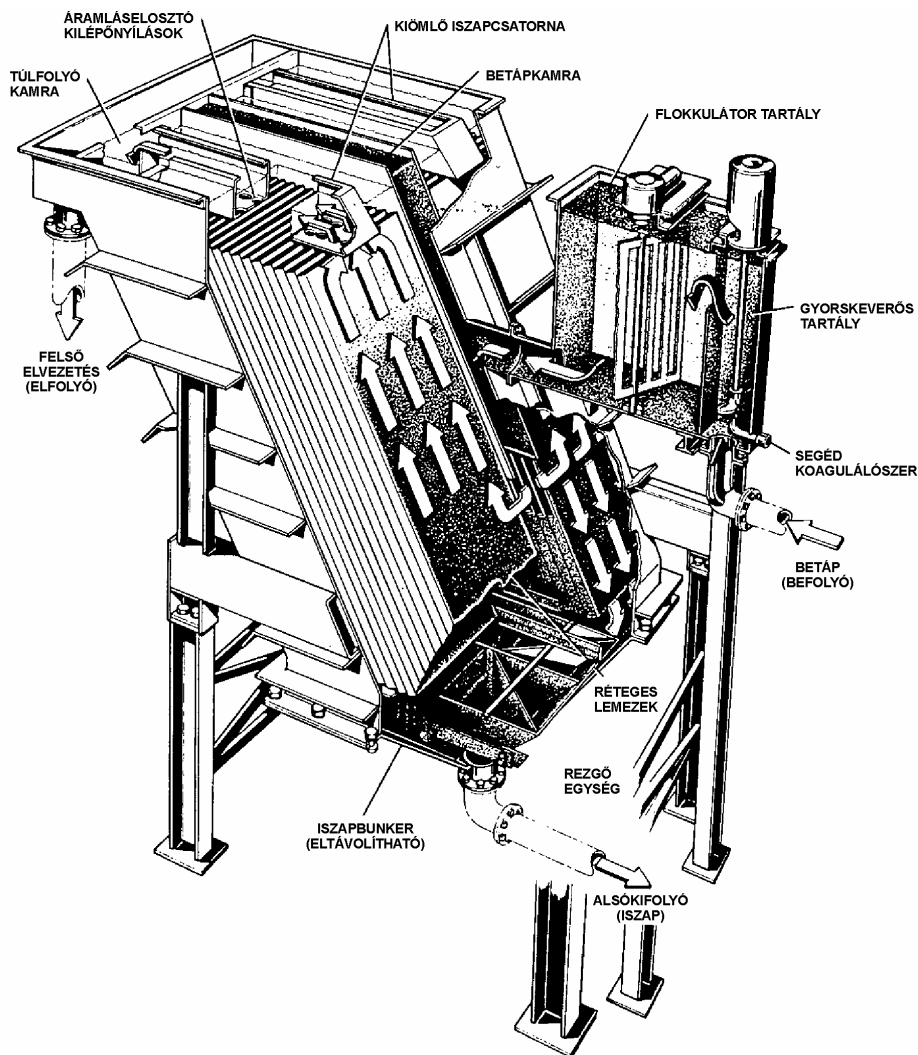
Az ülepítő műtárgyhoz annak részeként építik ki a koagulációs és/vagy flokkulációs egységet is. A koagulációkor gyors elkeveredés szükséges, ami megoldható:

- egyidejűleg több ponton keresztül történő koagulálószer adagolással
- áramló rendszerek előnyben részesítésével, ahol lehetséges
- szakaszos keveréssel, vagy keveréssel, ahol a koagulálószer közvetlenül a keverőkbe és adagoló nyílásokba, vagy azok elé adagolják.

Flokkuláció esetében még egy újabb keverő kamra is csatlakozik. Törőlemezeket, vagy alacsony sebességű keverőket alkalmaznak, amelyek hidraulikus keveredést okoznak a folyadékban, amint az keresztáramlik a tartályon. A pelyhek részleges recirkulációja vissza a flokkulátor tartályba jobb pehelystruktúrát és a flokkulálószer optimális kihasználását eredményezi.

Az optimális ülepedési folyamat biztosítása érdekében az ülepítő elé egy olaj leválasztó vagy emulzió bontó fokozatot is beépítenek, hogy az ülepítést zavaró alkotókat eltávolítsák.

Az ülepítő berendezések egységeinek olyannak kell lennie, hogy ne kerüljön szennyvíz a talajba, illetve veszélyes anyagok esetében legalább a talajvízbe ne. Szükségesek még a koagulálószer/flokkulálószer tároló és a kiülepített iszap jellegének megfelelő iszaptároló készülékek.



3.11. ábra Lemezes vagy csöves ülepítő

Alkalmazás

Az ülepítés sok célból, széles körben alkalmazott elválasztási technika, rendszerint nem egyedül használva. A főbb alkalmazási példák:

- összegyűjtött esővíz megtisztítása egy ülepítő tartályban olyan szilárd anyagoktól, mint homok és por
- szennyvizek tisztítási művelete olyan inert anyagoktól, mint homok vagy hasonló részecskék
- szennyvizek tisztítási művelete olyan reakcióbeli anyagoktól, mint emulziót képező fémvegyületek, polimerek és azok monomerjei; az elválasztást a megfelelő vegyszer hozzáadagolásával elősegítve
- nehézfémek, vagy más oldott anyagok, megelőző lecsapási folyamat (lásd 3.3.4.2.1. Fejezet) utáni elválasztása, gyakran kémiai módszerrel, a végén szűréssel (lásd 3.3.4.1.4. és 3.3.4.1.5. Fejezet)
- a biológiai SZVT elő vagy utóülepítőjében keletkező eleveniszap eltávolítása (lásd 3.3.4.3.5. Fejezet), esetleg vegyszeres rásegítéssel.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok/megszorítások
Részecske méret	az üleptető részecskéknek elég nagyoknak kell lenniük, ellenkezőleg koaguláló és/vagy flokkuláló szereket kell alkalmazni
Illékony komponensek jelenléte	az illékony komponenseket kerülni kell a tartálybeli hosszú tartózkodási idő miatt (mivel a koaguláció és/vagy flokkuláció során keverést alkalmazunk) és így VOC szabadulhat fel
Szilárd anyag koncentráció	nincs határérték, feltéve, ha a vizes fázis még elválasztható
pH (koaguláció/flokkuláció esetén)	a pH tartomány ellenőrzése alapvető fontosságú, ellenkezőleg gyenge tisztítási hatást érünk el
Emulziók	stabil emulziók koaguláció/flokkuláció segítségével nem választhatók és bonthatók szét, megelőző emulzió bontás szükséges

Előnyei és hátrányai:

Előnyei	Hátrányai
Berendezések egyszerűsége, és így ritka meghibásodás.	Finom eloszlású anyagok és stabil emulziók esetén még koaguláló és flokkuláló szerekekkel sem alkalmazható.
A tisztítási hatékonyság koaguláló és/vagy flokkuláló szerek adagolásával növelhető.	A pelyhek más szennyezőket zárhatnak magukba, ami az iszap elhelyezésénél problémát okozhat.

Teljesíthető emissziós szintek / határfokok

Amikor a sorozatos kezelési lépések betáp áramára alkalmazzák az üleptést, annak az a célja, hogy védjék az áramoltató berendezéseket, így elég magas eltávolítási határfokot kell biztosítaniuk. Amikor egy végső kezelést alkalmaznak, a szilárd anyag eltávolítási határfok az eltávolított részecskék tulajdonságainak függvénye.

A teljesíthető emissziós szintek az alábbi táblázatban találhatóak:

Paraméter	Eltávolítási határfok [%]	Kibocsátási határ [mg/l]	Megjegyzések
TSS	60–90	<10	központi SZVT végső üleptője után
Lebegőanyag	90–95		
Nehézfémek			részecskéhez kötötten lásd 3.3.4.2.1 fejezet
cww/tm/67c]			

A TSS szerves részecskéket is magába foglal, így ülepitéssel a TOC/KOI egyaránt csökkenthető, mivel az mint oldhatatlan szilárd anyag lesz jelen. Az eltávolítási hatások, azonban nagyban függ a szilárd TOC és az összes TOC arányától.

Közegek közötti keresztzennyezés

A leülepitett iszapot és a lefölezött habot, ha nem alkalmas újrahasznosításra vagy más célú hasznosításra, mint hulladékot kell elhelyezni. A szennyvíz eredetétől függően ez a hulladék tartalmazhat veszélyes vegyületeket, eszerint kezelendő. Ezek a vegyületek lehetnek karbonátok, fluoridok, szulfidok és nehézfém hidroxidok (vagy oxidok), olajos habok, stb. és bizonyos körülmények között dioxinok is.

Zajforrásként szerepelnek a szivattyúk, amelyeket le tudunk fedni valamint az iszap/hab eltávolító rendszer.

Amikor a szennyvíz kellemetlen szagot adó anyagokat is tartalmaz szükségessé válhat az ülepitő – vagy legalább a koagulációs vagy flokkulációs egység – befedése és a kilépő gázt kezelőbe kell elvezetni, ha az szükséges. A szükséges berendezések – csővezetékek és ventilátorok – biztonsági próbája az esetleges robbanások elkerülése érdekében feltétlenül szükséges, pl. nitrogéngázos nyomáspróbával.

Anyag és energiaszükséglet:

Felhasznált anyag – energia	Mennyiség
Koaguláló (flokkuláló szerek) ^a	53–93 [kg/t olaj, szilárdanyag] ¹ 0.5–100 [g/m ³ szennyvíz] ²
Elektromos energia [kW] ^b	0.5–1.5
Nitrogén az inert atmoszférához	
^a szerves polimer ^b 25-35 m tartály átmérőnél ¹ [cww/tm/96] ² [cww/tm/128]	

Szabályozás

Rendszeresen követni kell a betáplálás szilárd anyagtartalmát, mint szuszpendált, ülepihető szilárd anyag tartalom, zavarosság. Amikor vegyszereket (koagulálószereket, flokkulálószereket) használunk az ülepités javítása céljából a pH értéket, mint fő működési paramétert is ellenőrizni kell.

Gazdaságossági vonatkozások

	Beruházási költség [millió]	Üzemelési költség
Ülepítő tartály	EUR 1.2 ^a	
	BEF 4.8 ^{b1}	
lemezes vagy csöves ülepítő ¹	BEF 4 ^c	BEF 20–100/ m ³
^a 1000m ³ tartály térfogatra ^b 100 m ³ /h kapacitás ^c 25 m ³ /h kapacitás ¹ [cmm/tm/128]		

3.3.4.1.3 *Levegővel történő flotálás*

Leírás

A flotálás az a folyamat, amikor szilárd vagy folyadék részecskéket levegő buborékokhoz kötődve választjuk el a szennyvíz fázistól. Az flotálható részecskék a víz felszínén gyűlnek össze és leföldrözőkkel távolítják el onnan [cww/tm/4].

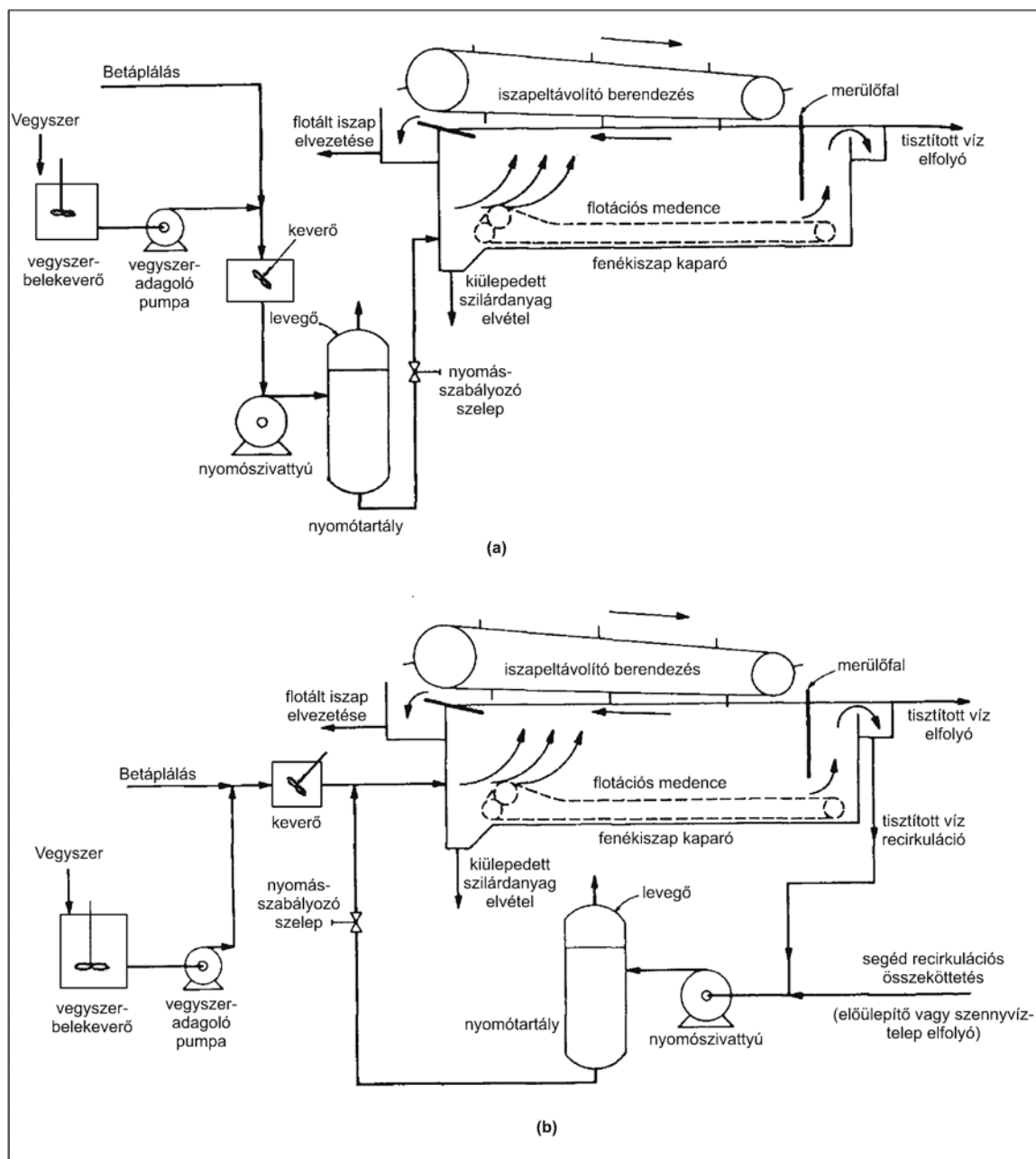
A flokkulálószer adalékok, úgymint alumínium és vas sók, aktivált szilikát és különböző szerves polielektrolitok, használata javítja a flotáció folyamatát. Azok szerepe a koaguláció és flokkuláció mellett, egy olyan felület vagy pehelyszerkezet képzése, ahol a levegő buborékok képesek abszorbeálódni, vagy megtapadni.

A levegő hozzáadás módjától függően háromféle flotációs módszer létezik:

- vákuum flotálás, ahol a levegőt atmoszférikus nyomáson oldjuk , majd ezt követő nyomáscsökkentéssel képezzük a buborékokat
- diszpergált levegő flotálás (IAF), ahol finom buborékokat vezetünk szennyvízbe egy levegőelosztató egységen, mint pl. Venturi diffuzoron, vagy lyuggatott lemezen keresztül.
- oldott levegős flotálás (DAF) ahol nyomás alatti (0,4-0,8 MPa, vagy 1,0-1,2 MPa alumínium vegyületeknél) levegőt oldanak a szennyvízben – vagy annak egy részében – és a későbbiekben a nyomást kb. atmoszférányira lecsökkentve kicsi (200-300 µm) buborékok képződnek.

Egy tipikus DAF berendezés látható a 3.12 Ábrán [cww/tm/4].

A szennyvíz összetételétől függően szükségessé válhat a flotáló berendezés és a használt levegőt elvezető egység lefedése. További készülékek szükségesek a flokkuláló/koaguláló szerek és a leföldrözőtt anyagok tárolására.



3.12. ábra Oldott levegős flotáló berendezés vázlata

a., recirkulációs b., recirkuláció nélküli

Alkalmazás

A flotációt akkor alkalmazzák, amikor az üleptetés nem alkalmas a szilárd részek elválasztására, pl. amikor

- a részecskéknek nagyon rossz az ülepedési sajátossága (rossz iszapindex (SVI), ez esetben nincs előnye az üleptetéssel szemben)
- túl kicsi a szuszpendált részecskék és a szennyvíz közötti sűrűség különbség
- az aktuális telepen helyhiány kényszerrel kell számolni

- olajat és zsírt kell eltávolítani

A példák a következők:

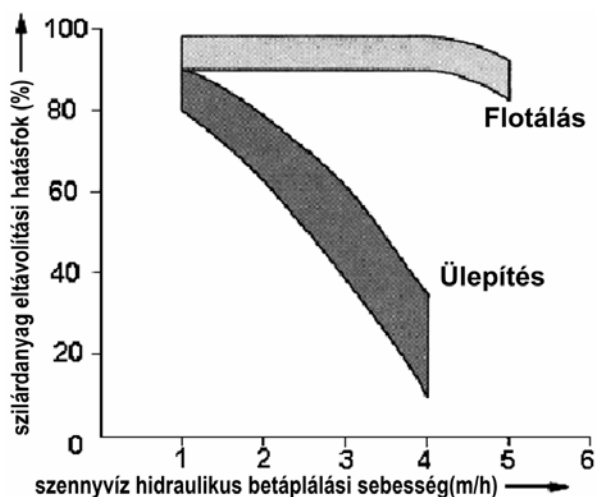
- olajfinomítóknak és petrokémiai üzemekben, mint az olajleválasztó elfolyójának következő kezelése, a biológiai SZVT-t megelőzően.
- színezékek és festékek eltávolítása a megfelelő gyártási szennyvízből
- termékek és nyersanyagok szennyvízből történő újrahasznosítása, pl. toluol toluol/víz emulziókból [cww/tm/132], ezüst halogenidek fotóvegyeszer gyártásból, butiltion vagy poliszilán egyéb szennyvizekből történő kinyerése
- nehézfémek szennyvíztől való elválasztása
- utókezelés utáni, vagy biológiai szennyvíztisztításból származó eleveniszap elválasztása [cww/tm/67b], vagy pótlása
- biológiai SZVT-ből származó eleveniszap sűrítése

Az alkalmazás határai és megszorításai

Korlátok / megszorítások	
Komponensek jelenléte	habzó detergensok kizárandók
Olaj	noha a szabad olaj eltávolítása a szennyvízből nagyon hatékony, nagymennyiségű szabad olaj nem kezelhető

Előnyei és hátrányai:

Előnyei	Hátrányai
<ul style="list-style-type: none"> • Kisebb térfogat és így alacsonyabb beruházási költség, mint az ülepítésnél • Az eltávolítási hatékonyság nem függ a térfogatáram változásoktól, így jobb az ülepítésnél, lásd 3.13 ábra [cww/tm/132] • Anyagok újrahasznosítása lehetséges, magas elválasztási hatékonyság, magasabb iszap szárazanyagtartalom, mint ülepítésnél 	<ul style="list-style-type: none"> • Szelepdugulás lehetséges • Nagy lehetőség a szaganyagok felszabadulására, így zárt berendezés ajánlott • Magasabb üzemelési költség, mint az ülepítésnél



3.13. ábra Az oldott levegős flotálás és az ülepítés elválasztási hatásfokának összehasonlítása

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Eltávolítási hatásfok [%]	Kibocsátási határérték [mg/l]	Megjegyzések
TSS	90–98		lásd 3.13. ábra
	85–96 ¹	10–20 ¹	főlétszapra utolsó ülepítő után, betáplálás 20-250 mg/l
Olaj		10–20 ppm ²	
		2–10 ³	vegyszergyártás, különböző API-k után
Fém-szulfidok	95 ²		olajfinomító, IAF és DAF kezelés

¹ [cww/tm/67b]
² [cww/tm/131]
³ [cww/tm/93]

A KOI/TOC elsősorban szilárd anyagként vagy cseppek szuszpenziójaként kerül eltávolításra.

Közegek közötti keresztzennyezés

Az elválasztott anyagot, ha nem alkalmas újrahasznosításra, mint hulladékot kell elhelyezni. Ennek a mennyisége a leválasztott anyag mennyiségén kívül még az adagolt koaguláló és flokkuláló szerek mennyiségétől is függ. Az utóbbiak meglehetősen különbözőek lehetnek az alkalmazott flotációs eljárástól függően.

Az anyagszükséglet az alábbi:

Felhasznált anyag – és energia	Fölösizap DAF kezelése ¹	Olajfinomító szennyvizének levegős flotálása ²
Préslevegő ^a	0.53–0.55	
Flokkulálószer adag mg/l ^b kg/t ^c	0.6–1.2 2.4–4.7	3.7 53-93
Villamos energia [kWh/1000 m ³]	20.6	

^a kifejezve, mint préslevegő és légtelített víz aránya [m³/m³]
^b flokkulálószer koncentráció a szennyvízben
^c flokkulálószer mennyisége a szennyvíz lebegőanyagtartalmához viszonyítva
¹ [cww/tm/67b]
² [cww/tm/96]

Zajforrásként szerepelnek a szivattyúk, a keverő és a kompresszor, amelyeket fel kell szerelni a megfelelő zajszigeteléssel.

Szaghatással járó, vagy más illékony anyagok felszabadulása – amennyiben szükséges – megelőzhető a tartályok lefedésével, vagy egy zárt tartályban végzett folyamattal és a szennyezett levegő gáztisztító rendszerbe történő elvezetésével.

Szabályozás

A megfelelő működés biztosítása érdekében az elfolyó zavarosságát követni kell. A hab szintemelkedését szintén célszerű detektálni. Az elfolyó KOI/TOC és TSS mérése kötelező.

Gazdaságossági vonatkozások

Egy flotációs berendezés bekerülési költsége a megvalósítandó céloktól függően széles határok között változik:

	Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költség [millió]	Évi üzemelési költség [ezer]
DAF / fölösizap ¹	1200	DEM 5.0	DEM 800
DAF / olajfinomító ²	300–800	EUR 1.6–1.8	EUR 20–130
IAF / olajfinomító ²	400–820	EUR 0.5–2.1	EUR 55–130
DAF / mint helyi utókezelés ³	50		DEM 4500
DAF ⁴	100 m ³ /h 100 m ³ /d	BEF 40 BEF 4	

¹ [cww/tm/67b] beleértve a beruházási, tervezési, építési, tereprendezési, stb. költségeket
² [cww/tm/48]
³ [cww/tm/132] összes üzemelési költség, beleértve a semlegesítés, leválasztás és flokkulálás vegyszerköltségét, a flotált iszap víztelenítésének és égetésének költségeit
⁴ [cww/tm/128]

Egy oldott levegős flotálást alkalmazó telep beruházási és üzemelési költségeit mutatja a kezelendő térfogatáram függvényében az alábbi táblázat. Bár ezek az értékek nincsenek nagyon közel az aktuális árakhoz, a méretnövelést figyelembe véve jól becsülhető értékeket adnak.

Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költségek [millió GBP]	Éves üzemelési költség [ezer GBP]
10	0.1	10
100	0.1	20-30
1000	0.5	50-80
10000	1.0	500-800

A helyileg végzett szennyvíztisztításban a legszélesebb körben elterjedt folyadék-szilárd szétválasztás, a flotáció költsége alacsonyabb a bepárlás és az égetés költségeinél (kb. tizede). Ugyanakkor a bepárlás és az égetés hasznosabb, mivel az erősen szennyezett elfolyó vizek komplett elhelyezését megoldja, ellenben a csapadékképzés és flotáció folyamatai közepesen szennyezett vízáramok részleges kezelését oldja meg. Mivel ennek a részleges kezelésnek az értéke is számos vita tárgya, nyitott kérdés marad, vajon bölcs dolog-e elkölteni 10 DEM-t egy m³ olyan szennyvíz előkezelésére, amely egy vegyi gyár összes szennyvizének mindössze töredékét jelenti [cww/tm/132].

Az ülepítéssel összehasonlítva a flotálás sok esetben megfontolandó előnyöket ajánl, nemcsak a vízkezelésben és az értékes anyagok visszanyerésében, de az iszap sűrítésben és elválasztásban is. A flotálás általában nagyobb szárazanyag-tartalmú iszapokat eredményez. A nagyobb hidraulikus betáplálás esetében is a kisebb tartózkodási idők miatt kisebb készülék térfogatok is megfelelnek. Ez alacsonyabb beruházási költségekhez vezet, jóllehet az üzemelés költségei magasabbak. Egy összehasonlítás szerint az ülepítés helyigénye ötvenszer nagyobb, mint a flotálásé. Másrészt a flotálás energiaigénye ötvenszerese az ülepítésének. A flotálásnak ugyanakkor jobb a lehetőségei az üzemellenőrzés szempontjából és ingadozó működtetési körülmények esetében, bár ez utóbbiak jobban kvalifikált szakembereket is megkövetelnek [cww/tm/132].

3.3.4.1.4 Szűrés

Leírás

A szűrés a szilárd részek szennyvíztől való elválasztását jelenti egy pórusos szűrőközegen történő átáramoltatással. A szűrőközeg megtisztítása ellenkező irányú frissvíz árammal – visszamosással – történik úgy, hogy a szűrőn összegyűlt anyag egy ülepítő tartályba kerül (3.3.4.1.2. Fejezet).

Általánosan használt szűrőrendszer típusok:

- szemcsés-közegű szűrő, vagy homokszűrő, amelyik széles körben használt a szennyvíztisztító egységekben, főleg alacsony lebegőanyag-tartalmú vizeknél
- gravitációs dobszűrő, csatornavíz kezelésére és eleveniszap pelyhek eltávolítására használják, a szűrés hatékonysága a szűrőszövet függvénye
- forgó vákuum dobszűrő, jól alkalmazható előszűrőként, olajos iszapok víztelenítésénél és megbontott cefreemulziók esetében
- membránszűrés (3.3.4.1.5. Fejezet)
- szalagszűrőprés, amelyet elsősorban iszapvíztelenítésre, de folyadék/szilárd elválasztási műveleteknél is használnak
- prészűrő, rendszerint iszap-víztelenítésnél, de folyadék/szilárd elválasztásra is, főleg magas szilárd anyag tartalomnál.

A homokszűrők egy szemcsés közegű szűrőágyból állnak, amelyen keresztül lefelé vagy felfelé áramlik a szűrendő fluidum. A szűrőágy lehet egy – vagy több közegű. A működés lehet félfolyamatos (szűrés és visszamosás egymást követően megy végbe) vagy folyamatos (szűrés és mosás párhuzamos folyamatban). A fő különbség a két működési mód között:

- a félfolyamatos működésű homokszűrők a zavarosság áttöréséig szűrnek, amikor a szilárd anyagtartalom kezd növekedni az elfolyóban, vagy egy meghatározott feltöltésig
- a folyamatos működésű homokszűrők esetében nincs zavarossági áttörés

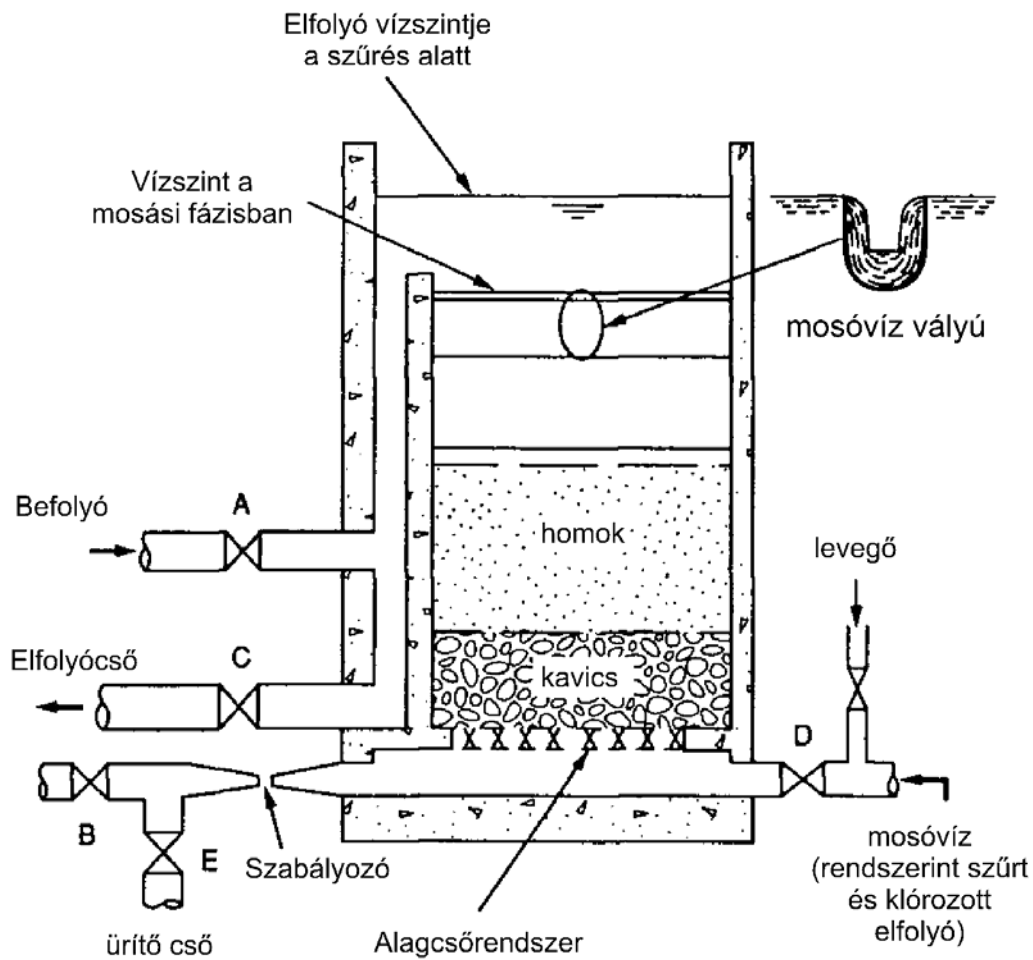
A homokszűrők gravitáció, vagy nyomás hatására működnek. A 3.14 ábra [cww/tm/4] egy hagyományos többközegű lefelé áramló, gravitációs áramlású, míg a 3.15. ábra [cww/tm/4] egy nyomással működő homokszűrőt ábrázol.

A dobszűrők egy hengerből állnak, amelynek a palástján van a szűrőfelület kialakítva. Lehetnek gravitációs működésűek, belső vagy külső betöltésűek, továbbá forgó vákuum dobszűrőként is működhetnek belülről, vagy kívülről zárt dobbal és a hozzá kapcsolódó vákuum szivattyúval. A szűrőlepény a dobról különböző módszerekkel távolítható el. Egy példát mutat a 3.16. ábra [cww/tm/132].

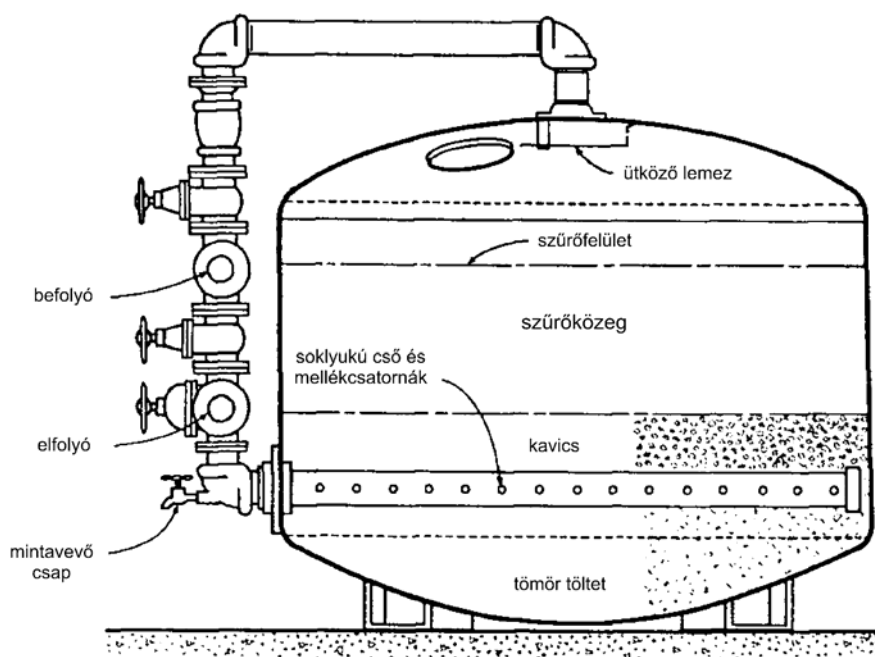
A szalagszűrőprést és a szűrőprést, mint tipikus iszapvíztelenítő berendezéseket a 3.4.1. Fejezetben foglaltuk össze.

A szűrőközeg a tulajdonságai alapján jellemezhető, úgymint [cww/tm/132]:

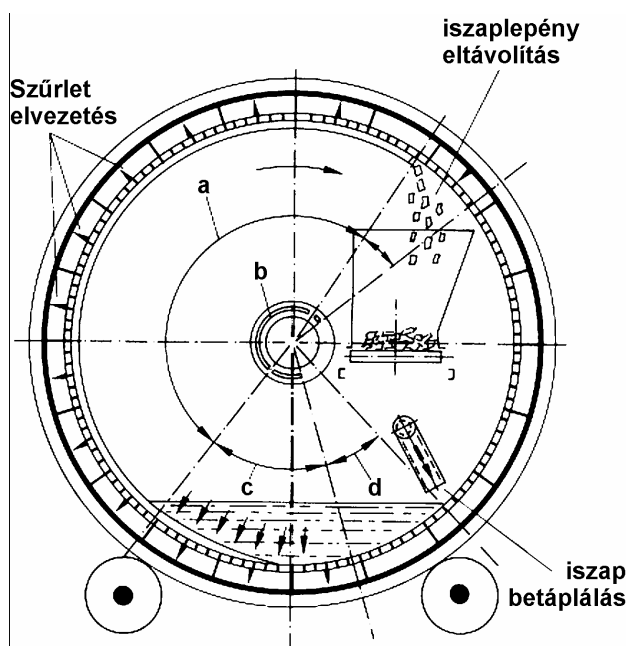
- vágási méret, az a részecskeméret, amellyel rendelkező részecske még éppen át tud haladni a szűrőközegen
- áteresztőképesség, a jó áteresztőképesség alacsony nyomáscsökkenéssel jellemezhető
- kémiai stabilitás a szűrlettel szemben
- eltömődési hajlam különösen a szűrővásznon esetén a szűrőlepény miatt
- mechanikai szilárdság a rávezetett anyagáramokkal, vagy a szűrővásznon mozgatásával szemben
- sima felület a lepény eltávolítás elősegítésére



3.14. ábra Hagyományos lefelé folyású többközegű (homok, kavics) homokszűrő



3.15. ábra Nyomással működtetett homokszűrő



3.16. ábra Forgó vákuum dobszűrő

a., víztelenítő zóna b., forgó szelepek c., ülepedési zóna d., szívási zóna

A viszonylag sok finom részecskét, puha vagy nyomásnak nem ellenálló szilárd részecskét tartalmazó szuszpenziók gyakran feltöltik és eltömik a szűrőközeget, ami megelőzhető szűrési segédanyagok (inert, könnyen szűrhető, szemcsés anyagok) használatával. Ezek a segédanyagok a szűrlet számára átjárható réteget képeznek, és egyidejűleg laza szűrőleplenyként működnek. A visszatartott részecskék a szűrési segédanyagra rakódnak le. Szűrési segédanyagok például [cww/tm/132]:

- diatoma föld
- perlitek
- fullerföld
- üvegpor
- szén preparátumok
- cellulóz szálak
- fapép
- papírpép
- kilúgozott cukornád (bagassz)
- talkum
- műanyagok.

A segédanyagokat előbevonatként alkalmazzák, pl. egy réteg segédanyagot a szűrés elindítása előtt elhelyeznek a szűrőközeget. A szűrés ideje alatt folyamatosan adagolják a szürendő szuszpenzióhoz, a szükséges arány fenntartása céljából.

Alkalmazás

A szennyvízkezelésben a szűrést gyakran alkalmazzák, mint befejező elválasztási lépést az ülepitési folyamat (lásd 3.3.4.1.2. Fejezet), vagy a flotálás (3.3.4.1.3. Fejezet) után, amennyiben alacsony lebegőanyag kibocsátás kívánatos, pl.:

- nehézfém-hidroxid pelyhek ülepités utáni elválasztása a kibocsátási követelmények biztosítása érdekében
- központi SZVT ülepitője utáni fölősiszap eltávolítása, hogy biztosítsuk a biológiailag kezelt elfolyó szennyvíz minőségét
- iszapok és flotált felülúszók víztelenítése
- szabad olaj visszanyerése forgó dobszűrővel és a polimer adagolás elősegítése.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok/megszorítások
Kolloidok, emulziók	kapcsolódó kémiai kezelés nélkül elválaszthatatlan
Finom diszperzió vagy nyálkás anyag	eltömheti a szűrőközeget, ha nem használunk szűrési segédanyagot

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Nagyon jó elválasztási hatékonyság • Nem csak lebegőanyag, hanem pl. olaj is eltávolítható bizonyos körülmények között • Széles működési tartomány 	<ul style="list-style-type: none"> • Elszennyeződés és eldugulás lehetséges a félfolyamatos homokszűrőknél • Az áttörés az elfolyó szennyeződését okozhatja

Teljesíthető emissziós szintek / határfokok

Paraméter	Eltávolítási határfok [%]	Kibocsátási határérték [mg/l]	Megjegyzések
TSS		<10 mg/l	fölősiszap pehely
	50–99.99 ¹		homokszűrő, a szűrési segédanyagtól függően
Szabad olaj		<5 mg/l	
Nehézfémek			leválasztás után, lásd a 3.3.4.2.1 szakaszt

¹ [cww/tm/128]

Közegek közötti keresztszennyezés

Amikor egy szemcsés szűrőt, pl. homokszűrőt alkalmaznak a visszamosott anyag abba a folyamatba kerül vissza, ahonnan származik, pl. ülepitő tartályba, vagy a biológiai SZVT eleveniszap tartályába. Más típusú szűrők (dob, szalag, stb.)

maradékait vagy tudjuk recirkuláltatni, vagy mint hulladékot kell eltávolítanunk és így további kezelésnek alávetni.

A homokszűrés, mint a mélységi szűrés példája kevesebb visszamosást kíván az iszaplepleny szűrésekkel (pl. dob, vagy szalag) összehasonlítva, így a mosóvízzel szemben alacsonyabbak az elvárások. Ezért az iszapleplenyen keresztül történő szűrést a szennyvíztisztításban csak kivételes esetekben alkalmazzák (példák fent ebben a Fejezetben) [cww/tm/132].

A szükséges anyag és energiaigény az alábbi:

Felhasznált anyag – energia	Homokszűrő	Kavicsszűrő
Mosóvíz		
Víz, vákuum létesítéséhez		
Szűrési segédanyagok		
Villamosenergia [kWh/1000m ³]		
Nyomásesés		

A működő készülékek zajforrást jelenthetnek, amely a fő forrás zajszigetelésével csökkenthető.

Amennyiben kellemetlen szagú anyagokkal van dolgunk az egységek lefedése szükséges. Nyomószűrők és szűrőprések zárt, elszívással rendelkező térben helyezhetők el.

Szabályozás

A megfelelő működés biztosítása érdekében az elfolyó szűrlet zavarosságának a követésével a zavaró jelenségek és a félfolyamatos homokszűrő áttörési szakasza felismerhető. A nyomásesés regisztrálása az elszennyeződéseket jelzi.

Gazdaságosság

	Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költség [millió]	Üzemelési költség
Homokszűrő ¹	100	BEF 4	BEF 2/m ³
¹ [cmm/tm/128]			

3.3.4.1.5 Mikroszűrés és ultraszűrés

Leírás

A mikroszűrés (MF) és ultraszűrés (UF) olyan membrán művelet, amelyik egy folyadékot membrán segítségével különválaszt a membránon áthaladó szűrletre (permeátum) és visszamaradó sűrítményre (koncentrátum vagy retentát). A folyamat hajtóereje a membrán két oldalán lévő nyomáskülönbség. Mint speciális és bonyolult szűrési eljárásokat már az előző fejezetben említettük.

Az MF és UF membránjai pórusos membránok, amelyek a szitáknak megfelelően működnek. Az oldószer és a molekuláris méretű részecskék a pórusokon át tudnak hatolni, míg a szuszpendált részecskék, kolloidok, baktériumok, vírusok, sőt a nagyobb makromolekulák visszatartódnak, vagyis nem tudnak a membránon áthaladni.

Az MF és UF tipikus jellemzőit mutatja a 3.3. táblázat

Paraméter	Mikroszűrés	Ultraszűrés
Pórus átmérő [μm] ¹	0.1-1	0.001–0.1
Üzemelési nyomás [MPa] ²	0.02–0.5	0.2–1
Vágási méret [nm]	>100, beleértve a mikroorganizmusokat	10-100, beleértve a makromolekulákat, vírusokat, kolloid részecskéket 1000–100000 g/mol oldatra nézve
Permeátum áramlási sebesség [$\text{l m}^{-2} \text{h}^{-1}$]	50–1000	<100
Keresztáram sebesség [m/s] ²	2-6	1-6
Membrán típus ³	szimmetrikus polimer vagy kerámia 10–150 μm vastagságú	polimer vagy aszimmetrikus kerámia
Membrán elrendezés ³	Spiráltekerces Kapilláris Csöves	Spiráltekerces Kapilláris Csöves
¹ [cww/tm/27] ² [cww/tm/132] ³ [cww/tm/93]		

3.3. táblázat A mikroszűrés (MF) és ultraszűrés (UF) jellemző paraméterei

A MF és UF membránok különböző anyagokból készülnek és különböző kialakításúak lehetnek. Az alkalmazás optimális kialakítása a szennyvíz természetétől függ, mivel a különböző membránanyagok eltérő ellenállást mutatnak az oldott anyagokkal szemben. A mikroszűrés membránanyagai például a következők:

- üvegszál
- polikarbonát
- PVDF (poli-vinil-fluorid)
- cellulóz-acetát
- poliamid

Az ultraszűrés megfelelő anyagai általában szerves polimerek, pl.:

- cellulóz-acetát
- poliamid
- poliimid
- polikarbonát
- poli-vinil-klorid

- poliszulfon
- poli-éter-szulfon
- poliacetál
- akril-nitril és vinil-klorid kopolimer
- polielektrolit komplexek
- keresztkötésű poli-vinil-alkohol és poliakrilát

A PVDF membránok előnye, hogy erős savval, lúggal és fehérítő szerekkel egyaránt tisztíthatók.

A membránszűrési folyamat rendszerint átáramoltatásos rendszerű, pl. a permeát árama merőleges a betáp áramára. A szennyezések a betápban maradnak, csökkenő térfogatban, és mint koncentrált szennyvíz hagyja el a membránrendszert.

A koncentrátum tárolási lehetőségének megfelelőnek kell lenni.

Alkalmazás

A membránszűrést (MF és UF) akkor alkalmazzák, amikor egy szilárdanyag mentes szennyvíz veszélyes szennyezőinek, pl. nehézfémeknek a teljes eltávolítása szükséges. A MF és az UF közötti választás a részecskemérettől függ.

Az általános MF alkalmazások magukba foglalják [cww/tm/93; cww/tm/67a]:

- zsírmentesítési folyamat
- fém részecskék kinyerése
- fém bevonás szennyvizeinek kezelése
- eleveniszapos biológiai tisztító iszapelválasztása

Az általános UF alkalmazások magukba foglalják

- nem toxikus lebontható szennyezők, mint fehérje és más makromolekuláris vegyületek, továbbá toxikus nem bontható vegyületek, mint 1000-Da-nál nagyobb mólusúlyú festékek és színezékek eltávolítása
- olaj/víz emulziók különválasztása
- nehézfémek elválasztása komplexképzést vagy lecsapást követően
- a biológiára ismételtlen visszakerülő nem könnyen bontható komponensek eltávolítása
- a fordított ozmózist vagy ioncserét megelőző előkezelési lépés

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok / megszorítások
Membrán anyaga	kémiaiilag megtámadható, a szennyvíz összetételétől függően

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Nagy elválasztási hatékonyság • Modul rendszer, rugalmas felhasználás 	<ul style="list-style-type: none"> • Lerakódás, elszennyeződés, eldugulás lehetséges • Tömörödés kenhető anyagok jelenlétében • Nagy üzemelési nyomás miatt nagy szállítási energia • Mechanikai instabilitás

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Eltávolítási hatásfok [%]	Kibocsátási határérték [mg/l]	Megjegyzések
TSS	kb. 100	közel 0	
KOI			
Nehézfémek			lásd 3.3.4.2.1. fejezet

Közegek közötti keresztzennyezés

A membránkezelések az eredeti kiindulási (betáp) anyag kb. 10 %-ának megfelelő maradékot (sűrítményt) termelnek, amelyben az elválasztásra megcélzott anyagok az eredeti oldat kb. tízszeres koncentrációjában lesznek jelen. Ennek a további sorsával foglalkozni kell.

Amennyiben a koncentrációnövekedést szerves anyagok okozzák, oxidatív lebontással érhetünk el célt. Szervetlen anyagok esetén az itteni koncentrációs lépést a teljes visszanyerési folyamat részeként kell kezelni. Mindkét esetben a membránfolyamatok szűrlete gyakorlatilag újrahasználható, visszavezethető az ipari folyamatba, ezzel csökkentve az ipari vízszükségletet és az elfolyó szennyvíz mennyiségét.

Anyag – és energiaszükséglet:

Felhasznált anyag, energia	MF	UF
Membrán anyaga		-
vegyszerek (leoldó, elszennyeződés gátló, mosó, stb.)-	-	
Villamos energia [kWh/m ³]	2-20 ¹	1-10 ¹
Nyomásesés	lásd 3.3. táblázat	lásd 3.3. táblázat

¹meglehetősen meglepőnek látszik, hogy az MF, a kisebb nyomású folyamatnak nagyobb az energiaigénye, mint a nagyobb nyomásúnak. Az ok a koncentrációs polarizáció és a szennyeződés előfordulása. Az MF-nél és kisebb mértékben az UF-nél is ez a feltételezés hasonló és nagymértékű fluxus csökkenést eredményez. [cww/tm/161].

Az energiaigény közvetlenül kapcsolódik az áramlási sebességhez és a szükséges nyomás értékéhez. Általában a membrán felületén keresztül kb. 2 m/s áramlási sebességet tartanak fenn.

Zajforrást a folyadék szállítása szivattyúzása jelenthet, amely zajszigeteléssel csökkenthető.

Szabályozás

A megfelelő működés biztosítása érdekében a membránon keresztüli nyomásesés folyamatos mérését meg kell oldani.

Gazdaságosság

	Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költség	Üzemelési költség	Javítási költség
MF		GBP 400–1500 ¹ m ² membránra ^a		GBP 80–350 ¹ m ² membránra ^a
		MF BEF 40000 ² m ² membránra	BEF 2-200 ² m ³ szennyvízre	
UF		GBP 400–1500 ¹ m ² membránra ^a		GBP 80–350 ¹ m ² membránra ^a
		UF BEF 60000-200000 ² m ² membránra ^b		

^a kapilláris, spiráltekercses és kerámia membránokra
^b kisebb kialakítású szerves membránok, nagyobb kialakítású szervesetlen membránok
¹ [cww/tm/93]
² [cww/tm/128]

A beruházás költségei – beleértve az automata tisztítás lehetőségét is – a következőképpen csoportosíthatóak [cww/tm/93]:

Szivattyúk	30 %
cserélhető membránok	20 %
membrán tartó egység (modulház)	10 %
csatlakozó csövek, szelepek, tartókeret	20 %
szabályozókör	15 %
egyebek	5 %

Az üzemelési költségek [cww/tm/93] az alábbiakból állnak:

- energiaköltség a nyomás és áramlási sebesség fenntartására
- várható membrán élettartam
- tisztítás
- hely-specifikus tényezők pl. munkabér

Az előzőek csoportosítva [cww/tm/93]:

cserélhető membránok	35-50 %
----------------------	---------

tisztítás	12-35 %
energia	15-20 %
munkaerő	15-18 %

3.3.4.1.6 *Olaj-víz szétválasztás*

Leírás

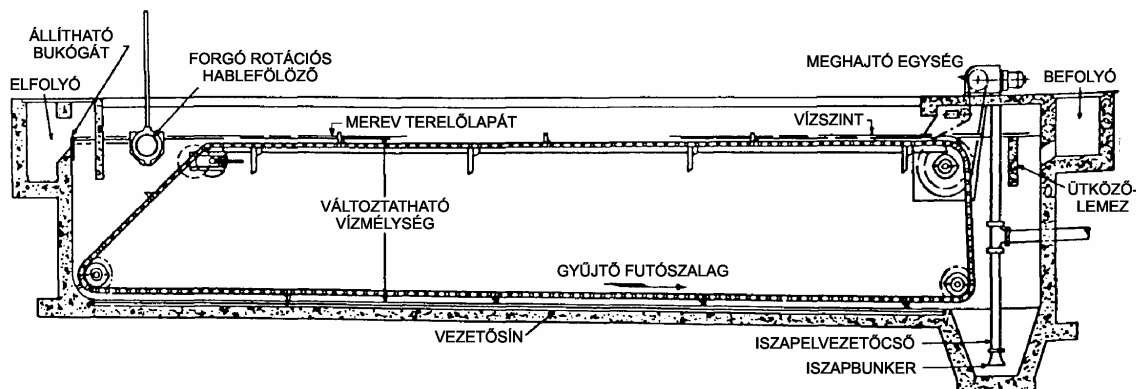
Az olaj és a víz szétválasztása és az azt követő olaj eltávolítás az alábbiak szerint:

- a szabad olaj gravitációs elválasztása, olajszeptarátort használva
- emulzió bontása megfelelő emulzióbontó vegyszerekkel, úgymint
 - többértékű fémsók , mint alumínium, alumínium-klorid, vas-klorid, vas-szulfát
 - ásványi savak, mint kénsav, sósav, salétromsav
 - adszorbensek, mint agyagpor, mészpor
 - szerves polimerek, mint poliaminok, poliakrilátok

és ezt követően a megbontott olaj emulzió koaguláló/flokkuláló szerekkel és levegő flotációval történő szétválasztása (lásd 3.3.4.1.3. Fejezet).

Az általánosan használt olaj-víz szeparátorok:

- Amerikai Kőolaj Intézet szeparátora (API) mint a legegyszerűbb típus, egy négyszögletes nyitott kádból és egy mozgó kaparóból áll, az utóbbi az iszapot egy gyűjtőaknába mozgatja, az olajat pedig egy olyan lefőlöző egységbe, amely nagyobb olajmennyiségek eltávolítására is képes (lásd 3.17. ábra [cww/tm/91])
- a párhuzamos lemezes olajfogó (PPI), amely az áramlás irányával megegyezően párhuzamos lemezekkel van ellátva, amelyek növelik a bemerülő aktív felület nagyságát, továbbá olaj lefőlöző egységet is tartalmaz, de nagyobb olajmennyiségek eltávolítására nem képes (lásd 3.18. ábra [cww/tm/91])
- a bordás lemezes olajfogó (CPI), amely az áramlással szembeni bordás lemezekkel és egy olaj lefőlöző egységgel van ellátva, nagyobb olajmennyiségek eltávolítására nem képes, de jó elválasztó hatásokkal bír (lásd 3.19. ábra [cww/tm/91]).

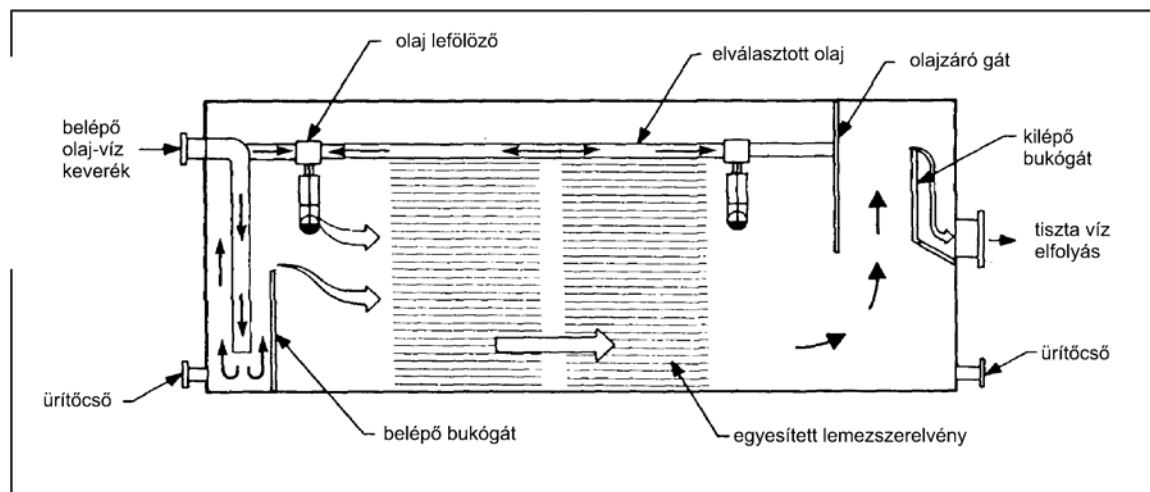


3.17. ábra Amerikai Kőolaj Intézet szeparátora (API szeparátor)

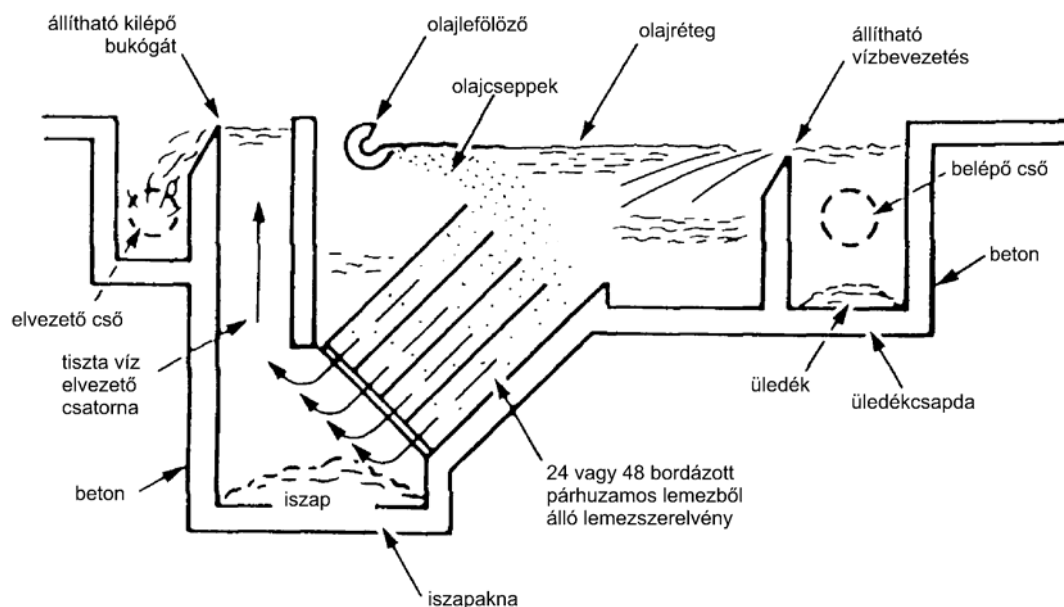
Az újrafelhasználható vagy tovább kezelendő olajfázis összegyűjtésére és annak eltávolítására az alábbi típusú lefőlöző készülékeket használják, pl.:

- rögzített csöves lefőlözők
- forgó szállítóvályús lefőlözők
- forgó tárcsa vagy dob lefőlözők.

A lefőlözött olajat és iszapot tárolni kell, ha azt azonnal nem használják fel.



3.18. ábra Párhuzamos lemezes olajfogó (PPI)



3.19. ábra Bordás lemezes olajfogó (CPI)

Alkalmazás

Az olaj-víz elválasztási művelet arra szolgál, hogy a szennyvízből eltávolítsák az olajat, zsírt és más, a vizes fázisnál kisebb sűrűségű, vízzel nem elegyedő folyadékot, elsősorban az ásványolaj és petrokémiai iparban használatos. Általában nem egy önálló, egyedüli folyamatról van szó, a koagulációval/flokkulációval (lásd 3.3.4.1.3. Fejezet) végrehajtott flotálás (IAF vagy DAF) következik utána. Az API, mint biztonsági egység is alkalmazásra kerül a szállítószivattyúk olaj elleni védelme érdekében, üzemelési hibák kivédésére a PPI és CPI nagyobb hatékonyságot mutat a kisebb olajcseppek eltávolításánál.

Előnyei és hátrányai:

Előnyei	Hátrányai
<ul style="list-style-type: none"> • Az olaj újrahasznosítható és visszavezethető a gyártási folyamatba • A hatékonyság az API – PPI – CPI sorrendben nő, a kisebb olajcseppek eltávolítására és az aktív felület / alapfelület arányra vonatkozóan 	<ul style="list-style-type: none"> • Csak az API tudja feltartóztatni a nagy szabad olajfoltokat és a szilárd részeket (veszély esetén) • A PPI és CPI esetében a lemezek hajlamosak az elszennyeződésre, így nő a karbantartási igény • Oldható anyagok nem választhatók el

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Eltávolítási hatásfok [%]	Kibocsátási határérték [mg/l]	Megjegyzések
Olaj	90-95		
		6-90 mg/l ¹	API, olajfinomító
		40-70 mg/l ² l	API. vegyipar
Szilárdanyag	90-95		
¹ [magán közlés] ² [cww/tm/93]			

Közegek közötti keresztszennyezés

A lefölezött olajat általában visszavezetik és kismértékű tisztítás után a technológiai folyamatban újrahasznosítják. Egyébként az elválasztott szilárd anyaggal együtt kémiai hulladékot képez és az elhelyezése megoldandó.

Amennyiben az olaj-víz elválasztók nincsenek befedve, az olajszeperatorok a szennyvíztisztítás szag és egészségügyi kockázattal járó VOC kibocsátásának fő hozzájárulói. Az egységek befedésével a VOC kibocsátás kb. 95 %-al csökkenthető [cww/tm/48]. Ugyanakkor a befedés lefölezési és működési problémákat okozhat a készülék nehezebb ellenőrizhetősége miatt. A helyi adottságok döntik el az optimális tennivalót. Ha a szeperatorot lefedjük, gondoskodni kell a hulladék gázok biztonságos, robbanásbiztos elvezetéséről.

Zajforrást a folyadék szivattyúk jelentenek, amelyeket rendszerint zárt térben helyeznek el, a lefövezés is zajjal járhat.

Anyag – és energiaszükséglet:

Felhasznált anyag energia	API	PPI	CPI
A nyomás alatti rendszerből, mint biztonsági egységből, származó nitrogén ^a	0.05 m/h		
Villamos energia [kWh/m ³]			
^a nitrogéngáz térfogatáram a hasznos felülethez képest [m ³ /(m ² h)]			

Szabályozás

A megfelelő működés biztosítása érdekében az elfolyó folyadéknak az időnkénti vizuális ellenőrzése szükséges. Ugyancsak időnként ellenőrizni kell a lefövező egységet és az olajgátat.

Gazdaságosság

	Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költség [millió]	Üzemelési költség	Megjegyzések
API	1200	EUR 2.0 ¹		
PPI				
CPI	100	BEF 2–10 ²	BEF 2–4 / m ³ 2 ^a	
^a munkabér 3 h/nap ¹ [cww/tm/48] ² [cww/tm/128]				

3.3.4.2 Oldható, biológiailag nem bontható vagy a lebontást gátló szennyező anyagok / fiziko-kémiai kezelés

Az oldható, biológiailag nem bontható vagy a lebontást gátló (inhibiáló) szennyező anyagok három csoportba sorolhatók:

- szerves vegyületek, úgymint sók vagy nehézfém vegyületek
- szerves vegyületek, amelyek biológiailag nehezen bonthatóak
- szerves vagy szervesen inhibitor vegyületek, amelyek a SZVT-beli biológiai lebontást zavarják.

A szerves vegyületek a biológiai kezeléssel nem befolyásolhatóak, de alkalmasak a biológiai folyamatok megzavarására. Ilyen esetben a központi SZVT-re befolyó szennyvíz speciális előkezelése szükséges. Előkezelési műveletek:

- kémiai átalakítások, amelyek a 3.3.4.1. Fejezetben leírt módon elválasztható szilárd anyagot képeznek (lásd 3.3.4.2.1. és 3.3.4.2.2. Fejezet)
- kémiai roncsolási folyamatok, amely során a szennyező biológiailag bonthatóvá válik (lásd 3.3.4.2.3. és 3.3.4.2.7. Fejezet)
- fizikai eltávolítási folyamatok (lásd 3.3.4.2.9. és 3.3.4.2.14. Fejezet)
- égetési folyamatok, melyek során a szennyvíztől elválasztható gáz és szilárd anyag keletkezik (lásd 3.3.4.2.15. Fejezet)

Az új német vegyi üzemek esetében megszokott gyakorlat ezeknek az előkezelési eljárásoknak a jelentős, nem bontható szerves anyagot elszállító mellék-vízáramok esetén történő alkalmazása.

3.3.4.2.1 *Csapadékos leválasztás*

Leírás

A csapadékos leválasztás művelete során, kémiai úton képezünk részecskéket, amelyeket további olyan műveletekkel választunk el, mint üleptetés (3.3.4.1.2. Fejezet), levegővel történő flotálás (3.3.4.1.3. Fejezet), szűrés (3.3.4.1.4. Fejezet) és szükség esetén követheti azt MF vagy UF (3.3.4.1.5. Fejezet). A membrán technikával történő finom elválasztás a vízszállító egységek védelmét, vagy a veszélyes anyagok kikerülésének megelőzését szolgálhatja. Kolloid csapadékok (pl. nehézfém szulfidok) eltávolítása céljából is hasznos lehet.

Egy csapadékos leválasztó rendszerint egy vagy két – a lecsapószer és más szükséges vegyszert adagolására szolgáló – keverővel ellátott tartályból, egy üleptetőből és a vegyszerek tároló tartályaiból áll. Ha szükséges – mint fentebb említettük – további berendezések csatlakoznak. Az üleptető tartály más iszapgyűjtő rendszerek mellett a folyamatban később is elhelyezhető.

A leggyakoribb lecsapószer:

- mész (mésztejjel, az előállító egység a kezelő-berendezés része) (nehézfémekre)
- dolomit (nehézfémekre)
- nátrium-hidroxid (nehézfémekre)
- nátrium-karbonát (nehézfémekre)
- kalcium-sók (más mint a mész) (szulfátra és fluoridra)
- nátrium-szulfid (higanyra)
- szerves poliszulfid (higanyra)

Ezeket flokkuláló szerekkel együtt alkalmazzák a további elválasztás gyorsítására, a lehetséges flokkulálószer:

- ferro – vagy ferri-sók
- alumínium-szulfát
- polielektrolitok
- szerves poliszulfidok

Alkalmazás

A csapadékos leválasztást a szennyvízáram különböző pontjainál lehet alkalmazni, pl.:

- közvetlenül a szennyezőforrásnál, hogy a nehézfémeket a hígulást elkerülve a leghatásosabban távolíthassák el
- központi kezelési eljárásként a foszfát, szulfát és fluorid eltávolítására a megfelelő hígítás meglétéről gondoskodva
- egy központi SZVT biológiai lépése utáni foszfor eltávolításra

A további folyadék/szilárd elválasztás végrehajtása természetesen függ olyan tényezőktől, mint csapadékképzésnél a pH, keverés, hőmérséklet vagy tartózkodási idő, az aktuális körülményeket előkísérletekkel kell megállapítani.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok / megszorítások
pH beállítás	az optimális pH tartomány nehézfémek foszfát és fluorid esetén pH 9-12, amikor szulfidokat használunk, savas közegben kénhidrogén fejlődik
Komplekxképző anyagok	nehézfémek, mint réz, nikkal leválasztása megakadályozható

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<p><u>Mész, mint reagens</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Megakadályozzuk a szennyvíz sótartalmának növekedését • Növekszik a központi biológiai SZVT puffer kapacitása. • Javul az iszap ülepedési tulajdonsága • Javul az iszap vízteleníthetősége • Csökken a víztelenítési idő • Iszapsűrítés • Olcsó 	<p><u>Mész, mint reagens</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A mész kezelésével, tárolásával, adagolásával kapcsolatos üzemelési problémák [cww/tm/4]. • A kalciumhidroxid miatt nő az iszap mennyisége • Karbantartási problémák [cww/tm/4].
<p><u>Nátrium szulfid esetén</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Az iszap mennyisége csökken (a meszes kezeléshez viszonyítva kb. 30 %-al) • Csökken a vegyszerigény (a meszes kezeléshez viszonyítva kb. 40 %-al) • Az elfolyóban kisebb fém koncentrációkat eredményez 	<p><u>Nátrium szulfid esetén</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kénhidrogén keletkezhet, amikor a reakciós zóna meghibásodás miatt savassá válik • Nátriumszulfiddal kapcsolatos szag problémák

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Elő – vagy utókezelés nem szükséges • Nagy hatékonyságú lebegőanyag és oldott fém eltávolítás | |
|--|--|

Teljesíthető emissziós szintek / hatások

A nehézfémekre vonatkozó teljesíthető emissziós szintek nagyon változóak, a speciális körülményektől függenek, mint például:

- egyfajta nehézfém eltávolítása egy szerves szennyvíz mátrixból
- nehézfémek keverékének eltávolítása egy szerves szennyvíz mátrixból
- nehézfémek eltávolítása szerves szennyvíz mátrixból, miközben fennáll a fémkomplexek képződésének a lehetősége, pl. színezékeknél.

Közegek közötti keresztszennyezés

A leválasztott csapadékokat rendszerint iszapként kell elhelyezni. Ez az iszap gyakran vegyi hulladék, főleg nehézfémek esetében. Ezek a csapadékok tartalmazhatnak karbonátokat, fluoridokat, hidroxidokat (oxidokat), foszfátokat, szulfátokat, nehézfémek szulfidjait.

Zajforrást a folyadék szivattyúk és az iszapelvétel jelentenek.

Amennyiben illékony és szagot adó anyagok felszabadulása várható, a csapadékképzést lezárt tartályokban, vagy fedett kádakban kell végezni, a gáz elvezetéséről gondoskodva.

Anyag – és energiaszükséglet:

Felhasznált anyag energia	Mennyiség
Lecsapószer (mész, dolomit, ferro – és ferri-sók, vas (II) szulfát / nátriumszulfid, alumínium-szulfát, polimerek, poliorganikus szulfidok)	A belépő szennyezőtől függ
Villamos energia [kWh/m ³]	

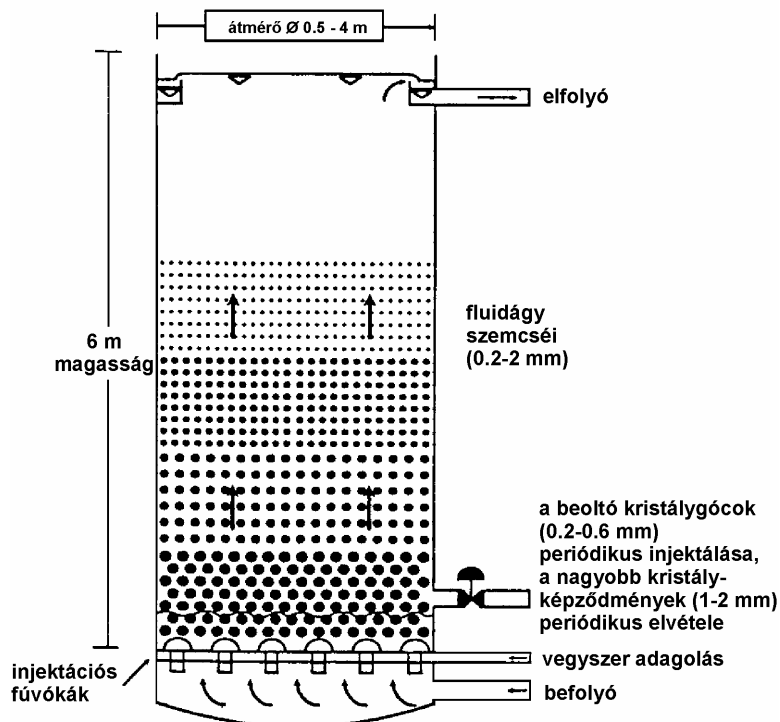
Szabályozás

A csapadék leválasztása alatt gondoskodni kell a pH, a lecsapószer és flokkulálószer adagolásának folyamatos beállításáról.

3.3.4.2.2 *Kristályosítás*

Leírás

A kristályosítás közeli kapcsolatban áll a csapadékos leválasztással. Ellentétben a csapadékképzéssel a kristályosítás nem a szennyvízben lejátszódó kémiai reakció, de kiülepedett, elsősorban kristályos anyagot termel. Az elemi kristályok növekednek és a reaktor alja felé haladnak. Hulladék iszap nem keletkezik. A kristályosítás folyamatának alapelvét mutatja be a 3.20. ábra [cww/tm/97].



3.20. ábra A kristályosítás folyamatának alapelve

A kristályosító berendezés áll:

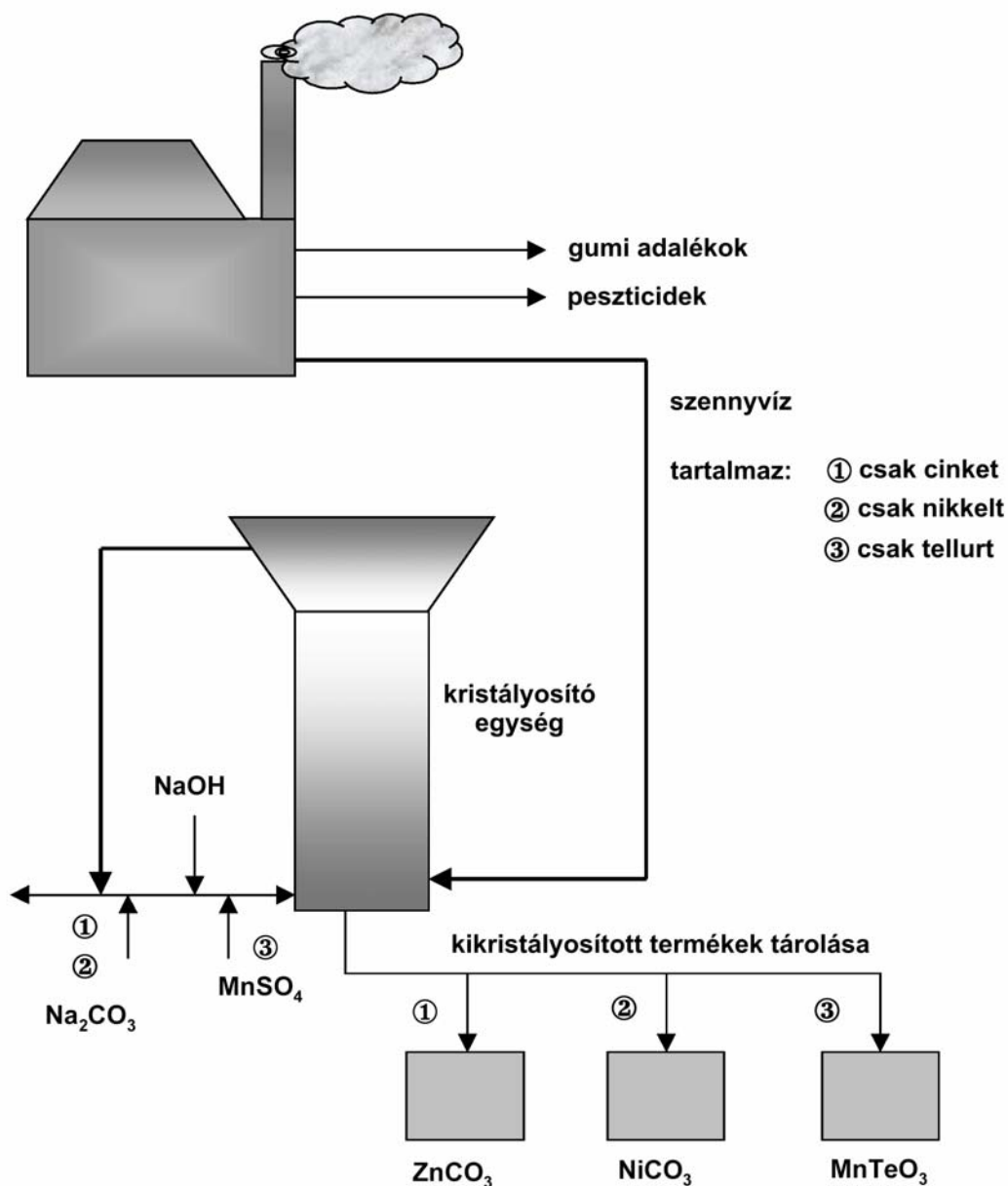
- a hengeres reaktorból, alsó betáplálással és felső elvezetéssel
- kristálygócot nyújtó anyagból, pl. homok vagy ásványi anyag golyócskák, amelyek fluidizált állapotban vannak
- a keringető szivattyúval ellátott keringető rendszerből.

A befolyó szennyvíz áramlási sebessége (40-120 m/h) tartja a golyókat fluidizációs állapotban, lebegésben [cww/tm/97]. A reaktor alján olyan körülményeket biztosítanak, hogy a keletkező só viszonylag nagy telítési koncentrációban legyen jelen. A fluidizációs ágy egy nagyon nagy kristályosodási felületet ($5000-10000 \text{ m}^2/\text{m}^3$) biztosít, így egy gyors és ellenőrzött reakcióban majdnem az összes anion vagy fémtartalom kristályokat képez. Az ülepedési segédanyagok egy része részlegesen távozik a reaktorból, így azt pótolni kell. A pótlást naponta egyszer végzik.

A cirkulációs rendszer alapfeladata a betáp szennyvíz összekeverése a kisebb anion vagy fém koncentrációjú cirkulációs árammal. A cirkulációs rendszer használatával a reaktor még rugalmasabban üzemeltethető, pl.:

- a betáp áramlási és koncentráció ingadozása könnyen megszüntethető
- 10-100000 ppm koncentrációtartományú minden típusú szennyvíz kezelhető a cirkulációs arány egyszerű változtatásával (a minél töményebb szennyvíz nagyobb cirkulációs arányt kíván)
- a golyók fluidizációja friss szennyvíz betáplálása nélkül is fenntartható.

Ha nagyon szigorú követelményekkel találkozunk, akkor az elfolyó jól átlátszóvá tehető, ha hagyományos, vagy folyamatos homok vagy membránszűrést alkalmazunk. Ezt a szűrési fokozatot vagy a cirkulációs körben, vagy az elfolyó áramában helyezik el. Az elfolyót használják a hagyományos homokszűrők visszamosására. A szűrő által kivett anyagokat savazással oldják le és visszavezetik a reaktorba. Egy vegyi gyárban alkalmazott kristályosítási folyamatot mutat a 3.21. ábra [cww/tm/97].



3.21. ábra Kristályosítás többcélú alkalmazása egy vegyi üzemnél

Alkalmazás

A legtöbb esetben nehézfémek szennyvizekből történő eltávolítására, és továbbhasznosításra való feltárássra használják, de fluorid, foszfát és szulfát is kezelhető a módszerrel. A vegyiparban történő alkalmazási példák a következők:

- gumi adalékok gyártásánál cink, nikkel és/vagy tellur visszanyerése 50-250 ppm közötti betáp koncentrációval
- műanyagok gyártásánál nikkel és alumínium visszanyerése a központi biológiai SZVT előtt 50-400 ppm közötti betáp koncentrációval.

Alapvetően majdnem az összes nehézfém, félfém és anion a szennyvíz fajtájától függetlenül eltávolítható. Sókristályok képződése akkor lehetséges, amikor a előállított só oldhatósága kicsi és a fém vagy anion gyorsan, stabil kristályrácsban kristályosodik. A fémeket általában mint karbonátokat, hidrokarbonátokat, hidroxidokat, szulfidokat, foszfátokat, szulfátokat, fluoridokat, stb., az anionokat általában mint kalciumsókat nyerjük ki [cww/tm/97].

Az alkalmazás határai és megszorításai

Korlátok/megszorítások	
Térfogatáram	0.1–10000 m ³ /h
Szennyező tartalom	10 mg/l–100 g/l
Eltávolítási kapacitás	max. 100 kg fém/anion óránként berendezésenként

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Szabványosított és rugalmas berendezések, így modulszerű beépítési lehetőség és egyedi gyártmány választék • Nem termel iszapot • Víztiszta és nagy tisztaságú pasztillák, amelyek alkalmasak újrafelhasználásra, vagy a fémtartalom más iparágban történő felhasználására • A nyersanyag kinyerhető / újrahasznosítható • Majdnem hulladékmentes folyamat 	<ul style="list-style-type: none"> • Csak olyan ionos összetevőkre alkalmazható, amelyek oldhatatlan vagy rosszul oldódó sókat képeznek • Nem veszélyes anyagokra korlátozott reagensek • A szennyvíz összes só tartalma nem csökken

Teljesíthető emissziós szintek / határfokok

A kristályosítás fő célja a nehézfémek csökkentése vagy kinyerése. Az elfolyóban elérhető kibocsátási koncentrációk:

Paraméter	Kibocsátási határérték [mg/l]	Reagens	Megjegyzések
Cink	1 ¹	nátriumkarbonát, izzított nátriumkarbonát	betáplálás 50-250 mg/l, pH 10
Nikkel	1 ¹	nátriumkarbonát, izzított nátriumkarbonát	betáplálás 50-250 mg/l vagy 1000 mg/l pH 10
Tellur	1 ¹	mangánszulfát izzított nátriumkarbonát	szűrés után pH 9
Alumínium	20 ¹	szulfát, izzított nátriumkarbonát	betáplálás 50-400 mg/l

¹ [cww/tm/97]

Közegek közötti keresztzennyezés

A jó eltávolítási eredmények érdekében a szükséges csapadékképző reagenseket feleslegben kell adagolni. Ez azt jelenti, hogy egy anyag eltávolítása egy olyan másik anyagot visz a szennyvízbe, amelyet az eredetileg nem tartalmazott.

Normál esetben sem hulladék, sem iszap nem keletkezik, mivel a keletkezett csapadékok a üleptési segédanyagra tapadnak. Szennyezéseket nem tartalmaznak, és nedvességtartalmuk légszárítást követően 5-10 %-ra nő [cww/tm/97]. Így a hordozón kötött csapadékot a szennyező anyag újrahasznosításához lehet használni.

Zajforrást a folyadék szivattyúk okoznak, amelyek lefedésével a zaj csökkenthető.

Szabályozás

A szabályozás fontos paraméterei a következők:

- vízáram, hogy a fluidizáció fennmaradjon
- a kérdéses fém vagy anion koncentrációja/betáplálása
- a reagens adagolása a kristályosítás optimális körülményeinek a fenntartására
- pH az előzővel megegyező okokból
- az elfolyóbeli fém vagy anion koncentráció.

Gazdaságosság

A gazdaságossági értékelés az alábbi táblázatban [cww/tm/97]:

Költség típus	Költség ^a [USD/kg]	Megjegyzések
Beruházási költségek		
Üzemelési költségek		
Értéksökkenés	3–25	a kapacitástól függ
Vegyszerek	0.50–2.50	a koncentrációtól függ
Villamos energia	0.25	
Személyzet		1 óra naponta
Karbantartás		a beruházás 3-5 %-a
Nyereség		
Újrafelhasználás	0–14.50	az aniontól vagy a fémtől függ
Vegy hulladék csökkentése	2–8	iszapbeli koncentrációtól függ
Csökken a leválasztás üzemelési költsége	0.50–3	előkezelés esetén
A csapadékos leválasztó beruházási költségének megtakarítása	3–12	utókezelés esetén
Lerakási díj csökkentése	30-40	utókezelés esetén

^a 1 kg visszanyert anionra vagy fémmre

3.3.4.2.3 Kémiai oxidáció

Leírás

A kémiai oxidáció a szennyezők átalakítását jelenti kémiai oxidálószerekkel (mely nem oxigén/levegő vagy baktérium), amely során hasonló, de kevésbé ártalmas vagy veszélyes vegyületek és/vagy rövidláncú és biológiailag könnyen lebontható szerves vegyületek képződnek. A kémiai oxidálószerek a következők:

- klór
- nátrium – vagy kalcium-hipoklorit
- klór-dioxid
- ózon (UV sugárzással vagy anélkül)
- hidrogénperoxid/UV sugárzás
- hidrogénperoxid/ferro só (Fenton reagens)

Gyakori műveletek a kémiai oxidációval kapcsolatban:

- oxidáció ózonnal
- oxidáció hidrogénperoxiddal
- oxidáció ózonnal/UV besugárzás
- oxidáció hidrogénperoxiddal/UV besugárzás
- oxidáció ózonnal, hidrogénperoxiddal és UV besugárzás
- oxidáció klórral, hipoklorittal

Az oxidációs reaktor kialakítása annak a speciális alkalmazásától függ:

- Az oxidációs folyamatok általában 0,5 MPa nyomásig lezajlanak [cww/tm/82]. Amennyiben az UV besugárzást gyorsítóként használják a reaktort el kell látni sugárforrással, pl. alacsony nyomású higanylámpával. Ilyen esetekben a reaktor rendszerint egy kvarccsőből áll, amelyen az UV fény áthalad, a szennyvizet körbefogva, és az UV lámpa elhelyezkedhet a kvarccsőön kívül vagy belül a szennyvíztől elszigetelve.
- Ha ózont használunk, egy ózongenerátor is része lesz a készüléknek, mert az ózont nagyon instabil volta miatt nem lehet szállítani, a helyszínen kell előállítani. A kezelést követően az ózon felesleget el kell távolítani. Szigorú követelmények vannak az ózon kezelésére vonatkozóan.
- Hidrogénperoxid oxidálószer esetében granulált aktív szén (GAC) adszorbens segítségével kötjük meg a felesleges reagenst.
- Klór alkalmazása esetén titánötvözetből készített speciális készüléket használnak. További felszerelések szükségesek a klór vagy hipoklorit feleslegének megkötésére, pl. szulfittal.

Az oxidálószerek tárolásáról gondoskodni kell, szem előtt tartva azok veszélyes tulajdonságait.

Alkalmazás

A kémiai oxidációt általában akkor alkalmazzák, amikor a szennyvíz olyan szennyezőket tartalmaz, amelyek biológiailag egyáltalán nem (pl. szervesetlen vegyületek) vagy nehezen bonthatóak, zavarhatják a SZVT-beli biológiai vagy fiziko-kémiai folyamatokat, túl ártalmas tulajdonságokkal rendelkeznek ahhoz, hogy közös gyűjtőrendszerbe engedjük azokat. Ilyen szennyezőanyagok pl.:

- olajok, zsírok
- fenolok
- poliaromás szénhidrogének (PAH)
- szerves halogenidek
- színezékek (Fenton reagenssel)
- peszticidek
- cianidok
- szulfidok
- szulfitok
- nehézfém komplexek

Ezen szennyezők némelyike bizonyos fokig biológiailag bontható és alternatív módon speciális mikroba kultúrákkal kezelhető. Ezekben az esetekben a helyi viszonyok döntenek el, hogy a kémiai oxidációt helyezzük a biológiai oxidáció elé. Amikor kis mennyiségű a szennyvíz, vagy nincs elegendő hely a biológiai kezelésre, a kémiai oxidáció javasolható.

Aktív oxigénnel (ózon, hidrogénperoxid) történő oxidációs reakciókat gyakran UV besugárzással együtt végeznek, pl. csurgalékvizek kezelése, vagy szaganyagokat vagy színes festékeket tartalmazó szennyvizek KOI csökkentésére.

A klórral vagy nátriumkloráttal történő oxidáció a szerves szennyezők, sőt szerves halogenidek eltávolítására speciális körülményeket kíván. Egy példa a SOLOX-eljárás, amellyel (megfelelő nyomáson és hőmérsékleten) epiklórhidrin gyártás szennyvizéből távolítanak el szervesanyagot (KOI/TOC és AOX-ot). De a klór, hipoklorit és klorit (vagy a megfelelő halogénvegyületek) használata minden esetben nagy elővigyázatosságot kíván a szennyvíz szerves anyagából keletkező szerves halogenidek okozta kockázat miatt.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok/megszorítások
UV besugárzás	<ul style="list-style-type: none"> • a nagy zavarosság alacsony UV elnyelést eredményez • az ammóniatartalomnak alacsonynak kell lenni, a gyökök befogásában a szerves vegyületekkel versenyez [cww/tm/27] • a szennyeződést okozó anyagok csökkentik a hatékonyságot • nem teljes oxidáció vagy szennyező közbenső termékek gátolhatják a folyamat hatékonyságát

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Néhány g/l-nél nagyobb KOI értékű szennyvizek kisebb, mint 1µg/l-re tisztíthatók [cww/tm/77]. Szervetlen vegyületek is kezelhetők Kicsi tartózkodási idő, így kis reaktor térfogat ajánlható (H₂O₂ oxidáció atmoszferikus nyomáson és szobahőmérsékleten 60-90 percen belül lejátszódik [cww/tm/132]) Az optimális eredmények érdekében más folyamatokkal (GAC adszorpció, sztrippelés, biológiai bontás) kombinálható 	<ul style="list-style-type: none"> Nagy energiafogyasztás: ózonfejlesztés, UV fény generálás, nyomás és melegítés a klórral történő oxidációnál Azonos betáp minőség A halogéntartalmú oxidálószer használatakor szerves halogenidek keletkezhetnek

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

A hidrogénperoxidos oxidáció esetében a KOI eltávolítás hatásfoka a szerves anyagok típusán kívül az alkalmazott hidrogénperoxid mennyiségétől is függ, amint azt a 3.4. táblázat bemutatja:

Vegyület	Adag H₂O₂ / KOI [%]^a	KOI eltávolítás [%]^b	H₂O₂ felhasználás [%]
Morfolin	100	20	20
2-Amino-etanol	100	37	37
Dietilén-glikol	100	45	45
Polietilén-glikol	100	35	35
Hexametilén-tetramin	100	32	32
2,4-Difluor-5-klór-6-metil-pirimidin	100	30	30
Fenil-trifluoretil-karbamid	80	75	94
Ammónium-trifluor-ditio-karbamát	80	79	99

^a a sztöchiometriai mennyiség százalékában
^b a kezdeti érték százalékában

3.4. táblázat A különböző szerves anyagok KOI eltávolítási hatásfoka a hidrogénperoxid függvényében [cww/tm/132].

További lebontási hatásfokok a következők:

Paraméter	Eltávolítási hatásfok [%]	Oxidálószer	Megjegyzések
TOC	>90 ¹	Klór / hipoklorit	betáplálás 1 g/l TOC körül
AOX	80 ¹	Klór / hipoklorit	betáplálás 40 mg/l AOX körül
Olaj			
Fenolok			
PAH			
Cianid			
szulfid			
szulfít			

¹ [cww/tm/82], SOLOX eljárás

Amikor hő/fényálló szerves anyagot tartalmazó szennyvizet kezelünk, a fő feladat ezeknek a vegyületeknek a széttördelése biológiailag könnyebben bontható, kevésbé ártalmas vegyületekké.

Közegek közötti keresztaszennyezés

Míg az ózonnal és/vagy hidrogénperoxiddal végzett oxidáció nem jár a vízből a levegőbe és/vagy lerakóhelyre történő anyagátadással, addig a klórral vagy hipoklorittal végzett oxidációt minden egyes alkalmazásnál kritikusan értékelni kell. Mint már említettük, a klór és hipoklorit – a SOLOX-folyamat példájával ellentétben – klórozott szerves vegyületek keletkezésével járhat, amelyek rosszul bonthatóak és/vagy mérgezőek. Ezt ellenőrizni kell, amikor nagy szerves anyag tartalmú szennyvizet az előző oxidációs folyamatból származó hipoklorit felesleget tartalmazó vízzel elegyítünk. A klóros oxidációval kezelt szennyvizet a klór és hipoklorit feleslegtől az csatornarendszerbe engedés előtt meg kell szabadítani.

Anyag és energia szükséglet:

Felhasznált anyag és energia	Mennyiség
Oxidálószer	
Vegyszer az oxidálószer feleslegének elbontására	
Villamos energia [kWh/m ³]	
ózon előállításához [kWh/kg O ₃]	9-12 (1-3 súly % ózon oxigénből, száraz levegőből dupla mennyiség)

Szabályozás

Az oxidációs folyamat alatt a szabályozás döntő paraméterei a következők:

- pH
- redoxpotenciál
- ózon koncentráció (a 15-20 % ózon a levegőben nagyon instabil, és bomlásra hajlamos [cww/tm/27])
- oxigén koncentráció (biztonsági okokból)
- az elfolyóban mért oxidálószer felesleg mennyisége
- AOX tartalom az elfolyóban, ha klórbázisú oxidálószerrel használunk.

Gazdaságosság

A kémiai oxidáció nem költséghatékony magas szennyező koncentráció esetén, mert nagy mennyiségű oxidálószer szükséges. Az ilyenkor javasolt oxidációs folyamatok:

- UV/hidrogénperoxid
- UV/ózon
- UV/hidrogénperoxid/ózon

magas beruházási és üzemeltetési költséggel járnak és a besugárzás nélküli oxidációhoz képest költségesebb szennyvíz előkezelést igényelnek.

3.3.4.2.4 *Levegővel történő nedves oxidáció*

Leírás

A levegővel történő nedves oxidáció vizes fázisban, magas nyomáson és hőmérsékleten oxigénnel végrehajtott reakciót jelent. A reakció gyakran katalizátor jelenlétében történik. A reakció termékei a szennyvíz összetételétől függően:

- szénmonoxid a szerves tartalomból
- széndioxid a szerves tartalomból
- víz a szerves tartalomból
- nitrogén a hidrazinból, vagy ammónia/ammónium és N-tartalmú szerves vegyületekből katalizátor használatakor
- nitrát a nitrítból és N-tartalmú szerves vegyületekből
- ammónium katalizátor hiányában
- (hidrogén)klorid a szerves kloridokból
- szulfát a szulfidokból és tiocianátokból
- foszfát a foszfor-tartalmú vegyületekből

A nedves oxidáció alkalmazási tartományának jobb kihasználása érdekében célszerű kétféle folyamat kifejlesztése, eltérő reakciókörülményekkel:

- alacsony nyomású nedves oxidáció
- nagy nyomású nedves oxidáció

A megfelelő hőmérséklet és nyomás eltérés alapján történő csoportosítással együtt jár a folyamat mérnöki tényezőinek, a bontható anyagok típusának és a biztonsági követelményeknek az eltérése is [cww/tm/132].

A két változat tipikus jellemzői:

	Alacsony nyomású eljárás	Nagynyomású eljárás
Hőmérséklet tartomány [°C]	30–200	150–340
Nyomás tartomány [MPa]	0.5–2	>2
Tartózkodási idő [h]	0.5–3	0.5-3

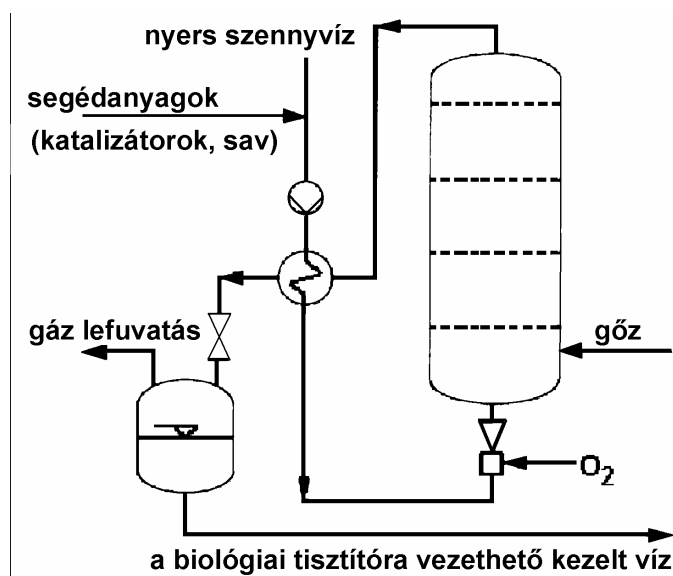
Az alacsony-nyomású nedves oxidáció készülékei és folyamata [cww/tm/132]:

- a reakciós edény az alkalmazott nyomás és hőmérsékletnek megfelelően
 - egy jól kevert, mechanikai keverő nélküli függőleges buborékos oszlop
 - egy vízszintes reaktor sorbakapcsolt kevert szakaszokkal
 - mélyaknás reaktor (lásd 3.44. ábra)
 - töltöttágyas reaktor katalizátorral
- nagynyomású szivattyú a szennyvíz, vagy az iszap szállítására
- kompresszor a levegő/oxigén ellátásra

- gáz/folyadék elválasztó
- nyomáscsökkentő szelepek
- hőcserélő a belépő szennyvíz előmelegítésére.

A fűtött részek szerkezeti anyagával szembeni követelmények magasak. 160 °C alatt a teflonnal bevont készülékek alkalmasak, 200 °C felett a fémrészeket titánból, vagy annak palládium ötvözetéből készítik. A nagynyomású változat esetén a fűtött készülékeknél speciális titánötvözetet, hideg részekenél kloridnak ellenálló saválló acél a megfelelő [cww/tm/132].

Az alacsony nyomású nedves oxidációra egy példát mutat a 3.22. ábra



3.22. ábra Loprox üzem folyamatábrája

üzemelési körülmények: 120-200 C°, 0,3-2,0 MPa és < 3 h tartózkodási idő [cww/tm/132]

Alkalmazás

A nedves oxidációt olyan szennyező anyagokat tartalmazó szennyvizek esetében alkalmazzák, amelyek biológiailag nem könnyen bonthatóak, vagy zavarhatják a biológiai SZVT-beli biológiai folyamatokat, vagy túl ártalmasak ahhoz, hogy a csatornarendszerbe engedjük azokat. Az iszapkezelésnél is alkalmazzák (lásd 3.4. Fejezet). A nedves oxidációval előnyösen eltávolítható vegyületek és oldott ionok, például

az alacsony nyomású változatot alkalmazásával:

- nitrit, amely 30-50 °C-on egy lépcsőben nitráttá alakul
- a színezék gyártásból származó szulfit, amelyik szulfáttá alakul egy két lépéses homogén katalitikus 120-140 °C-on és 0,6 MPa nyomáson végrehajtott folyamatban [cww/tm/132].
- fenol és naftalin származékok 120-150 °C-on átalakítva

- klórozott aromás vegyületek, amelyek 120-190 °C-on egy katalitikus folyamatban kerülnek átalakításra
- és a nagynyomású változat alkalmazásával:
- szerves nitro vegyületek, nitrogénné átalakítva
- szerves aminovegyületek, vagy nitrogén hetero atomot tartalmazó aromások ammóniává átalakítva
- szerves kénvegyületek szulfáttá konvertálva
- szerves foszfor vegyületek foszfáttá átalakítva
- klórozott szerves vegyületek sósavvá átalakítva

Példák a gyártási folyamatokra, ahol a nedves levegős oxidációt alkalmazzák, pl. [cww/tm/160]:

- színezékek és intermedierek gyártása
- aromás szulfonátok oxidációja
- fenol vagy naftol származékok előállítása
- aromás szénhidrogének előállítása.

A nedves oxidáció helyettesítheti a biológiai SZVT-t, ha túl kevés a szennyvíz, vagy nincs szükség biológiai kezelésre.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok/megszorítások
Szennyező koncentráció	<ul style="list-style-type: none"> • Alacsony KOI koncentrációnál nem előnyös, ajánlott KOI koncentráció 5000 és 50000 mg/l között [cww/tm/160], 6000-8000 mg/l koncentrációnál hőigény tekintetében önfenntartóvá (autotermikussá) válik [cww/tm/132] • 100000 mg/l koncentráció felett hígítás szükséges [cww/tm/27] • a nagynyomású változatnál legalább 50000 mg/l KOI koncentráció kell a folyamat teljes energiaigényének fedezésére [cww/tm/132] • fluorid koncentráció <10 mg/l (kis nyomású eljárás) [cww/tm/160], a magasabb koncentrációnál előkezelés szükséges, pl. leválasztás kalcium sóval, majd szűréssel ; <5 mg/l (nagynyomású eljárás) [cww/tm/160] • a kalcium-fluorid oldhatóságából eredő fluorid koncentráció pH 5 alatt elegendő a korrózió beindításához [cww/tm/132] • a betáp sótartalmát ahogy csak lehetséges csökkenteni kell, különösen a nagynyomású eljárásnál, a korrózió miatt [cww/tm/82], [cww/tm/160]: só <150 g/l klorid <50 g/l foszfát <400 mg/l NH₄-N <2.5 mg/l Ca, Fe, Al, Cu <100 mg/l
Szennyvíz ingadozás	a szennyvizet össze kell gyűjteni és kiegyenlíteni az oxidációs kezelő elfolyásával

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
• Viszonylag magas lebegő KOI koncentrációjú	• Dioxinok keletkezhetnek [cww/tm/82].

szennyvizek kezelhetők	
<ul style="list-style-type: none"> • Szervetlen szennyezőanyagok eltávolíthatóak, vagy kevésbé veszélyes anyagokká alakíthatóak • Más kezelési eljárásokkal kombinálható 	

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Amikor makacs szervesanyag-tartalom és/vagy a biológiai kezelést akadályozó inhibitorok eltávolítása a fő cél, kétlépéses folyamatot végeznek:

- a makacs komponenseket rövidebb láncú vagy biológiailag könnyebben lebontható vegyületekké tördelik
- aztán ezt a szennyvizet a központi biológiai SZVT-re továbbítják.

Így maga a folyamat nemcsak az oxidációs eljárás hatékonyságával jellemezhető, hanem az azt követő biológiai lebontás hatékonyságát is számításba kell venni.

Az alacsony nyomású változatra a következő adatokat közölték:

Paraméter	Eltávolítási hatásfok	Megjegyzések
KOI	60–90 % ¹	példa: 85 % csökkenés a nedves oxidációval (190 °C, 2 MPa), amit 90 %-os csökkenés követ a biológiai tisztítási lépésnél, összességében 98 % KOI csökkenés ³
	50 % ²	90 % a biológiai kezelés után
AOX	60–90 ^{1,3}	190 °C-os reakció hőmérséklet
BOI/KOI	0,1-ről 0,5-re növekedés ³	190 °C-os reakció hőmérséklet
nátrium-szulfid	<1 mg/l ⁴	kezdeti koncentráció 30 g/l, 160 °C, 0,9 MPa
¹ [cww/tm/82] ² [cww/tm/160] ³ [cww/tm/132] ⁴ [cww/tm/149]		

A nagynyomású változatra a következő adatokat közölték:

Paraméter	Eltávolítási hatásfok [%]	Megjegyzés
KOI	99 ¹	kezdeti koncentráció 30 g/l, 250 °C, 7 MPa
TOC	95 ²	280 °C, 12 MPa
AOX	80 ²	280 °C, 12 MPa
Aromás aminok	76–83 ³	kezdeti TOC 14,6 g/l, pH 1.1-10, 280-300 °C
Heterociklikus nitrogén	77–92 ³	kezdeti TOC 1.1-14.3 g/l, pH 1.1-10, 280-300 °C
Azo vegyületek	97–99 ³	kezdeti TOC 13.1 g/l, pH 1.5-10, 280-300 °C
Nitro-szulfonsavak	76–84 ³	kezdeti TOC 14.0 g/l, pH 1.5-10, 280-300 °C
Heterociklikus oxigén	80–87 ³	kezdeti TOC 52 g/l, pH 11.5, 280-300 °C
Klórtartalmú szulfonsavak	90–93 ³	kezdeti TOC 3.5 g/l, pH 1.6, 280-300 °C
Amino-szulfonsavak	80–88 ³	kezdeti TOC 20-24 g/l, pH 1.4-2.2, 280-300 °C
Amino-poli-szulfonsavak	64–65 ³	kezdeti TOC 47.6 g/l, pH 0.5, 280-300 °C

Nitro-vegyületek	93–94 ³	kezdeti TOC 6 g/l, pH 9.3, 280-300 °C
Oxi-vegyületek	75–81 ³	kezdeti TOC 9.2 g/l, pH 2.2, 280-300 °C
Kevert szennyvíz	77–81 ³	kezdeti TOC 11.4 g/l, pH 1.9, 280-300 °C
¹ [cww/tm/149]		
² [cww/tm/160]		
³ [cww/tm/132]		

A nagynyomású nedves oxidációs eljárás alacsony TOC koncentrációit mutatja a táblázat peszticidok eltávolítása esetén [cww/tm/27]:

Szennyező	Belépő koncentráció [µg/l]	Elfolyóban mért koncentráció [µg/l]	Megjegyzések
Aldrin	500	<50	
DDT	21000	<300	
Endosulfán	18400	291	
Endrin	3600	<100	
2,4-diklór-fenol	180	<3.1	

Közegek közötti keresztaszennyezés

Eltérő körülmények esetén dioxinok keletkezése figyelhető meg, így a maradékok tovább kezelendők. Ebből a folyamatból távozó anyagoknak – folyadék vagy gáz (szénmonoxid, kisebb mólsúlyú szénhidrogén) – a további kezelését biztosítani kell, pl. biológiai kezelés, szennyvíz sztripping vagy adszorpció, gáz elnyelés, bioszűrés vagy a véggáz termikus/katalitikus oxidációja.

Anyag és energia szükséglet:

Az energiaszükséglet a TOC koncentráció függvénye. Amikor a TOC meghaladja a hő fenntartási határt, a termelt hő hőcserélőkben hasznosítható.

Szabályozás

Az egész folyamat során a működési paramétereket, mint nyomás, hőmérséklet és oxigén koncentráció folyamatosan ellenőrizni kell a hibátlan működés biztosítására.

Gazdaságosság

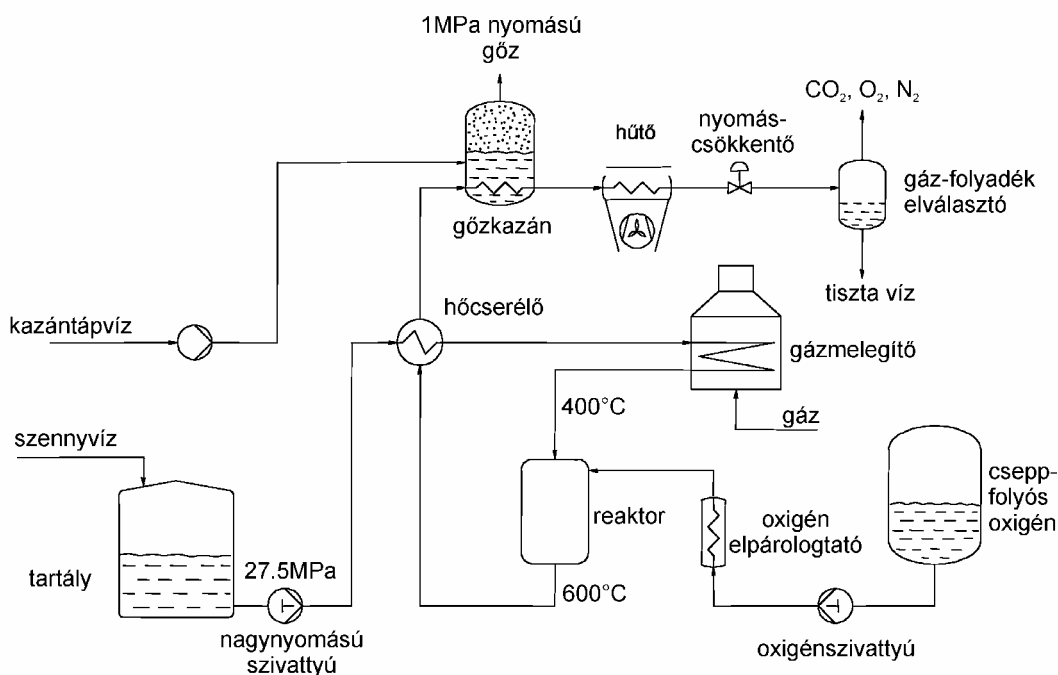
Költség típusa	Költségek	Megjegyzések
Beruházási költség		
Üzemelési költségek	DEM 5/m ³ ¹	100 °C-nál
	DEM 20–40/m ³ ¹	200 °C-nál
	EUR 1.5/kg TOC ²	
¹ [cww/tm/132]		
² [cww/tm/160]		

3.3.4.2.5 Szuperkritikus vizes oxidáció (SCWO)

Leírás

Az SCWO a levegővel történő nedves oxidáció nagynyomású változatának (lásd 3.3.4.2.4. Fejezet) egy speciális alkalmazása. Az oxidáció a víz szuperkritikus tartományában, 374 °C hőmérséklet és 22,1 MPa nyomás felett történik. A folyamatot a 3.23. ábra mutatja.

A szennyvizet egy nagynyomású szivattyú a szuperkritikus nyomás fölé komprimálja, mielőtt belép a hőcserélőbe, ahol a betápot a reaktor elfolyóval melegítik elő. Induláskor, vagy ha a szennyvízben szerves anyag koncentráció kisebb 4 %-nál, a betáplálást tovább kell melegíteni, hogy elérje a szuperkritikus hőmérsékletet. Amikor oxigént adagolnak a betáphoz, a reaktorbeli hőmérséklet kb. 600 °C fölé fog emelkedni.



3.23. ábra Az SCWO folyamat egyszerűsített folyamatábrája

A reaktor elfolyó egy hőcserélőn áramlik keresztül, azután egy hő visszanyerő gőz generátoron, és egy hűtőn. Végül egy fojtószelepen átáramolva a nyomása légköri lesz és egy szeparátorban a folyadékot, és gázt szétválasztják.

A szennyvíz szerves anyag tartalma széndioxiddá, vízzé és nitrogénné redukálódik.

Az SCWO eljárás jellemzői:

- szuperkritikus vízben a szerves anyagok teljesen feloldódnak
- a szerves anyagok, mint a sók teljesen kicsapódnak
- a teljes lebontás reakcióideje 30-60 sec közötti, erősen függ a reakció hőmérséklettől
- a reakció kb. 25 MPa nyomáson és 400-600 °C történik
- a szerves anyag teljes átalakítása, így
 - szerves szén széndioxiddá átalakítva
 - szerves és szervesetlen nitrogén nitrogén gázzá átalakítva
 - szerves és szervesetlen halogenid a megfelelő savvá átalakítva
 - szerves és szervesetlen kén kénsavvá átalakítva.
- illékony szilárd anyagok lebontása
- nehézfémek magasabb oxidációs állapotba történő oxidációja
- az összes inert anyag elválasztása, mint egy finom nem kilúgozható hamu

Alkalmazás

Az SCWO-t olyan szennyezők esetében alkalmazzák, amelyek biológiailag nehezen bonthatóak és/vagy nagyon mérgezőek, vegyiparból, petrokémiai és gyógyszeriparból származnak. A dioxinok és a PCB lebontására is alkalmas, habár a viszonylag alacsony 400-600 °C-os hőfoktartományban káros NO_x (nitrogénoxidok, beleértve N₂O-t is) vegyületek is képződnek.

Az SCWO egy másik alkalmazási területe az ipari és kommunális iszapok kezelése a bennük lévő mérgező szerves vegyületek, beleértve a dioxinokat is, lebontása.

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Az összes szerves anyag , tekintet nélkül a tulajdonságaikra elbomlik • Nagyon magas lebontási hatékonyság viszonylag alacsony hőmérsékleteken végrehajtva a folyamatot, NO_x mentes emisszióval • Nem keletkeznek dioxinok • Nagyon rövid reakcióidő szükséges, ami rövid tartózkodási idővel jár, így kis reaktor térfogat elegendő • Más kezelésekkel kombinálható 	<ul style="list-style-type: none"> • N₂O gáz és ecetsav nyomok keletkezhetnek • Szervesetlen szilárd anyagok lerakódhatnak és korróziót okozhatnak

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Eltávolítási hatások [%]	Megjegyzések
Szerves vegyületek	>99	
1,2,4-Triklór-benzol	99.99 ¹	495 °C, 3.6 min
4,4-Diklór-bifenil	>99.99 ¹	500 °C, 4.4 min
DDT	>99.99 ¹	505 °C, 3.7 min
1,2,3,4-Poliklór-benzol PCB	99.99 ¹	510 °C, 3.7 min
1,2,5,4 – Poliklór-benzol PCB	99.99 ¹	510 °C, 3.7 min
Dioxin	>99.99 ¹	574 °C, 3.7 min
¹ [cww/tm/27]		

Közegek közötti keresztzennyezés

A kezelendő szennyvíztől függően a folyamatból távozó gázok ecetsav és sósav nyomokat is tartalmazhatnak, amelyeket gáztisztító berendezésben kezelni kell.

Zajforrást a nyomás kialakítása és fenntartása okoz, csökkenthető a készülék lefedésével.

Szabályozás

Az egész folyamat során a működési paraméterek, mint nyomás, hőmérséklet és oxigén koncentráció informál a hibátlan működésről.

3.3.4.2.6 Kémiai redukció

Leírás

A kémiai redukció a szennyezők kémiai redukáló szerekkel történő átalakítása hasonló, de kevésbé ártalmas vagy veszélyes vegyületekké. Általánosan használt kémiai redukáló szerek:

- kéndioxid
- nátrium-hidrogén-szulfid/meta-biszulfid
- ferro-szulfát
- nátrium-szulfid és nátrium-hidrogén-szulfid
- karbamid vagy szulfonsav-amid (alacsony pH-nál).

Ezeket megfelelő pH és koncentráció mellett hozzuk kapcsolatba a szennyeződést okozó vegyületekkel. A kémiai redukció általában az elfolyóban könnyen kezelhető, – pl. csapadékként leválasztható – vegyületeket eredményez.

A kezelő reaktor kialakítása az adott feladattól függ. Az alap berendezés egy teljesen kevert tartályreaktor (CSTR), a folyamat kívánalmainak megfelelően kialakítva, pl. korrózió – és nyomásálló szerkezeti anyag, vagy bevonat és gázvezetés lehetősége. További felszereltséget jelent, hogy biztosítsuk a redukálószer feleslegének eltávolítását, pl. hipoklorittal vagy hidrogénperoxiddal oxidálva a szulfitot szulfáttá. Ez utóbbi problémát enyhíthetjük olyan tervezési és működési paraméterek beállításával, mint a pH és redoxpotenciál (ORP). A kémiai redukciós kezelőknek nem kell különösen kifinomultaknak és költségeseknek lenniük. Ahol folyamatos/automatikus üzemvitel a megfelelő, ott a beruházási költségek magasabbak, de azt az alacsonyabb üzemelési költség kompenzálja. A folyamat az ORP folyamatos szabályozásával teljesen automatikussá tehető.

A redukálószer tárolását úgy kell megoldani, hogy ezeknek az anyagoknak a veszélyességét vegyük figyelembe.

Alkalmazás

A kémiai redukciót olyan szennyvizek kezelésére használjuk, amelyek nem könnyen eltávolítható, vagy a közös gyűjtőrendszerbe engedve ártalmas szennyező anyagokat tartalmaznak. A célba vett szennyezőanyagok szervesetlen vegyületek, a szerveseknél az eljárás kevésbé hatásos.

Ilyen szennyeződésekre példák:

- króm(VI), amelyet króm(III)-á redukálnak
- klór vagy hipoklorit, amelyiket kloriddá redukálnak
- hidrogénperoxid, amely vízzé és oxigénné redukálódik
- nitrit, alacsony pH-nál karbamidot vagy szulfonsav-amidot használva

A kémiai redukcióval gyakran alkalmazzák együtt a kémiai leválasztást.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok / megszorítások
Anyagok	a redukálható szervesetlen vegyületek száma korlátozott
pH, redox potenciál (ORP)	a hatásfok erősen függ a pH és ORP értékétől, így ezek az alapvető paraméterek szigorúan ellenőrizendők
Reakció körülmények	erélyes keverés szükséges

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
----------------	------------------

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> A kezelendő szennyvíz szennyezői széles koncentráció tartományban lehetnek (néhány g/l-től kevesebb, mint 1 mg/l-ig) | <ul style="list-style-type: none"> Gáz fejlődés történik, szulfidok esetében kénhidrogén fejlődhet |
|--|---|

Teljesíthető emissziós szintek / hatások

Az irodalomban publikált szennyezőanyag eltávolítási hatások nagyon magasak.

Paraméter	Eltávolítási hatások [%]	Redukálószer	Megjegyzések
Króm (VI)			
Klór			
Hipoklorit			
Hidrogénperoxid			

Közegek közötti keresztzennyezés

Járulékos környezeti problémákkal nem kell számolni. A fejlődő gázokat összegyűjtik és a gáztisztítóba vezetik.

Anyag és energia szükséglet:

A redukálószer szükséglet a szennyezőanyag terhelés függvénye; a fölös redukálószer elbontásának vegyszerigénye pedig a folyamatvezetés minőségétől függ.

Szabályozás

A reakció lefolyását független ellenőrző körökkel követjük:

- lúg/sav adagolás a pH ellenőrzésére
- redukálószer adagolás az ORP ellenőrzésére.

Az elfolyót a redukálószer feleslegre kell ellenőrizni.

Gazdaságosság:

Nagy szennyezőanyag koncentrációnál, a szükséges redukálószer nagy mennyisége miatt lehetséges, hogy más kezelési eljárásoknak az alkalmazása előnyösebb.

3.3.4.2.7 Kémiai hidrolízis

Leírás

Alapvetően a hidrolízis egy roncsolásos technológia. Egy olyan kémiai reakció, amelynél szerves és szervesetlen alkotók reagálnak vízzel, kisebb vegyületeket kialakítva. Néhány esetben a reakció folyamatos és más termékek – rendszerint rövid láncú és biológiailag könnyen lebontható vegyületek – képződnek. A kémiai hidrolízissel kezelt vizek további kezelése szükséges, rendszerint központi biológiai SZVT-ben.

A hidrolizáló reaktor tervezése a kitűzött céloktól függ. A hidrolízis folyamatai általában légköri nyomáson és szobahőmérsékleten mennek végbe. Amikor magas hőmérséklet szükséges, a szennyvíz betáplálása egy előmelegítővel felszerelt hőcserélő rendszeren keresztül történik. Néhány esetben autoklávokat kell alkalmazni a 100 °C feletti hőmérséklet és 0,5-1 MPa nyomás biztosítására. A folyamatok szakaszosak, munkaerő kell a tartályok betöltésére és ürítésére. Ha alacsony(abb) forráspontú vegyületek keletkeznek a kémiai lebontás során, a berendezést vákuummal kell ellátni, hogy elszívják a szennyezett gőzöket és folyadékcspepeket a tartályok kinyitása nélkül több hőmérsékleten és nyomáson is.

Mivel a sav, lúg felesleget a kezelési művelet végén semlegesíteni kell, ehhez további készülék szükséges. Az erős savak és bázisok kezelésére szigorú munkavédelmi előírások érvényesek. Azok használata speciális, korrózióknak ellenálló készülékekben történik.

A savak és bázisok tárolását úgy kell megoldani, hogy ezeknek az anyagoknak a veszélyességét vegyük figyelembe.

Alkalmazás

A kémiai hidrolízist olyan szennyvizek kezelésére használjuk, amelyek biológiailag nem könnyen eltávolítható, vagy a biológiai SZVT biológiai folyamatait zavaró, vagy a közös gyűjtőrendszerbe engedve ártalmas szennyező anyagokat tartalmaznak.

Ilyen szennyeződésekre példák:

- szerves halogenidek
- peszticidek
- szerves cianidok
- szerves szulfidok
- szerves foszfátok
- karbamátok
- észterek
- amidok.

A kémiai hidrolízissel kapcsolatos gyakori műveletek:

- vegyszeres semlegesítés
- kémiai oxidáció
- csapadékképzés

A reakció nagymértékben függ a kémiai szerkezettől, pH-tól és hőmérséklettől:

- a hőmérséklet növelése a hidrolízis sebességének a növekedésével jár
- az alacsony vagy magas pH a reakció sebességet növeli, a reagenstől függően, pl. foszforsav észterek és szerves kloridok lúgos közegben hidrolizálnak gyorsabban
- katalizátor növelheti a reakciósebességet.

Az alkalmazás határai és megszorításai

	Korlátok / megszorítások
pH	vagy savas, vagy lúgos
Hőmérséklet	15–80 °C, nyomás alatt 120 °C-ig
Koncentráció tartomány	1 mg/l–100 g/l
Anyagtulajdonság	a túl erélyes körülmények között redukálható anyagokra nem alkalmas
Vízben való oldhatóság	vízben való alacsony oldhatóság korlátozhatja az alkalmazhatóságot

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Nagy lebegő KOI tartományú szennyvizek kezelhetők • A folyamat sokféle kezelési eljárással (GAC adszorpció, levegő/gőz sztrippelés, biológiai lebontás) kombinálható 	<ul style="list-style-type: none"> • A hidrolizált szennyvízáramot általában semlegesíteni kell, így ez a sótartalom növekedésével és/vagy az elhelyezendő iszap növekményével jár együtt • Gázok és gőzök szabadulhatnak fel • Gyakran szükséges a nagy nyomás és/vagy a melegítés, ami energia fogyasztást eredményez

Teljesíthető emissziós szintek / hatások

Az eltávolítási hatások nagymértékben függ az illető vegyület szerkezetétől, pH-tól és hőmérséklettől. A lebontás mennyiségi adatai tervezhetőek, de félüzemi kísérletek szükségesek az egyedi kísérleti körülményeknél.

Mivel a makacs szerves anyagok és/vagy a következő biológiai kezelés inhibitorainak eltávolítása a fő cél, az egyértelmű minősítés csak a két folyamat – hidrolízis és biológiai lebontás – együttes értékelésével adható meg.

Közegek közötti keresztszennyezés

a – a

Az erős bázisokkal – NaOH és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – vagy erős savakkal – H_2SO_4 – végzett hidrolízis nem eredményez további hulladékokat.

Szagot adó és/vagy illékony anyagok felszabadulása – amennyiben az elvárható – a tartály lefedésével vagy zárt tartályban végzett művelettel és véggázok gáztisztítóba vezetésével megakadályozható.

Felhasznált anyag energia	Mennyiség
Vegyszerek	
Gőz/meleg víz a melegítéshez	
Villamos energia [kWh/m^3]	

Szabályozás

A reakció lefolyását az alábbi üzemelési paraméterekkel ellenőrizhetjük:

- hőmérséklet
- pH
- nyomás
- tartózkodási idő

Az elfolyóban ellenőrizni kell a hidrolizált vegyületet és a sav/bázis feleslegét.

3.3.4.2.8 *Nanoszűrés és fordított ozmózis*

Leírás

A membránműveleteknél folyadékelegyet vagy oldatot érintkeztetünk a membránnal, és a folyadék egy része átjut a membránon (permeát) míg a másik része nem (retentát, koncentrátum). A membránon való átjutás hajtóereje a nyomáskülönbség a membrán két oldala között.

A nanoszűréssel (NSz) illetve a fordított ozmózissal (FO) megvalósíthatunk molekuláris, illetve ionos szintű elválasztásokat. Membránelválasztást akkor alkalmazunk, ha a folyadékelegyet vagy oldat szilárdanyag-mentes és a permeát vagy retentát teljes recirkulációja szükséges.

A nanoszűrés és a fordított ozmózis tipikus jellemzőit mutatja be a 3.5 táblázat.

3.5 táblázat A NSz és a RO néhány tipikus paramétere

Paraméter	Nanoszűrés	Fordított ozmózis
Pórus átmérő [μm]	0,01 – 0,001	< 0,001
Üzemelési nyomás [MPa]	0,5 – 3	2 - 100

Szűrési méret [nm]	>1 200 – 1000 g/mol	< 1000 g/mol
Permeátum [l/h m ²]	< 100	10 - 35
Átáramlási sebesség [m/sec]	1 – 2	< 2
Membrán típusa	polimer aszimmetriás vagy kompozit	polimer aszimmetriás vagy kompozit
Membrán konfigurációja	spirálisan csévélt, csöves	spirálisan csévélt, csöves

A membránok különböző anyagból és különböző konfigurációban készülhetnek. Kiválasztásuk mindig a kérdéses szennyvíztől függ, mivel a különböző membrántípusoknak eltérő az ellenállása a szennyvízben található anyagokkal szemben. nanoszűrésre a következő anyagból készülnek membránok, pl.

- cellulóz acetát,
- poliamid.

Fordított ozmózisra használatos membránok anyagai szerves polimerek, mint pl.

- cellulóz acetát,
- poliamid,
- poliimid,
- policarbonát,
- PVC,
- poliszulfon,
- polieterszulfon,
- poliacetát,
- akrilonitril és vinilklorid kopolimerje,
- polielektrolit komplexek,
- keresztkötésű polivinil alkohol,
- poliakrilát.

A poliamid bázisú membránok általában kedvezőbbek a cellulóz-acetát alapú membránokkal szemben, ha kis mennyiségben jelenlévő szerves molekulákat kell eltávolítani.

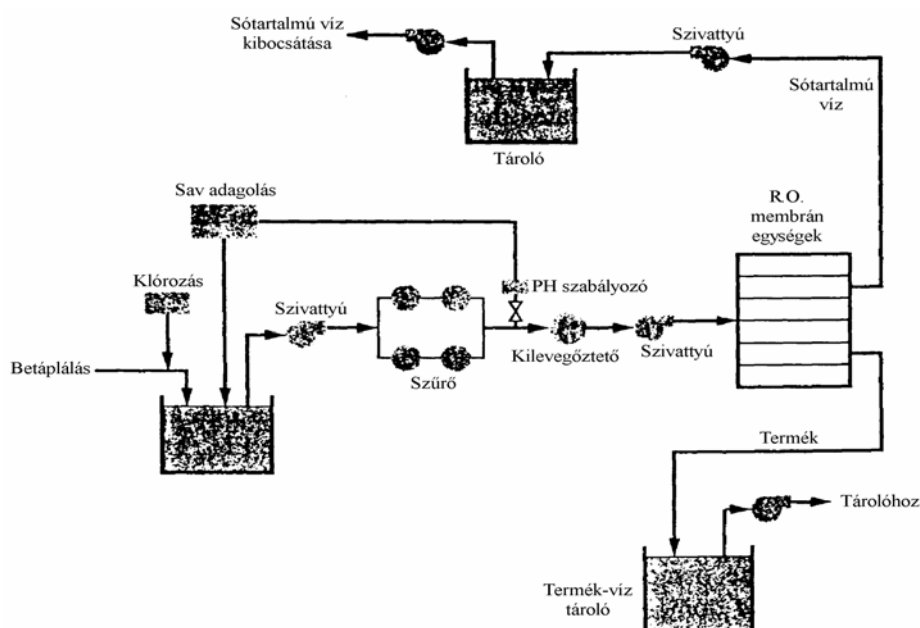
A nanoszűrés és a fordított ozmózis folyamatok rendszerint keresztáramban üzemelnek, vagyis a permeátum a betáplálásra merőleges irányú. A szennyezések a betáplálásban maradnak, mely egy kisebb térfogatú koncentráltabb szennyvízként hagyja el a rendszert.

A membránok, még a szennyvíz legjobb előzetes kezelése ellenére is, bepiszkolódnak, eltömődnek és tönkre is mehetnek. Ezért a membrán modulokat úgy kell megtervezni, hogy azok időnként az üzemelésből, a szükséges mechanikai és kémiai tisztításra, kivehetők legyenek.

Egy ipari membrán egység a következő három fő egységből áll:

- előkezelő egység, ahol a membránra táplált folyadékot kémiai tisztítjuk (precipitálás, koagulálás/flokkulálás vagy flotálás) majd szűrjük. Az eljárás után még ultraszűrést is alkalmazhatunk,
- a membrán egység, ahol nagy nyomás hatására megtörténik a membrán művelet,
- utókezelő szekció, ahol a permeátumot kezeljük, mielőtt újrafelhasználnánk vagy kibocsátanánk, a koncentrált sós vizet összegyűjtjük további feldolgozásra vagy hulladékként történő elhelyezésre.

A 3.24 ábra egy tipikus fordított ozmózis üzem mutat be.



3.24 ábra Fordított ozmózis üzem elrendezése

A membrán modulokat párhuzamosan, a megfelelő kapacitás biztosítására, vagy sorosan a megfelelő hatékonyság érdekében, köthetjük.

Alkalmazás

A nanoszűrés és a fordított ozmózis alkalmazásai eltérőek, mivel azok molekulaáteresztő tulajdonságai is eltérnek

A nanoszűrést nagyobb szerves molekulák és ionok elválasztására használjuk azért, hogy utána a szennyvizet recirkuláltathassuk, csökkentjük térfogatát és ezzel egyidejűleg koncentráljuk a szennyeződések. A koncentráltabb szennyeződések könnyebb utána kezelni.

A fordított ozmózis során vizet és a benne oldott anyagokat választjuk el. Nagytisztaságú víz állítható így elő. A szegregált víz recirkuláltatható és újrafelhasználható. Példák az alkalmazásra:

- sótelenítés
- végső tisztítási műveletek:
 - lebontható anyagok, ha biológiai tisztítás nem valósítható meg,
 - nehéz fémek,
 - toxikus komponensek.
- anyagok kiválasztása koncentrálnálási és/vagy további feldolgozási céllal

A nanoszűrést és a fordított ozmózist gyakran más elválasztási műveletek után alkalmazzák, pl. ioncsere, aktívszenes adszorpció.

Alkalmazási korlátok:

Alkalmazási korlát		
NSz	Részecske méret	korlátozott kapacitás olyan szuszpendált molekulák visszatartására, melyek molekulásúlya < 200
	Koncentráció	koncentrált oldatok, melyek ozmózis nyomása olyan nagy, hogy meghaladja a reális üzemeltetési nyomást vagy nem gazdaságos
RO	Só oldékonyság	alacsony oldékonyságú sóoldatok kicsapódhatnak és bepíszkítják a membránt
	Polimerizációs monomerek	hajlamosak polimerizálódásra és bepíszkítják a membránt
NSz és RO	Membrán anyag	alacsony termikus és kémiai ellenállóképesség, korlátozott pH és hőmérséklet intervallum (18-30°C)

Előnyök és hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • nagy elválasztási hatékonyság • moduláris rendszerek, flexibilis alkalmazhatóság • permeátum és retentátum recirkulációja lehetséges • alacsony üzemelési hőmérséklet • lehetséges a teljes automatizálás 	<ul style="list-style-type: none"> • elpíszkolódás, elszennyeződés, üzemzavar lehetséges • tömörödés laza komponens jelenléte esetén • nagy nyomás szükséges, de alacsony az átáramló fluxus

Megvalósítható elválasztások

Anyag	kinyerési %	
	NSZ	FO
Szervetlen higany	> 90	
Szerves higany	> 90	
Kadmium vegyületek	> 90	
Széntetraklorid	96	
1,2-diklór etán	71	
Triklórbenzol	96	

Perklóretán	90-92	
Atrazin	>70	84-97
γ-Hexaklór cikohexán		99
DDT		100
Aldrin		100
Dieldrin		100
Dichlorvos		98
Simazine		95
Trifluralin		99
Fenitrothion		99
Azinphos-metil		98
Malathion		99
Összes karbon	80-90	

Általános környezeti hatás

A membrán műveletekkel kb. tízedére koncentrálhatjuk a hulladékáramot, melyben tízszeres lesz a szennyezés. A koncentrált szennyezettsgű hulladék recirkuláltatható, deponálható vagy tovább kezelhető, pl. nedves oxidáció. Szerves hulladékok esetén a megnövekedett koncentráció javítja az oxidatív utókezelés hatékonyságát. Szervetlen hulladékok esetében pedig a koncentrált fázis a visszanyerés egy része. Mindkét esetben a permeált víz újrafelhasználható és a folyamat vízigénye csökken.

Energiafogyasztás

Fogyasztás (25 bar nyomásig)	NSZ	FO
Energia [kW/m ³]	1 – 3	1 - 3

Az energiafogyasztás a nyomáskülönbség és a teljesítmény függvénye.

Monitoring

A megbízható működés érdekében állandóan követni kell a nyomáskülönbség és a membránon áthaladó térfogatáram alakulását.

Gazdaságosság

	Térfogatáram [m ³ /h]	Beruházási költség Spirál és csöves membránokra	Üzemeltetési költség	Cserélési költség Spirál és csöves membránokra
NSz		GBP 350-1100/m ² membrán	EUR 3,3/kg összes szén	GBP 60-140/m ² membrán
RO		GBP 350-1100/m ² membrán		GBP 60-140/m ² membrán
		EUR 10-12 millió/ 1000 m ³ /h szennyvíz		

A beruházási költségek magukba foglalják a kiegészítő, tisztító berendezéseket a következők szerint:

- szivattyúk 30%
- cserélhető membrán elemek 20%
- membrán modulok ház elemei 10%
- csövezés, szelepek, tartók 20%
- szabályozás 15%
- egyéb 5%

Az üzemeltetési költségek felbonthatók:

- a nyomáskülönbség fenntartásának költségei, 15-20%
- várható membrán élettartam, (membrán csere) 35-50%
- tisztítás, 12-35%
- egyéb, pl. munkaerő 15-18%

3.3.4.2.9 Adszorpció

Adszorpciós művelet esetén egy szilárd anyag felületén bizonyos anyagok, atomok és/vagy molekulák, megkötődnek. Ezt a jelenséget szennyvíz-tisztításra is felhasználhatjuk, és a vízben lévő szennyezéseket adszorbeáltathatjuk. Az adszorbens rendszerint egy porózus, nagyfelületű anyag, melyek adszorpciós kapacitása véges. A telítődött adszorbenst regenerálhatjuk vagy ártalmatlanítjuk (elégetjük, deponáljuk stb.).

A 3.6 táblázat mutatja a szennyvíztisztításra felhasználható adszorbensek tulajdonságait.

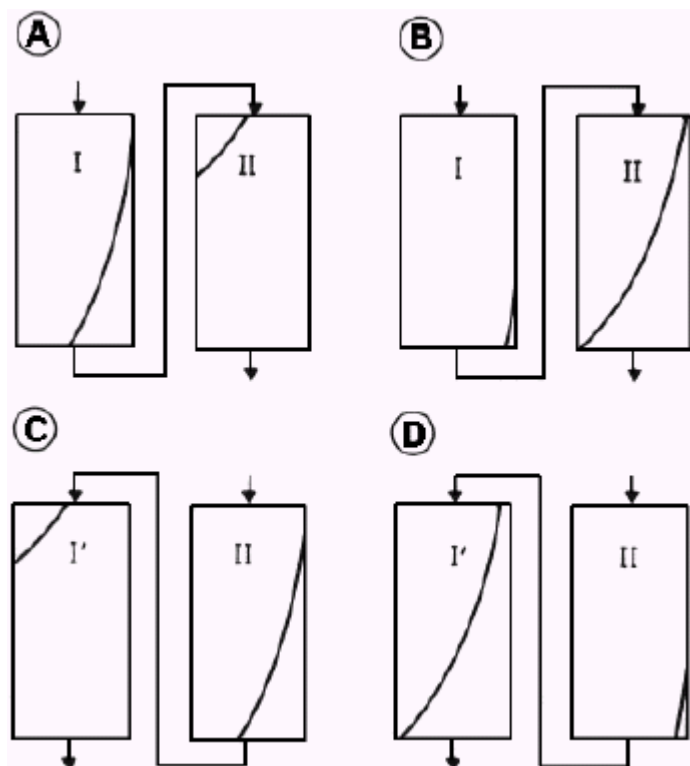
Adszorbens	Forma	Fajlagos felület [m ² /g]	Pórus térfogat [cm ³ /g]	Közeg sűrűség [g/lit]
Aktív szén	granulátum	500-1000	0,3-0,8	300-500
	por	600-1500	0,3-1,0	
Lignit kocsz	granulátum, por	200-250	<0,1	~ 500
γ-Alumínium oxid	granulátum, por	300-350	0,4-0,5	700-800
Gyanta	granulátum	400-1500	porózusság 35-65v%	650-700

3.6 táblázat, Általánosan használt adszorbensek és tulajdonságaik

Az adszorpciós folyamatokat feloszthatjuk:

- keverés, többnyire szakaszos művelet,
- perkolálás, alkalmas folyamatos működésre, két db, felváltva üzemelő ill. regenerálás alatt lévő fix ágyas adszorber,
- pulzáló vagy mozgó ágyas adszorber, folyamatos, a szennyvíz és az adszorbens egymással szemben áramlik egy kolonnában.

Mivel az adszorbens felülete gyakran hajlamos az elpiszkolódásra és elszennyeződésre, ezért az adszorpció előtt a szennyvizet a mechanikai szennyeződésektől meg kell tisztítani (szűrés). Két, sorosan kötött, kolonnás adszorber működési fázisait mutatja be a 3.25 ábra. Az adszorpciós kolonnákat többnyire saválló anyagból építjük, az adszorbens tárolására szintén gondolni kell.



3.25 ábra Sorosan kötött adszorpciós kolonnák működése

- A.) Sorrend I-> II, folyamat kezdete, B.) Sorrend I-> II, I cserére szorul,
C.) Sorrend II->I, I cseréje után, D.) Sorrend II->I, II cserére szorul

Alkalmazások

A legáltalánosabban használt adszorbens az aktív szén. Granulált (GASZ) vagy por (PASZ) alakjában használatos. Más adszorbensek, pl. lignit kocsz, aktivált alumínium oxid, gyanták, illetve zeolitok.

GASZ adszorpció

Többnyire mérgező, színező, szagos szerves anyagok eltávolítására használják illetve szeretlen szennyeződések megkötésére, mint pl. nitrogén vegyületek, szulfidok, nehéz fémek.

Homokszűrőket használunk a GASZ adszorberbe belépő szennyvíz szűrésére.

Néhány alkalmazási példa:

textil és festékipar	szerves anyagok, színezékek, festékek eltávolítása,
petrokémia, olajipar	KOI, BOI változtatás
detergensek, vegyszerek	szerves anyagok eltávolítása, KOI változtatás, alkoholok, fenolok, gyanta intermedierek, rezorcinol, nitrált aromások, polialkoholok
növényvédőszer	klórfenol, krezol eltávolítás
gyógyszeripar	fenol eltávolítás,
robbantószer	nitrált fenolok eltávolítása.

GASZ-t hővel regenerálják, többnyire 900 – 1000°C-on.

PASZ adszorpció

A GASZ-hoz hasonló anyagokra és célokra használják. A porózus aktív szenet összekeverik a szennyvízzel és utána ülepitéssel és/vagy szűréssel különválasztják. A PASZ alkalmazása akkor célszerű, ha az eltávolítandó komponensek mennyisége és/vagy jellege valamint a tisztasági előírások változók. Másik lehetséges alkalmazása veszélyhelyzet esetében. PASZ-t akkor is alkalmazhatjuk, ha aerób mikrobiológiai folyamatokat akarunk a módszerrel feljavítani. A PASZ –t szinte mindig ülepités, szűrés illetve flokkulálás kapcsán alkalmazzák. A PASZ-t nem regenerálják, a deponálásra ill. égetésre kerülő hulladék része.

Lignit koks

GASZ-hoz hasonlóan alkalmazzák, helyettesítheti is azt, ha kisebb mértékű tisztítás is elegendő. Olcsóbb, mint a GASZ, de a kisebb mértékű tisztítás hatékonyság mellett, gyakrabban kell regenerálni.

Aktivált alumínium oxid

Hidofil anyagok, pl. fluoridok, foszfátok adszorpciójára használatos. Szerves anyagok adszorpciója után hővel, kb. 750°C-on, regeneráljuk, szerves anyagok után pedig kémiai regeneráljuk.

Adszorpció gyanta

Hidofil és hidrofób szerves anyagok adszorpciójára egyaránt alkalmas. A használat után duzzad, oldószerrel regeneráljuk, pl. metanollal vagy acetonnal.

Zeolitok

Ammónia és nehézfémek, pl. kadmium adszorpciójára használatos. Csak híg ammónia áramoknál alkalmazható (maximum 40 mg/l). Nátrium klorid és nátrium hidroxid oldatával vagy mésszel regenerálják.

Alkalmazási korlátok:

	Korlátok
Összes oldott anyag (szennyvízben)	<20 mg/l fix ágyas adszorbernél <10 mg/l mozgó ágyas adszorbernél
Szennyezés koncentrációja	<100 g/l adszorbens regenerálás nélkül <500 g/l adszorbens regenerálással
Molekulatömeg	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Szénlánc hossza	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Szénlánc összetettsége	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Polaritás	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Oldékonyság vízben	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Disszociáció mértéke	adszorpció hatékonyságát csökkenti
Makromolekulák	adszorpció hatékonyságát csökkenti

Polaritás befolyását mutatja a 3.7-es táblázat:

Anyag	Eltávolítás [%]	Kapacitás [mg/g]
benzol	95	80
etilbenzol	84	19
butilacetát	84	169
etilacetát	51	100
fenol	81	161
metil-etil-ke-ton	47	94
aceton	22	43
piridin	47	95
dietanol amin	28	57
monoetanol amin	7	15
acetaldehid	12	22
formaldehid	9	18
isopropil-alkohol	22	24
metanol	4	7

3.7 táblázat GASZ adszorpció jellemző adatai kb. 1000 mg/l betáplálási koncentrációra

Előnyök és hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • nagy elválasztási hatékonyság (kivéve lignit kocsz) • szennyező és/vagy mérgező szerves anyagok eltávolíthatók (GASZ, PASZ, lignit kocsz, gyanta) • rendszerint kevés plusz helyet igényel • automatizálható • az anyagok visszanyerése lehetséges (főleg 	<ul style="list-style-type: none"> • szerves anyagok elegye jelentősen csökkentheti az adszorpciós kapacitást • makromolekulák csökkentik az adszorpciós kapacitást és irreverzibilisen blokkolják az aktív helyeket • tisztítás effektus eróziót okoz az aktív iszapban (PASZ) • elhasználdott adszorbenst regenerálni vagy

zeolitoknál)	deponálni kell
--------------	----------------

Elérhető emissziós értékek, az adszorpció hatékonysága

A szennyvíz szennyező komponenseivel és azok koncentrációjával az elérhető emissziós értékek jelentősen változnak Ezt a tényt az értékelésnél mindig szem előtt kell tartani.

Megvalósítható elválasztások:

Paraméter	Hatékonyság [%]						Megjegyzés
	GASZ	PASZ	Lignit	Al ₂ O ₃	Gyanta	Zeolit	
Szervetlen Hg	80						betáp 29 µg/l
Szerves Hg	80						kevés betáp
γ-hexaklór-ciklohexán	93						betáp 7,7 µg/l
		99					betáp 10 µg/l PASZ 85 mg/l
DDT	97-99,9						
Aldrin	88-93						
		90-99					PASZ 5-20mg/l
Dieldrin	86-98						
		99 [0,1µg/l]					betáp 10µg/l PASZ 126 mg/l
Atrazin	84						betáp 0,61 µg/l
Endrin		<0,1 µg/l					betáp 10 µg/l PASZ 70mg/l
Dichlorvos		99					
TCB		70-93					betáp 200 µg/l PASZ 20mg/l
Fenitrition		99					
Azinphos-methyl		99					
Ammónia						98 [0,5 mg/l]	betáp 25 µg/l
KOI	50						mozgó ágyas betáp 5g/l
	67-75 [<100mg/l]						betáp 300- 400 mg/l
Fenolok	75						mozgó ágyas betáp 70mg/l
	60-80 [1-2mg/l]						betáp 5 mg/l
Adszorbeálható szerves halogének	>90						mozgó ágyas betáp 60mg/l

PASZ kezeléseket olyan szennyvizekre ajánlják, ahol a KOI=60 000 mg/l feletti, mérgező illékony szerves komponenseket tartalmaz 1000mg/l feletti koncentrációban. Ilyen esetekben egyes mérgező vegyületek eltávolítása gyakorlatilag 100%-os.

Általános környezeti hatás

Ha az adszorbens telítődött, akkor ki kell cserélni, majd regenerálni kell (kivéve a PASZ-t, mely a szennyvíz iszapjával együtt kerül elhelyezésre). Az adszorbensek regenerálása különböző, de energiát és/vagy vegyszert igényel. GASZ, lignit és aktív alumínium oxid (szerves szennyezővel) termikusan regenerálhatók 750-1000°C közötti hőmérsékleten. Gyanták, zeolitok és aktív alumínium oxid (szervetlen szennyezővel) vegyszerekkel és/vagy oldószerekkel regenerálhatók.

Pl. a GASZ regenerálási eljárás során keletkező gázok az adszorbeálási folyamat során megkötött gázokat és az azok termikus dekompozíciója során keletkező termékeket tartalmazzák. Ezeknek a gázoknak a kezeléséről gondoskodni kell, mert azokat többnyire nem lehet a környezetbe egyszerűen elengedni. A regenerálás során a granulált aktív szén kb. 10%-a elvész, melyet pótolni kell. Erre szükség van az adszorpció paramétereinek változatlan fenntartásához. A regenerálást általában erre szakosodott specialisták végzik. Mivel a regenerálás nem egy egyszerű és olcsó művelet, ezért az adszorpciót úgy célszerű elvégezni, hogy azt lehetőleg ne kelljen fél évnél gyakrabban elvégezni.

Ha a GASZ nem regenerálható, akkor el kell égetni illetve deponálni kell. Ha a GASZ nehéz fémekkel, dioxinnal, poliklór benzolokkal, vagy diklorobromo-propánnal szennyezett, akkor az égetés nem jöhet szóba,

A zeolit típusú adszorbensek regenerálásakor koncentrált ammónia áram keletkezik, amit biológiai kezelésre bevezetünk a hagyományos szennyvízkezelő üzembe vagy levegővel kihajtjuk az ammóniát, mely hígított savas közegben abszorbeálva, műtrágyaként használható.

A fajlagos felhasználások:

	GASZ	PASZ	Lignit	Al₂O₃	Gyanta	Zeolit
Adszorbens	10% regenerálási veszteség	0,5-1 kg/m ³ szennyvíz				
Regerálószer						NaCl/NaOH mésztej az adszorbeációs ágy térfogatának 10-30-

						SZOROSA
Energia [kWh/m ³]						

További környezeti hatások:

- szállítás a regeneráláshoz és vissza
- regenerálás
- a regenerálás energiafogyasztása
- a regenerálásnál történő kibocsátások kezelése
- zajártalom

Monitoring

Az adszorpció során eltávolítandó anyagokat átfogóan és folyamatosan kell elemezni a belépő és a kilépő áramokban egyaránt. Ehhez a megfelelő analitikai módszereket kell alkalmazni.

Gazdaságosság

Költség	GASZ	PASZ	Lignit	Al ₂ O ₃	Gyanta	Zeolit
	GBP 30 000 [14 m ³ /h]					
Beruházás	GBP 75 000 [60 m ³ /h]					
	GBP 110 000 [120 m ³ /h]					
	EURO 3-5 millió [350 m ³ /h]					
	GBP 1000-2000 per tonna GASZ					
Üzemeltetés	EURO 5000 per tonna GASZ					
	EURO 0,12					

	per tonna GASZ					
--	----------------	--	--	--	--	--

3.3.4.2.10 *Ioncsere*

Leírás

Az ioncserével a szennyvíz mérgező ill. veszélyes ionos alkotóelemeit cserélhetjük le olyan ionokra, melyek inkább elfogadhatóak a szennyvízben. Az ioncseréhez speciális ioncserélő gyantákat használunk, melyeket időnként regenerálni és mosni kell.

Egy ioncserélő berendezés a következő főbb részekből áll:

- függőleges, nyomás és korrózióálló henger, melyben az ioncserélő gyanta van,
- szabályozó szelepek, csővezetékek a szennyvíz és a regeneráló és mosófolyadékok megfelelő vezetéséhez,
- regeneráló egység, szabályozott sóoldó és hígító részleggel.

A gyantára vezetett folyadékot egy arra alkalmas folyadék-elosztó-rendszerrel egyenletesen kell eloszlatni úgy, hogy ne alakulhassanak ki áramlási csatornák a gyantában. Ez a rendszer gyűjtője is lehet a mosófolyadéknak.

Az ioncserélő anyagok általában makropórusú gyanta granulátumok kationos vagy anionos funkciós csoportokkal:

- erős savas kation cserélő gyanták, melyek erős lúgok közömbösítését és a semleges sókat a megfelelő alkotó savvá alakítják át,
- gyenge savas kation cserélő gyanták, melyek erős lúgokat közömbösítenek és alkálimentesítésre használatosak,
- erős bázisú anion cserélő gyanták, melyek erős savak közömbösítését és a semleges sókat a megfelelő alkotó lúggá alakítják át,
- gyenge bázisú kation cserélő gyanták, melyek erős savakat közömbösítenek és részleges sóalanításra is használatosak.

Az ioncsere a következő lépésekből áll:

- ioncserélés
- mosás, a megtapadt szennyeződések eltávolítása, a gyanta újraosztályozása,
- regenerálás, kismennyiségű, koncentrált oldattal, amikor is a gyantán visszafelé játszódik le az ioncsere, és a szennyvíz eltávolított ionos alkotóelemei a regeneráló folyadékba távoznak,
- lassú mosás, a regeneráló folyadék kimosása az ioncserélő gyantáról,

- gyors mosás, a regeneráló folyadék maradványainak és esetleges egyéb szennyeződések kimosása az ioncserélő gyantáról.

A fenti műveletekhez megfelelő tárolókapacitás szükséges.

Alkalmazás

Ioncserével a nemkívánatos ionokat és/vagy ionizálható részecskéket távolíthatjuk el a szennyvízből:

- nehézfém ionok, kationos vagy anionos formában, pl. Cr^{3+} vagy kadmium és komponensei, CrO_4^{2-} ki és nagy koncentrációban,
- ionos szeretlen vegyületek, pl. H_3BO_3 ,
- oldható vagy ionizálható szerves vegyületek, pl. szerves savak, fenolok, aminok, szerves higany.

Az ioncserét csővégi hulladékkezelésre használjuk, de legfontosabb tulajdonsága, hogy fontos anyagokat is visszanyerhetünk vele. A szennyvíztisztítás integráns része. A működési koncentráció tartománya 10 – 1000 mg/l. Szuszpendált részecskék koncentrációja kevesebb lehet, mint 50 mg/l, hogy az elszennyeződéseket megakadályozzuk. Előkezelésként gravitációs vagy membránszűrést alkalmazhatunk.

Az alkalmazás korlátai:

	Korlát
Ion koncentráció	nagy ionos koncentráció a gyanta megduzzadását okozhatja
Hőmérséklet	aniongyanták esetében kb. 60°C
Korróziót okozó vegyületek	salétromsav, krómsav, hidrogén peroxid, vas, mangán, réz
Zavaró komponensek	szertelen vegyületek, pl. vas csapadékok vagy szerves vegyületek, pl. aromák, irreverzibilisen adszorbeálódnak a gyantán

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • elvileg minden ion és/vagy ionos részecske eltávolítható • kívánságra működtethető, nem érzékeny az áramlási ingadozásokra • nagy hatékonyságú • értékes anyagok visszanyerhetők • Vízregenerálás lehetséges • sokféle gyanta alkalmazható 	<ul style="list-style-type: none"> • előszűrés szükséges • a gyantán baktérium megtelepszik és elszaporodik • csapadékkiválás elszennyeződést okoz vagy adszorbeálódik • ioncserére alkalmas ionok kölcsönhatása a szennyvízben • gyantaszemcsék elkopása a regenerálás és/vagy más mechanikai hatás következtében • a regenerálás utáni szennyvíz kezelendő és/vagy deponálendő

Elérhető emissziós értékek, teljesítményadatok

A belépő koncentráció 10-1000 mg/l, a kilépő koncentráció 0,1-10 mg/l. A kinyerési hatékonyság 80-99% között mozog.

Általános környezeti hatás

Az ioncserélő gyanták regenerálása során tömény szennyező, mérgező, savas vagy lúgos anyagokat tartalmazó szennyvíz keletkezik. Ezt a tömény szennyvizet önállóan kell kezelni, pl. a nehézfémeket kicsapatni. A szennyvíz mennyisége függ a regenerálandó gyanta mennyiségétől. A regenerálásra többnyire sósavat, kénsavat, NaCl-t, NaOH-t vagy egyéb vegyszereket alkalmazhatunk.

A regenerálás utáni öblítővíz hasonló szennyeződések tartalmaz, melynek azonban a koncentrációja alacsonyabb. Ennek kezelése függ az adott körülményektől.

Zajhatást jelentenek az adagolószivattyúk.

Monitoring

A be és kilépő áramok egyaránt figyelendők, hogy a gyanta kimerülését és az „áttörést” időben lehessen észlelni. A figyelendő paraméterek:

- nyomásesés
- elektromos vezetőképesség
- pH
- az eltávolítandó ion(ok) koncentrációja a kilépő folyadékban.

Gazdaságosság

A költségek a betáplálási áram jellegétől (komponensek, összetétel) függenek.

Költség jellege	Költség	Megjegyzés
	GBP 60 000 + GBP 20 000	1 m töltetmagasság, 1 m átmérő, további 0,5 m átmérő
Beruházási	EURO 2000/m ³	Kationcserélő
	EURO 5000/m ³	Anioncserélő
Üzemeltetési	EURO 5/m ³	
cww/tm/92, cww/tm/128		

3.3.4.2.11 Extrakció

Leírás

Az extrakció során vízben oldott anyago(ka)t egy erre a célra kiválasztott oldószerbe juttatunk. Az oldószer-kiválasztás szempontjai:

- ne oldódjon a vízben és ne is keveredjen vele össze, pl. toluol, pentán, hexán, könnyű kőolajfrakció,
- a szennyvízből eltávolítandó anyagot jobban oldja, mint a víz,
- könnyen elváljon a víztől, pl. sűrűségkülönbség miatt,
- extrahált anyag, valamint a szennyezések, könnyen eltávolíthatók legyenek, pl. az extrahálószer párolgáshője legyen alacsony,
- ne legyen mérgező
- termikusan legyen stabil.

Az extrakció során a szennyvizet különböző módokon hozhatják érintkezésbe az extrahálószerrel:

- ellenáramú kaszkádok
- keverő-ülepítő extraktor
- szitatányéros kolonna
- töltött oszlop
- porlasztásos oszlopok
- forgó tárcsás érintkeztetők
- centrifugális érintkeztetők kis sűrűségkülönbség esetére

Az extrakció után az extraktum további feldolgozásra kerül, pl. desztillációval. A raffinátumból (szennyvizes fázis) el kell távolítani a szerves oldószer nyomait, pl. sztrippeléssel vagy adszorpcióval. Az extrakcióhoz és az azt követő feldolgozási folyamatokhoz a megfelelő biztonságos berendezéseket és tárolókat biztosítani kell.

Alkalmazások

Szerves és fémkomplexekből álló szennyezések esetén alkalmazhatjuk, ha találunk megfelelő oldószert és a szennyezés koncentrációja nem túl alacsony. Alacsony koncentrációk esetén nem versenyképes a biológiai és/vagy adszorpciós tisztítási megoldásokkal. Gyakran alkalmazzák a biológiai és/vagy adszorpciós tisztítások esetén előtisztításként.

Példák [cww/tm/82]

- fenol eltávolítása
- fémek visszanyerése
- anyagok kinyerése anyalúgból
- foszforsavas észterek kinyerése
- klórozott aromások kinyerése
- aromás szulfonsavak előkezelése.

Alkalmazási korlátok

Korlátok	
Szilárd szuszpenziók	• a szennyvízben nem lehet szuszpenzió és/vagy emulzió

Oldószer	<ul style="list-style-type: none"> • megfelelő oldószer kell, • oldószervesztés költséges és környezeti hatása is van • oldószer-visszanyerés költséges
----------	--

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • szerves és egyes fémszennyezések kinyerhetők és recirkuláltathatók 	<ul style="list-style-type: none"> • megfelelő oldószer kiválasztása nem mindig lehetséges • maradékokat deponálni vagy ártalmatlanítani kell (égetés)

Elérhető hatékonyságok

Fenolok esetében 99%-os tisztítás valósítható meg. 10 g/lit koncentráció esetén a fenolkibocsátás kisebb mint 1 mg/lit.

Általános környezeti hatás

Az extrakcióhoz szükséges szerves oldószer bekerül a szennyvízbe és a környezeti levegőbe is. Ezért az extrakció után kezelni kell a vizet, pl. sztrippeléssel, a levegőt katalitikus oxidációval vagy adszorpcióval.

Az extraktumból az oldószer visszanyerése után a maradékba kerülő szennyeződést deponálni vagy ártalmatlanítani, égetni kell.

Monitoring

A belépő szennyvizet a szilárd anyagra nézve ellenőrizni kell. A berendezéseket megfelelően karban kell tartani az oldószerzivárgások elkerülésére.

3.3.4.2.12 Desztilláció, rektifikálás

Leírás

A desztillálás vagy rektifikálás során az illékony szennyezéseket a gőzfázisba juttatjuk, melyet aztán a kondenzátorban lekondenzáltatunk. Vákuumban is desztillálhatunk, ilyenkor a kérdéses forráshőmérsékletek alacsonyabbak lesznek. A desztillációt oszlopokban más néven kolonnákban végezzük, melyekben desztillációs tényérok vagy töltetek vannak a gőz és folyadékáramok érintkeztetésének megvalósítására. Szennyvíz desztillálás esetén direkt gőzbefúvatást használunk, nem szükséges a visszaforróló. Megfelelő biztonságos tárolókapacitások szükségesek.

Alkalmazások

- extrakció utáni oldószer-visszanyerés
- oldószer eltávolítása szennyvízből,
- olajos emulziók kezelése,
- szennyvíz előtisztítása egy másik műveletet megelőzően,
- gáztisztítás utáni folyadékok szerves oldószereinek kinyerésére,
- anyalúgból történő nyersanyag-visszanyerés.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Betáplálás összetétele	<ul style="list-style-type: none"> • nagy koncentráció szükséges, hogy gazdaságos legyen
Forráshőmérséklet	<ul style="list-style-type: none"> • forráspont-különbség a szennyvíz és a szennyező anyag között, • azeotrópia speciális megoldásokat igényel, vagy desztilláció nem alkalmas

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • anyagok visszanyerése megoldható • szerves szennyezések kinyerhetők 	<ul style="list-style-type: none"> • nagyon energiaigényes, • maradékokat deponálni vagy ártalmatlanítani kell (égetés)

Elérhető hatékonyságok

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Kibocsátási koncentráció [mg/l]	Megjegyzés
Fenolok	95	2000	betáp 50 g/l
Metanol	97,5	2000	betáp 80 g/l
Epiklórhidrin	90	700	betáp 7 g/l
Anilin	97,5	100	betáp 4 g/l
Klórbenzol	90	10	betáp 100 mg/l
cww/tm/82			

Általános környezeti hatás

Gyakorlatilag hulladékmentes, az átdestillált anyag újrafelhasználható, a szennyezés tömény formában deponálható, ártalmatlanítható.

Monitoring

A betáplálást a szilárd anyagtartalom miatt ellenőrizni kell. Az oldószerek kiszivárgását rendszeres karbantartással meg kell előzni.

3.3.4.2.13 Bepárlás

Leírás

A bepárlást akkor alkalmazzuk, ha a víz az illékony komponens, és a szennyeződések visszamaradnak, amelyeket aztán deponálni vagy ártalmatlanítani kell. A szennyvíz mennyisége csökkenthető, betöményíthető, az elpárologtatott vizet pedig a kondenzáltatás után vissza lehet nyerni. Vákuumban történő üzemeltetés csökkenti a hőmérsékleteket.

Bepárló típusok:

- természetes cirkulációjú bepárlók hőre nem érzékeny anyagokra,
- rövid, fekvőcsöves bepárlók nem korrozív és nem kristályosodó anyagokra,
- üst típusú bepárlók nem korrozív és nem kristályosodó anyagokra,
- esőfilmes bepárlók,
- keverőlapátos filmbepárlók hőérzékeny anyagokra.

A bepárlókat általában sorosan üzemeltetjük azért, hogy az egyes bepárlótestek páráját a másik bepárlóban fűtésre hasznosíthassuk. Ehhez megfelelő nyomásokat kell beállítani, hogy a hőátadáshoz szükséges hőmérsékletkülönbség kialakuljon.

Tárolókapacitások szükségesek.

Alkalmazások

- anyalúgok és gáztisztítás utáni folyadékok töményítése,
- szilárd anyagok kikristályosítása,
- szennyvizek betöményítése, további műveletekre történő előkészítése

A bepárlást úgy kell megoldani, hogy a folyamat hulladékhőit hasznosíthassuk [cww/tm/82].

Ha a szennyvízben lévő anyagok visszanyerése szükséges, akkor a szennyvíz előkezelése elengedhetetlen, pl.:

- savak vagy lúgok hozzáadása a szennyezések illékonyságának csökkentésére,
- nemelegyedő folyadékok eltávolítása, pl. olaj
- fizikai-kémiai műveletek a nehézfémek és/vagy más szilárd anyagok eltávolítására.

A bepárlás után visszamaradt anyag, ha a recirkulálás nem megvalósítható, deponálásra vagy ártalmatlanításra, égetésre kerül.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
--	-----------------

Elkoszolódás	• a hőcserélők felületén lerakódás alakul ki, elkoszolódhatnak,
Korrózió	• a bepárló test és a hőcserélő korróziós hatásnak vannak kitéve,
Anyagok	• habzásra hajlamos anyagok, szuszpenziók és illékony anyagok zavarnek

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • anyagok visszanyerése megoldható • szerves szennyezések kinyerhetők • csökkenthető a szennyvíz mennyisége • töményebb lesz a szennyvíz 	<ul style="list-style-type: none"> • nagyon energiaigényes, • maradékokat deponálni vagy ártalmatlanítani kell (égetés) • habzás, elszennyeződés, korrózió kialakulhat • illékony szennyezések zavarnek

Elérhető hatékonyságok

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Megjegyzés
Szennyezések	99	kondenzált
cww/tm/128		

Általános környezeti hatás

Gyakorlatilag hulladékmentes, a lepárolt víz újrafelhasználható, a szennyezés tömény formában deponálható, ártalmatlanítható.

A bepárlás átlagos energiaigénye: 5-16 kg víz/ kg fűtőgőz [mely érték azonban csak többtestes, energetikailag integrált bepárlórendszereknél valósítható meg]

Monitoring

A szilárdanyag-tartalom miatt a berendezéseket folyamatosan ellenőrizni kell, lerakódások, elszennyeződések rontják a hőátadás hatékonyságát. Korróziós hatásokkal számolni kell.

Az oldószerek kiszivárgását rendszeres karbantartással meg kell előzni.

Gazdaságosság

Üzemeltetési költség: 3,5 – 70 EURO/m³ kondenzátum

[cww/tm/128]

3.3.4.2.14 Sztrippelés(kihajtás)

Leírás

A sztrippelés során a szennyvizet nagymennyiségű (forró) gázárammal hozzuk érintkezésbe melynek célja, hogy az illékony szerves és/vagy szervetlen szennyezések a vizes fázisból a gázfázisba kerüljenek. A gázból eltávolítjuk a szennyezést és a gáz újrafelhasználható. A sztrippelés során a gázáramba bepárolgó víz csökkenti a forró gáz hőmérsékletét, s ezzel csökken a szennyezések illékonyága is.

A felhasználható gázok: levegő és vízgőz.

- levegővel végzett sztrippelés elvégezhető a kolonna kiegészítő fűtésével vagy fűtés nélkül is. Nem szükséges fűtés, ha illékony a szennyezés. A fűtési energiát hulladékhőből célszerű biztosítani.
- vízgőzös sztrippelés a levegős sztrippelés alternatívája. Kevésbé illékony szennyezések esetén használatos. A vízgőzt lehetőleg hulladékhőből egy már meglévő gőzkazánból nyerjük. Ha a sztrippelés alkalmazására külön gőzkazánt kell építeni, akkor a gőzös sztrippelés nem lesz gazdaságos.

Sztripperek:

- töltött oszlop, tetején folyadék elosztóval bepermetezik a szennyvizet, a levegő alulról lép be, esetleges előmelegítés után, a megtisztított szennyvíz alul lép ki, a kilépő levegő összetételét ellenőrizni kell, a szennyezésektől a levegőt katalitikus utóégetéssel vagy adszorpcióval meg kell tisztítani,
- sztrippelő tartály, a sztrippelő levegőt vagy vízgőz belebuborékolatjuk a tartályban lévő szennyvízbe, a kilépő levegőt tisztítani kell,

A sztrippelés főbb berendezései:

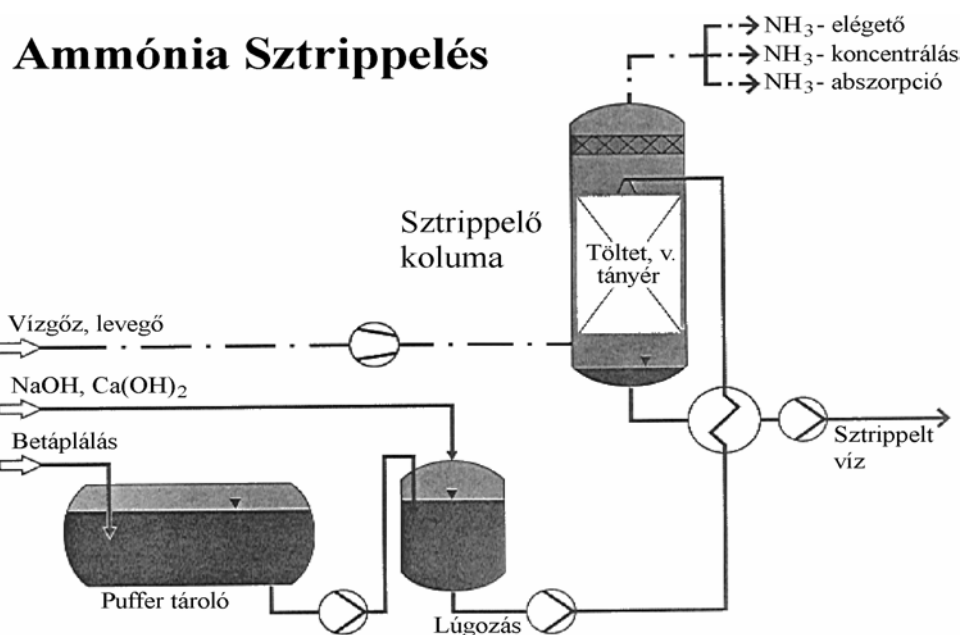
- szennyvíz puffer tároló,
- előkezelő tartály, pl. pH beállítására
- sztrippelő kolonna, ellenáramú,
- betáplálás előmelegítő, sztrippelő gőzzel fűtve
- kondenzátor, víz vagy léghűtéses,
- kilépő gáz kezelésére szolgáló berendezések

Lehet szakaszosan vagy folyamatosan sztrippelni.

A kilépő sztrippgázból a szennyezések eltávolításának lehetséges módjai:

- adszorpció
- nemvizes abszorpció, abszorbens regenerálással,
- vizes abszorpció, kemisorpció
- kondenzáció vagy parciális kondenzáció kombinálva további kezeléssel,
- termikus vagy katalitikus oxidáció.

Egy példát mutat be sztrippelésre a 3.26-os ábra [cww/tm/78].



3.26. ábra Ammónia sztrippelése, levegős és vízgőzös sztrippelés

Alkalmazások

Sztrippelést illékony szennyezések eltávolítására használjuk, pl.:

- klórozott szénhidrogének
- ammónia és kénhidrogén (illékonyaságuk erősen pH függő, ammónia: $\text{pH} > 9.5$, kénhidrogén $\text{pH} 2-3$),
- ammónia és kénhidrogén kétlépéses gőzös sztrippelése [cww/tm/149],
- szerves oldószerek, szénhidrogének, diesel olaj, aromások.

A levegős és gőzös sztrippelés közötti választás:

- a szennyezés illékonyasága,
- szükséges-e a szennyezés visszanyerése,
- a vízgőz rendelkezésre állása
- biztonsági előírások

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Elszennyeződés	a hőcserélők elszennyeződhetnek,
Szuszpendált szilárd anyag	< 5 ppm,

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
• nagy hatékonyság	• speciális esetekben (vas >5mg/l,

<ul style="list-style-type: none"> anyagok visszanyerése megoldható kis nyomásesés kis energiafogyasztás 	vízkeménység > 800 mg/l) gyakori elszennyeződés, pl. finomítói savanyú vizek sztrippelése, eltömődésgátlók szükségesek <ul style="list-style-type: none"> távozó gázt, vizgőzt kezelni kell, gyakori kolonnatisztítás szükséges
---	---

Elérhető hatékonyságok

Anyag	Eltávolítás mértéke [%]		Emissziós szint [mg/l]		Megjegyzés
	Levegő	Vízgőz	Levegő	Vízgőz	
			<5		finomító, kiskonc. szenny. pl. savanyú vizek
Ammónia		99		<50	betáp 10g/l
	>92		70		aktív iszapos kezelés utáni szűrlet, 500-1200mg/l, 19-24 m3/h
NH ₄ -N				5	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 1372 mg/l NH ₄ -N
Összes szerves N				7	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 1372 mg/l NH ₄ -N
Illékony szerves	99				1 m3/h, 2 g/l (diklórmétán, trikloro-metán, benzol, toluol, xilolok, észterek, éterek)
Metanol		97			3,4 m3/h, 36 g/l
Klórmétán				<1	6m3/h, >200 mg/l
Diklórmétán		99			4m3/h, 5 g/l
Széntetraklorid	90-98				töltött oszlop, levegő/szennyvíz: 5-35:1
1,2-diklóretán	65				töltött oszlop, levegő/szennyvíz: 35:1
Triklór-etilén	69-92				töltött oszlop, levegő/szennyvíz: 4-30:1
	90				porlasztós levegőztetés
Perklór-etilén	95				töltött oszl., levegő/szennyvíz: 5:1
	90				porlasztós levegőztetés
Metilál		99			4m3/h, 30 g/l
Szénhidrogének				1,1	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 98 mg/l szénhidrogén
BTX		>99			400 m3/h, 500-1000 mg/l BTX
Kénhidrogén			<20		finomítói savanyú gáz sztripper
Merkaptánok			<20		finomítói savanyú gáz sztripper
Fenolok		99-99,6		50-200	7-8 m3/h, 20-40g/l fenolok
				0,1	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 182 mg/l fenolok
Szulfid				0,5	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 1323 mg/l szulfid
KOI				37	finomító, kétlépéses folyamat, betáp: 14400 mg/l KOI

[cww/tm/ 82, cww/tm/ 27, cww/tm/ 149, cww/tm/ 146, cww/tm/ 96]

Általános környezeti hatás

A sztrippelést nem lehet önállóan alkalmazni, ugyanis a kilépő gázokat, gőzöket kezelni kell. Ez a kezelés sokszor bonyolultabb, mint maga a sztrippelés. A két

műveletet gondosan össze kell hangolni. A kisztrippelt szennyezőket esetenként vissza is lehet nyerni, és recirkuláltathatók.

Ha a sztrippelés hatékonysága nem megfelelő, akkor további szennyvíztisztítási eljárásokat kell alkalmazni.

Felhasznált anyag	Mennyiség	
	Levegő	Vízgőz
pH beállítás	sztochiometrikus	sztochiometrikus
Elszennyeződés elleni szer		
Vízgőz		0,1-0,3 tonna / m3 szennyvíz
Energia [kWh/m ³]		680 [gőzelőállítással együtt]
Elektromos energia [kWh/m ³]	1,8	
Gáz [m ³ gáz/ m ³ szennyvíz]	0,5	
[cww/tm/ 82, cww/tm/ 27, cww/tm/ 146, cww/tm/ 96]		

Monitoring

Ellenőrzendők:

- pH, különösen savas vagy lúgos anyagok sztrippelésénél,
- betáplálás,
- nyomás,
- hőmérséklet,
- folyadék szintek,
- kolonna reflux.

Gazdaságosság

	Költség		Megjegyzés
	Levegős sztrippelés	Vízgőzös sztrippelés	
	100 000 EURO		100 m ³ /h
Beruházás		2 millió EURO	50 m ³ /h
	4-5,3 millió EURO		fimoítói savanyúvíz 30-32 m ³ /h
		GBP 200-300 ezer	50 m ³ /h
Üzemeltetés	5 EURO/m ³	5 EURO/m ³	
[cww/tm/128, 48, 92]			

3.3.4.2.15 Szennyvíz égetés

Leírás

Az égetéssel történő ártalmatlanítás során oxidáljuk a szennyvíz szerves és szervesetlen szennyezőit, és ezzel egyidejűleg elpárologtatjuk a vizet. Az égetés atmoszférikus nyomáson 730-1200°C között történik. Ettől alacsonyabb hőmérsékletek esetén katalizátor szükséges. A vegyiparban a szennyvízégetést központilag célszerű megoldani, esetleg a szemétegetőkkel együttműködésben. Az égetés termékei:

széndioxid, víz és a hulladék jellegének megfelelően egyéb szerves anyagok (NO_x, SO_x, hidrogén halogenidok, foszfátok, nehézfémek).

A szennyvíz-égetés csak akkor önfenntartó, ha a szerves szennyezők mértéke elegendően magas a szükséges égetési energia biztosításához (KOI >50g/l). Ellenkező esetben kiegészítő tüzelőanyag szükséges, amelynek a mennyiségét a víztartalom csökkentésével mérsékelni lehet. Hőfelesleg esetén a hulladékégetőbe gőzkazánt is be lehet építeni.

Az égető berendezés lehet kamrás égető vagy fluidizációs. A berendezés anyagának korrózióállónak kell lennie, ezért az égetőkamrákat gyakran kerámiával bélelik. Hulladékégetőben történő szennyvíz-égetés esetén a szennyvíz előkezelése szükséges azért, hogy ne okozzon elszennyeződéseket.

Alkalmazások

Az égetést akkor alkalmazzuk, ha a szennyezések zavarják a biológiai szennyvíztisztítást, vagy túlságosan veszélyesek ahhoz, hogy a szennyvizet a közönséges csatornahálózatba engedjük. Ilyen esetek, pl.:

- festékgyártási vizes maradékok,
- gumigyári magas sótartalmú szennyvizek,
- növényvédőszer-gyártás vizes extraktumjai,
- poliészter-gyártás vizes maradékai.

Az égetést akkor részesítjük előnyben a többi eljárásokkal szemben, ha

- a szerves szennyezéseket nem használjuk fel újra vagy a recirkulálásuk nem gazdaságos,
- a szennyezések összetétele a szennyvízben állandóan és jelentősen változik,
- a szerves szennyezések mellett jelentős a szerves szennyezések mennyisége,
- a biológiai tisztítás nem megvalósítható,
- túl magas sótartalom a biológiai tisztításhoz, vagy nagyon fel kellene hígítani a szennyvizet,
- az égetés lehetővé teszi a hőre nem érzékeny anyagok, pl. sók, recirkulálását vagy az égetés során értékes anyag keletkezését.

Az égetéshez általában alkalmas szennyvíz mennyisége 2-30m³/h, KOI 50.000-100.000 mg/l között van. Alacsonyabb KOI esetén pótlólagos tüzelőanyag szükséges. Az alacsony égéshőjű szennyvizeket, más hulladékokkal együtt, forgó égetőkemencébe adagoljuk.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Halogének, kén	• különleges füstgázkezelést igényelnek,
Égetési hőmérséklet	• NO _x mennyisége az égetési hőmérséklettel növekszik
Szilárd anyagok, sók	• adagolást eltömíthetik, speciális adagolás szükséges

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> szerves szennyezések teljesen eltávolíthatók nagy sótartalom esetén is használható hulladékhő hasznosítható 	<ul style="list-style-type: none"> alacsony szervesanyag-tartalom esetén pótfűtés, pótfűtő-anyag szükséges az égetési maradékot (hamu, pernye) deponálni kell, halogén és kén égetése speciális gázkezelést igényel, mely szintén hulladékot produkál

Elérhető hatékonyságok

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Emisszió [mg/l]	Megjegyzés
Összes szerves szennyezés	>99		
Illékony szerves szennyezés	92	30	betáp 375 mg/l, katalitikus égetés
cww/tm/82, cww/tm/96			

A közölt számadatokat a betáplált szennyvízhez vonatkoztatjuk. Az égetőből távozó levegő kezelésére a Waste Incineration Directive 2000/76/EC [cww/tm/155] vonatkozik.

Általános környezeti hatás

A szennyvíz égetés során a hulladékok egy része, a szennyvíz összetételétől függően, HCl, SO_x, NO_x és egyéb szennyezések formájában a füstgázokba kerül. Ezeket megfelelően kell kezelni, ez azonban további hulladékokat eredményez. Az égetés során keletkező hamut és pernyét deponálni lehet.

Ha az égetés nem autotherm, akkor kiegészítő, pót-fűtőanyagot kell adagolni. Ha nem alkalmazunk hőhasznosítást, a hulladékhő a környezetbe kerül.

Anyag	Mennyiség
Pót-fűtőanyag (alacsony szervesanyag-tartalom)	4,5 kg/m ³ szennyvíz 12,5 kg/kg illékony szerves hulladék
Energia [kWh/m ³]	0,09
cww/tm/96	

Monitoring

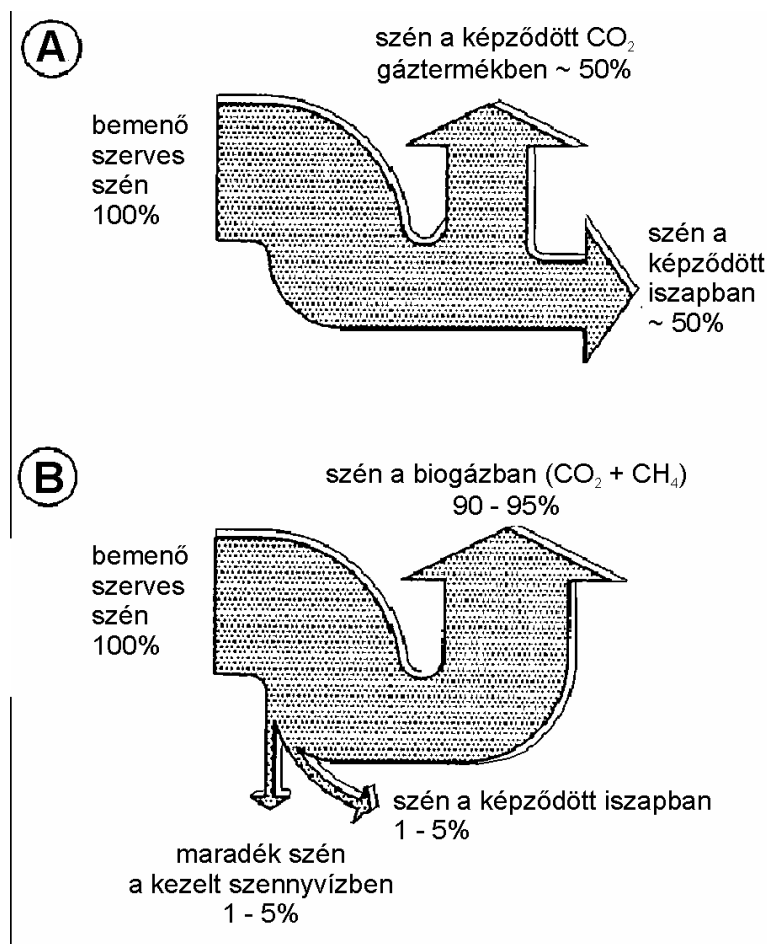
Az égetést a stabil működés érdekében folyamatosan ellenőrizni kell: oxigén koncentráció, hőmérséklet, SO_x, NO_x, hidrogén halogének, por, pernye, hamu mennyiségét.

Gazdaságosság

^a átlagos érték, bizonyos alkalmazásokban magasabb is lehet (lásd a 3.3.4.3.1. fejezetet, Elérhető kibocsátási szintek/teljesítmény)

3.8. táblázat: Az anaerob, anoxikus és aerob biológiai folyamatok fontosabb paraméterei.

Igen jelentős különbség van a szénmérlegben közöttük, ahogyan ezt a 3.27. ábra mutatja.



3.27. ábra: Az aerob (A) és anaerob (B) szervesanyaglebontás szénmérlegei.

A biológiai szennyvíztisztítási eljárás fontos előnye a mikrobák többé-kevésbé gyors adaptálódási képessége a változó szervesanyag fajtákhoz.

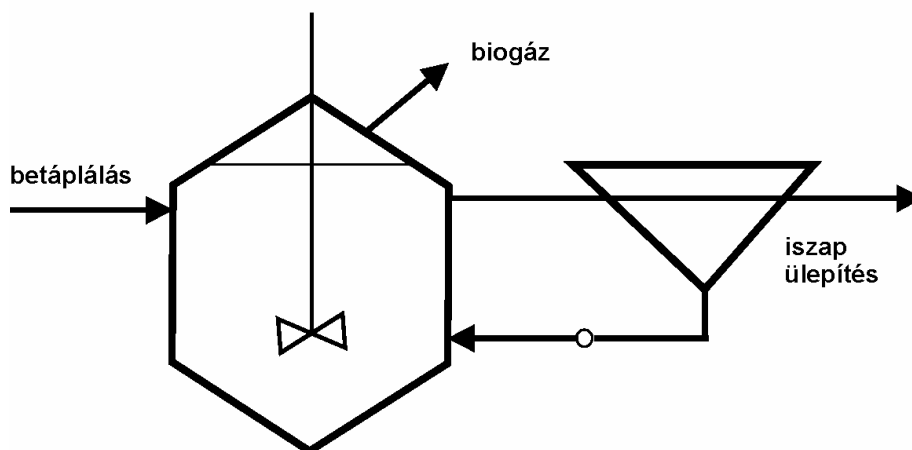
3.3.4.3.1 Az anaerob biológiai eljárás

Az eljárás a szennyvíz szervesanyag tartalmát, oxigénmentes közegben mikrobákkal metánná, széndioxidá, szulfidá stb. bontja le. A keletkező biogáz tipikus esetben mintegy 70 % metánból, 30 % széndioxidból, ill. lényegesen kisebb mennyiségű egyéb komponensekből áll. [cww/tm/128]. Általában zárt tartályreaktorban valósítják meg, amelyben a mikrobák az iszapban maradnak vissza.

A fontosabb reaktorfajták:

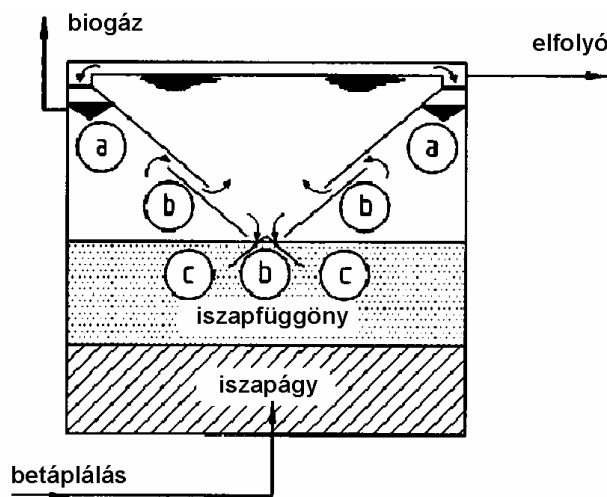
- anaerob kontakt reaktor (ACR; egy külső ülepítővel)
- felszálló áramú iszapágyreaktor (UASB)
- állóágyas reaktor
- expandált ágyas reaktor.

A **kontakt eljárásnál** (ACR) a szennyvizet az ülepítőből visszakeringetett iszappal keverik és egy légmentesen zárt, kevert reaktorban kezelik. A külső ülepítőben elválasztott felül úszó kezelt vizet elvezetik, esetleg tovább tisztítják [cww/tm/4].



3.28. ábra: Az anaerob kontakt eljárás

Az **UASB eljárásnál ill. reaktor fajtánál** a szennyvizet a tartály fenekén egyenletesen elosztva vezetik be, amely felfelé áramlik a mikrobaiszappból kialakult granulákból álló ágyon majd az egyre kisebb részecskékből álló iszapfüggőnyön keresztül. Az ülepítő térben az iszaprészecskéket elválasztják, a biogáz pedig az ülepítő lemezbetétek által határolt gázdómokon át vezethető el [cww/tm/4].



3.29. ábra: Az UASB eljárás vázlatja

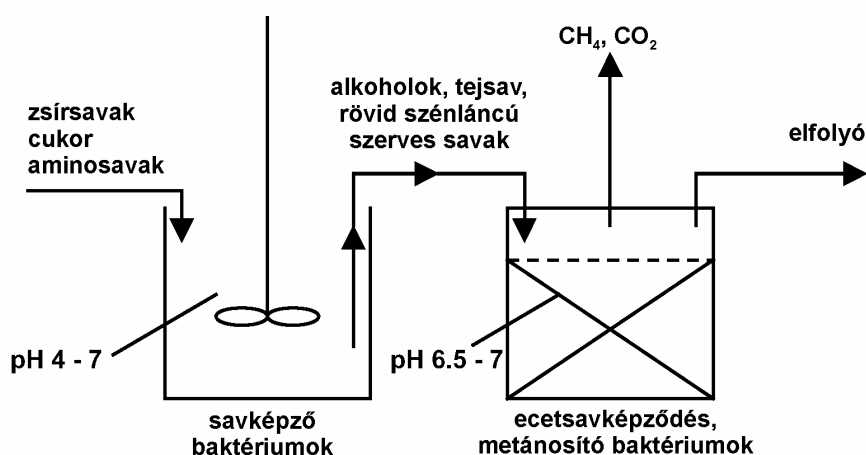
a.) gázdóm b.) ülepítő terelőfalak c.) iszapüledék leeresztő nyílás

Az **állóágyas** anaerob eljárásnál a reaktor tartályban elhelyezett nagy fajlagos felületű hordozóanyagban biofilm formájában történik a szervesanyag bontó mikrobák rögzítése [cww/tm/4].

Az **expandált ágyas** eljárásnál a szennyvíz felfelé áramlik és lebegésben tartja a hordozórészecskéket (homok, szén, esetleg polietilén stb). Általában a fent távozó folyadék jelentős részét visszakeringetik elegendő folyadékáram sebesség elérése érdekében a betápláláshoz [cww/tm/4].

A felesleges biomasszát a hordozó felületéről a folyadékáramlás lesodorja. Nem szükséges külső ülepítés, ill. iszap recirkuláció, mivel a hordozók kötött biomassza mennyisége elegendően nagy. Előnye a kis helyigény melletti nagy teljesítőképesség. Kevésbé érzékeny időszakos szervesanyag terhelési csúcsokra, amely egyébként elfolyó szennyezőanyag koncentráció növekedést okozhat.

Az anaerob szervesanyag-lebontás hatékonyságát tovább növeli az ún. kétfázisú eljárás.



3.30. ábra: Kétfázisú anaerob szervesanyag lebontás

Alkalmazás

Az anaerob szennyvíztisztítást **főleg előtisztításként alkalmazzák**, nagyobb szervesanyagtartalom (>2 g/l), ill. viszonylag állandó összetétel [cww/tm/132] esetén. Jelentősége fokozatosan nő az aerob szennyvíztisztítás energiaköltségeinek és iszap-elhelyezési problémáinak növekedésével.

Előtérbe kerül a szervesanyagok energiaráfordítás nélküli eltávolítása, amit a biogáz energiahordozókénti hasznosítása messzemenően elősegít a maradék szennyező eltávolítás pedig aerob utófokozattal megoldható [cww/tm/132].

Az alkalmazás korlátjait, előnyeit, és hátrányait táblázatok mutatják.

	Határok / megszorítások
Hőmérséklet	20 – 40 °C
pH	6,5 – 7,5, pH>8 esetén leáll a metánképzés
Toxikus anyagok	el kell kerülni, mert a folyamat erre érzékeny

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Alacsony energiafogyasztás az aerob eljáráshoz képest Nagy energiataralmú gáz termelődése, mely valószínűleg alkalmas – gyenge minőségű tüzelőanyagként – helyi hasznosításra Az aerob eljáráshoz képest kis iszaptermelődés (annak egy tizede, lásd a 3.27-es ábrát) Szulfát vagy szerves kénvegyületek jelenlétében a nehézfémek szulfidként kicsapódnak Nem képződik aeroszol és nem történik meg az illékony komponensek kihajtása (az aerob eljárással összevetve) 	<ul style="list-style-type: none"> Nagyon érzékeny toxikus anyagokra, melyek jelentős iszapelúszást okozhatnak Toxikus, gyúlékony és bűdös gázok keletkezhetnek Nagyon lassú beindulás A hatékonyság miatt nem alkalmas végső tisztítási fokozatnak (a KOI eltávolítás általában <85%), így további tisztítás szükséges

Az elérhető határértékek és teljesítményadatok

Eljárás	Befolyó KOI [g/l]	Tartózkodási idő [d]	Szervesanyag terhelés [kg/m ³ d]	KOI eltávolítás [%]
ACP ¹	1,5-5	2-10	0,48-2,40	75-90
UASB ¹	5-15	4-12	4,00-12,0	75-85
Állóágyas ¹	10-20	24-48	0,96-4,81	75-85
Expandált ágyas ¹	5-10	5-10	4,81-9,62	80-85

¹ [cww/tm/4]

A KOI (KOI) eltávolítási hatások nagymértékben a KOI értéket képző szervesanyagok lebontóságától függ. Fontos tehát biológiai tisztításra kerülő szennyvizekbe bonthatatlan szervesanyagok bekerülésének lehetőség szerinti elkerülése.

Aerob utótisztítással kiegészítve az eltávolítási hatások lehetséges maximális értékei:

- BOI-ra: 99-99,8 %
- KOI-ra: 95-97 %.

Közegek közötti szennyezés

Általában nagyterhelésű előtisztítás jelleggel alkalmazzák, amely után aerob biológiai utókezelés történik. Fő előnye, hogy igen kevés fölösiszap képződéssel jár; az aerob eleveniszapos rendszerhez képest ez 10 % körüli érték, ami azt jelenti, hogy ugyanannyi lebontott szervesanyag mellett tizedannyi külön elhelyezendő hulladék képződik.

A képződő bomlástermék metán és széndioxid 1 – 3:1 térfogati összetételű elegye, ami tüzelőanyagként energiatermelésre használható. Az aerob eljáráshoz képest energiafogyasztása is lényegesen kisebb, mivel nem kell O₂-t bevinni a

reaktortöltetbe, mindössze hatékony keverés biztosítandó. Fontos, hogy a CO₂ képződés csökkentéséhez hozzájárul. Éghető gáz, ill. bűzös (rövidszénláncú szerves savak) anyagok távozásának elkerülésére (hermetikusan) zárt berendezések szükségesek (ill. esetleg utólagos szageltávolítás).

(Üzemellenőrzése pl. a 7.3. melléklet szerinti)

Gazdasági adatok

Költségtípus	Költség	Megjegyzés
Beruházási költség	120 millió BEF ¹	UASB reaktor, 25 m ³ /h, nyers KOI: 30 g/l
	3,5 millió NLG ²	206 m ³ /d, nyers KOI: 7300 kg/d ill. 35 g/l
Üzemköltség	40 BEF /m ³ ¹	UASB reaktor, 25 m ³ /h, nyers KOI: 30 g/l
	0,3 NLG/ m ³ ² [20 000 NLG/év]	206 m ³ /d, nyers KOI: 7300 kg/d ill. 35 g/l
Haszon (biogáz)	210 000 NLG/év ²	206 m ³ /d, nyers KOI: 7300 kg/d ill. 35 g/l
	1,5 millió NLG/év ²	a fölösiszap égetéséhez képest

¹ [cww/tm/128]
² [cww/tm/100]

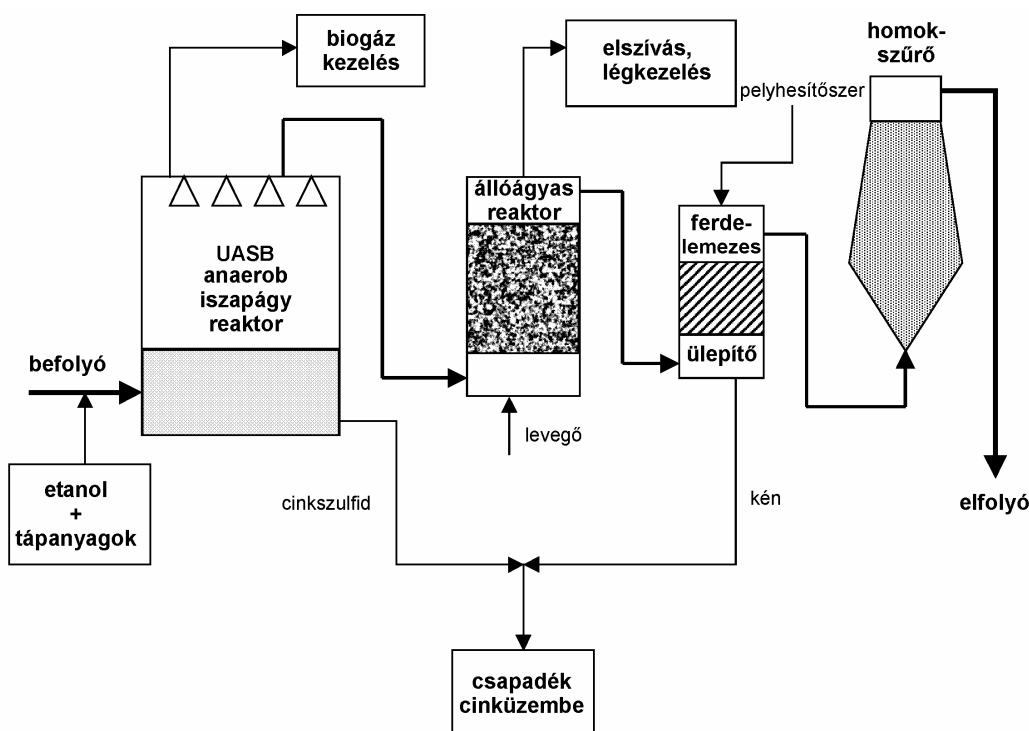
A szervesanyag lebontó hatás mellett a biogáz energiahordozókénti használata és a jelentős fölösiszap termelés csökkenés az aerob utókezeléssel kiegészített anaerob eljárást az egylépcsős nagyterhelésű aerob eljáráshoz képest hosszú távon még előnyösebbé teszi nemcsak gazdaságilag (pl. iszapégetés, ill. elhelyezés költségeinek jelentős csökkenése) de a környezet megóvása szempontjából is.

3.3.4.3.2 Kénvegyületek és nehézfémek (együttes) biológiai eltávolítása

A cél anaerob eljárással érhető el, amely három lépésben valósul meg:

- szulfát (pontosabban: oxidált kénvegyületek) szulfiddá redukálása u.n. szulfátredukáló baktériumokkal
- nehézfém ionok reakciója a képződött szulfiddal csapadékképzés közben
- a felesleges szulfidmennyiség biológiai átalakítása kénné.

Az eljárás azon alapul, hogy fémszulfidok oldhatósága sokkal kisebb hidroxidjaiknál.



3.31. ábra: Biológiai fém – és szulfáteltávolítás folyamatábrája

A berendezés fő készülékei:

- UASB reaktor, ahol a szulfát – szulfid átalakulás zajlik
- biogázhasznosító egység (szükségszerű kezeléssel)
- aerob állóágyas reaktor, ahol a szulfid elemi kénné alakul
- ülepítő a kénszemcsék elválasztására
- utótisztítás folyamatosan regenerált homokszűrő ággal.

A folyamat fenntartásához u.n. elektrodonor szükséges, amely rendszerint a szennyvíz szerves KOI tartama, ennek hiányában azonban a szennyvízbe külön adagolandó anyag, az alábbiak valamelyike:

- hidrogén
- keményítő
- etanol
- hangyasav
- ecetsavészter vagy só
- propionsavészter vagy só
- laktát (tejsav sója).

Mindezek mellett olyan hulladék anyag használta is lehetséges mint:

- melasz (cukorgyári).

Amennyiben a nyers szennyvíz savanyú és semlegesítendő, az ülepítő, ill. homokszűrő utáni szennyvízáram visszakeringtethető e célra, hiszen a szulfid-kén átalakulás növeli a lúgosságot.

Alkalmazás

Minden olyan szennyvíz kezelhető, amelynek számottevő szulfáttartalma van, tehát nehézfémek jelenléte nélkül is megvalósul – fordítva viszont a nehézfém eltávolításhoz kicsapószer forrásként szulfát kell. Elegendő KOI tartalom a működés feltétele. Tipikus alkalmazás viszkózműszál gyártásnál, ahol cink szulfát és szulfid a fő szennyvízösszetevők.

Az alkalmazás korlátai és határai az alábbiak:

	Határok / megszorítások
Tartózkodási idő	6 h UASB reaktorban ¹
KOI / szulfát arány	1: 1. ha a KOI koncentráció túl kicsi, elektron donor hozzáadása szükséges
Flokkulációs adagolás a ferde lemezes ülepítőben (kénleválasztás)	A vegyszeradagolást optimálni kell a stabil működéshez
¹ [cww/tm/101]	

Előnyei és hátrányai

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Szulfátok eltávolítása kicsapó vegyszerek nélkül • Lehetséges a szulfát és a nehézfémek együttes eltávolítása • A nehézfémeket – esetleg újrahasznosítható – szulfid formájában választja el a szennyvíztől • A fém-szulfidok oldhatósága kisebb mint a megfelelő hidroxidoké, így szigorúbb kibocsátási követelményeknek is megfelelhet • A folyamatlánc végén kén szerepel, amit nyersanyagként (pl. kénsavgyártás) vagy egyéb módon lehet hasznosítani • A KOI és nitrát is eltávolítható • Stabil eljárás, így a szennyvízáram zavarai ill. változásai nemigen befolyásolják a hatékonyságot 	<ul style="list-style-type: none"> • Gyakran szükség van KOI (elektron donor) külső forrásból történő adagolására, ami megnöveli az üzemköltségeket • Az UASB reaktorban az fém-szulfidok keverednek a biológiai iszappal • Szulfát hiányában a nehézfémek nem távolíthatók el

Az elérhető maradék szennyezők és hatásfokok:

Jellemző	Hatékonyság [%]	Kibocsátott koncentráció [mg/l]	Megjegyzés
Cink	99,8 ¹	0,05 – 0,15	befolyó: 100 mg/l
Kadmium	>99 ¹	< 0,01	befolyó: 1 mg/l
Szulfát	94 ²	75	befolyó 1170 mg/l, nehézfém tartalmú
¹ [cww/tm/102]			
² [cww/tm/101]			

Közegek közötti keresztaszennyezés

Az eljárás (szennyező) melléktermékei:

- nehézfém-szulfidok (ha a szennyvíz fémtartalmú) az UASB reaktor fölötti iszapjában

- elemi kén a szennyvíz lebegőanyagával keveredve (ülepítőből).

A fémfajtától függően szulfidjaikból fém visszanyerhető. A kén a szűrőleplenyből kb. 60 %-os szárazanyagtartalommal és 95 %-os tisztaságban nyerhető ki.

Felhasználása lehetséges kénsavgyártásra, ha a kénsavgyári berendezések alkalmasak hulladékok kiégetésére.

A biogáz és az aerob fokozatot elhagyó véggáz kezelése biztonsági okokból szükséges, így szaghatás nem keletkezik. Zajártalom tekintetében szivattyúk és gázvezetékek célszerűen zárt kivitelűek legyenek.

Üzemeltetés

Az eljárás fontos működési feltétele a lúgosság és az optimális KOI/szulfát arány (minimum 1:1), emiatt a befolyó szennyvíz pH és KOI értékének ellenőrzése szükséges. Fontos továbbá a szulfátredukáló/oxidáló baktériumokat mérgező vagy gátló anyagok távoltartása; ezeket a befolyó szennyvíz nem tartalmazhatja. Az elfolyóban vizsgálni kell a nehézfémek, szulfát, KOI jelenlétét.

3.3.4.3.3 Aerob szennyvízkezelés

Az aerob kezelés vízben oldott szervesanyag biológiai oxidációja a mikrobák által metabolizált oxigénnel. Levegő vagy tiszta oxigén vízben történt beoldásával a szervesanyagok széndioxidá, vízzé egyéb metabolitokká és biomasszává (ez az eleveniszap) konvertálódnak. A szennyvíz mérgezőanyag tartalma gátolja a biológiai folyamatot. Ilyen komponenseket mutat a 3.9. táblázat [cww/tm/132].

Anyagok	Gátló koncentráció [mg/l]
Kadmium (Cd ²⁺)	2-5
Bikromát (CrO ₄ ²⁻)	3-10
Réz (Cu ²⁺)	1-5
Nikkel (Ni ²⁺)	2-10
Cink (Zn ²⁺)	5-20
Klór (Cl ₂)	0,2-1
Cianid (CN ⁻)	0,3-2
Ásványolajok	>25
Fenolok	200-1000
Kénhidrogén / szulfid	5-30

3.9. táblázat: Fontosabb az eleveniszapra mérgező hatású anyagok küszöbértékei.

A biológiai szennyvíztisztítók esetében az anyagok potenciális mérgezőhatása nem rögzíthető, függ a behatásuk módjától és a mikroszervezetektől, inkább kölcsönhatásuként értelmezhető. Kis méregkoncentráció tartós adagolásával a gátlóhatás csökkenni szokott a (hozzászokás) adaptáció következtében és így a mikrobák ellenállása és bontóképesége növekszik az adott komponens iránt [cww/tm/132].

Változatai

- hagyományos, (kevert medencés) eleveniszapos eljárás
- membrán-bioreaktoros eljárás
- csepegtetőtestes eljárás
- expandált (fluidizált) ágyas eljárás.

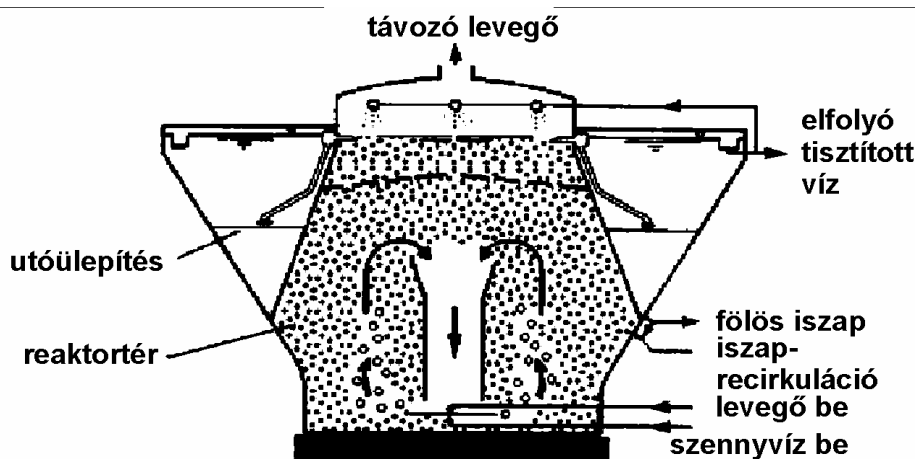
Vegyipari alkalmazásban jelenleg legelterjedtebb az eleveniszapos változat. A mikrobák a medence folyadéktöltetében szuszpendált állapotban vannak (ez az eleveniszap) a levegőztetése mechanikusan (legtöbbször buborékoltatással) történik. Az eleveniszapot elválasztó berendezésbe vezetik, ahonnan a töményebb fázist visszakeringetik a medencébe.

Az elválasztó berendezés lehet

- ülepítő medence, vagy tartály
- levegővel történő flotálás
- mikroszűrő (esetleg ultraszűrő) a membrán bioreaktoros változatánál.

A hagyományos eleveniszapos eljárás kialakításának részletei függenek a kezelendő szennyvíz jellemzőitől, a rendelkezésre álló helytől, a légszennyezési követelményektől stb. az alábbi példák szerint:

- **oxidálóközeg** levegő vagy tiszta oxigén, mely utóbbi kisebb mértékben hajt ki a vízből illó, bűzös komponenseket, mivel kevesebb a mennyisége és intenzívebb az oxidálóhatása
- a levegőztető tartály, lehet **laposabb medence vagy toronyszerű tartály**, ahol a felszálló légbuborékok és víz között intenzívebb az anyagátadás (l. 3.32 ábra és [cww/tm/131])
- az iszapelválasztás eszköze **ülepítés vagy membránszűrés**, amelynek kisebb a helyigénye.



3.32. ábra Toronybiológia rendszerű eleveniszapos tisztítás

A **membrán bioreaktoros eljárás** kombinálja a hagyományos eleveniszapos rendszert az iszap membránszűrési megoldásával. Mind kommunális, mind ipari szennyvizekre alkalmazható.

Változatai:

- külső recirkuláció körbe iktatott membránszűrőmodul

- a szűrőmodul az eleveniszapos medencébe merül, ahol a tisztított elfolyóvíz az általában aprócsöves membránmodul belseje felé szűrődik át és távozik, míg az iszap a medencében marad. Helyigénye az előzőnél kisebb.

Megoldásuk lényegét a hagyományos rendszerrel összehasonlítva a 3.33. ábra mutatja.

A membránfelület elszennyeződését, elszennyeződését csökkentő megoldások:

- buborékos levegőztetés
- ellenirányú visszamosás.

Az eljárás fontos tulajdonsága (és előnye), hogy elérhető vele:

- nagy iszapkoncentráció (10-20 g/l lebegőanyagtartalom (TSS))
- nagy iszapkor (ill. tartózkodási idő).

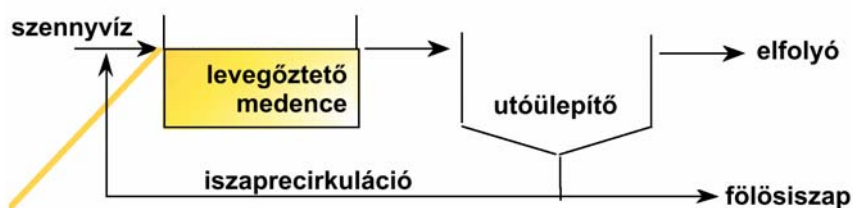
A fentiek miatt a hagyományoshoz képes kisebb fölősiszapképződést és kedvező esetben mintegy egyötödnyi helyigényt jelent (főleg az üleptőnek membránválasztással való helyettesítése miatt). Másrészt viszont jelentősen nagyobb lehet az energiaigénye (főleg a több szivattyúzási munka miatt).

A csepegtetési eljárásnál a mikrobák biofilmréteget képeznek egy nagy fajlagos felületű és hézagterfogatú hordozótöltetben, amelyen a tisztítandó szennyvíz felülről lefelé csörgedezve áramlik keresztül. A töltetanyag (régebben kőzet) általában műanyag. Vázlatát a 3.34. ábra mutatja [cww/tm/132].

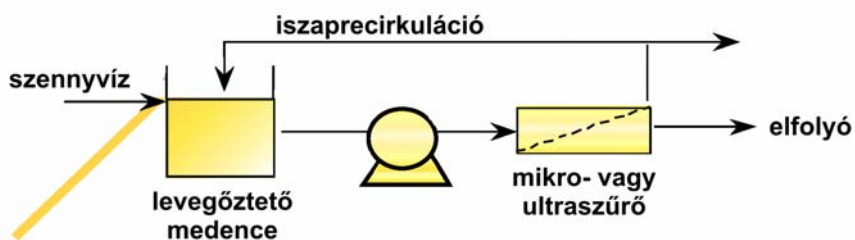
A töltetről lefolyó vizet felfogják és üleptőbe vezetik, ahonnan egy részét visszakeringetik a lefolyó szennyvíz hígítása érdekében.

Az expandáltatott ágyas rendszer hasonló az anaerob eljárásnál leírttal, azzal a különbséggel, hogy levegőztetés történik és anaerob helyett aerob mikrobák alkotják a biofilmet. Fő előnye (főleg a nagy biofilm-szennyvíz érintkezési felület miatt) a hagyományoshoz képest jelentősen kisebb helyszükséglet.

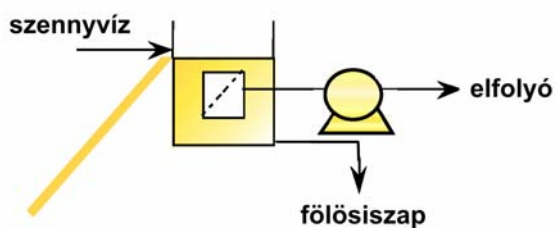
Hagyományos eleveniszap



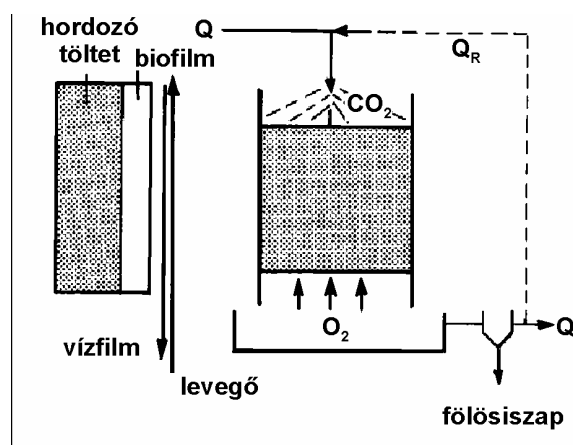
Külső modulós membrán bioreaktor



Levegőztetőbe merülő membrán modul



3.33 ábra: A membrán bioreaktor eljárás változatai, a hagyományos rendszerrel összehasonlítva

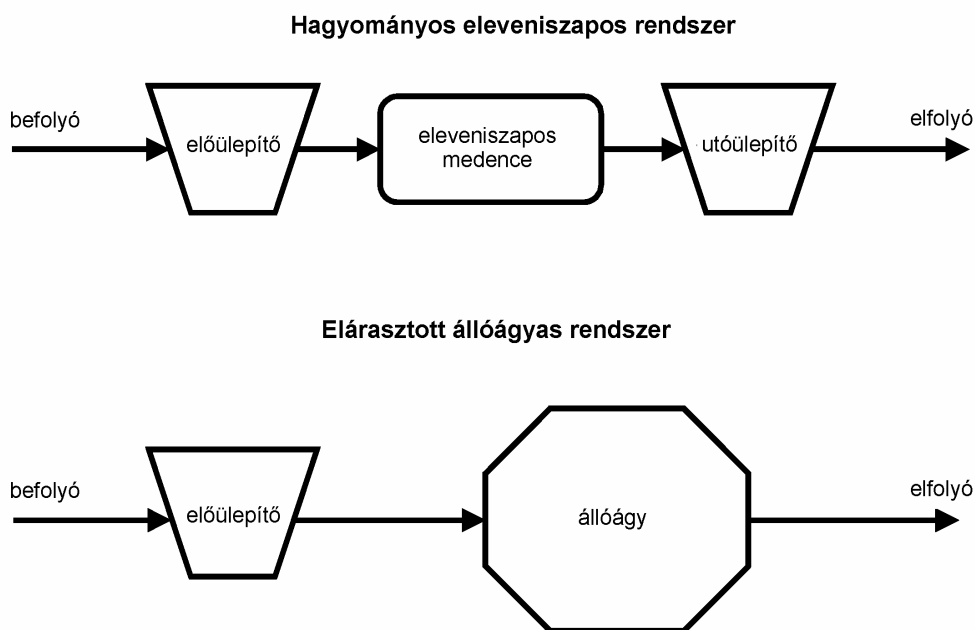


3.34. ábra: A csepegetőtestes eljárás vázlata

Jelölések: Q = szennyvíz Q_R = recirkuláció

Az elárasztott állóágas rendszer esetén a biofilm víz alatti álló hordozótöltet felületén foglal helyet, amelynek hézagain át áramlik keresztül a szennyvíz. A

töltetről a fölös biofilm mennyiséget időnként vízmossással távolítják el. A hagyományoshoz képest kis helyigényű (nincs utóülepítés) és csökkentett szaghatású rendszer (l 3.35. ábra)



3.35. ábra: Az elárasztott állógyas rendszer a hagyományos eleveniszapos eljárással összehasonlítva.

Legtöbb állógyas rendszer egy reaktorral működik, amelyben a víz le – vagy felfelé áramlik, a víz sűrűségénél nehezebb vagy könnyebb töltet anyaggal.

Üzemeltetésükkor előülepített lebegőanyagmentes víz kezelésekor egyrétegű míg nyers szennyvíz rábocsátásakor többrétegű rendszerről beszélünk.

A töltetanyag visszamosása nagy vízárammal történik és a szennyvízminőség függvényében eltérő gyakoriságú (gyakran napi egyszer).

A vízmossáshoz: vizet – vizet és levegőt – csak légáramot lehet használni.

Töltetanyagként elterjedt a lignitkocsz, mert képes felületén bizonyos szervesanyagokat, ill. oxigént adszorbeálni és jól köti a biofilmet így a reakcióidő jelentősen hosszabb lehet a szennyvíz-töltet érintkezési időnél. Ennek egyik eredménye a nehezen lebomló komponensek hatékonyabb eltávolítása a hagyományos eleveniszapos rendszerhez képest. A lignitkocsz töltet a távozó levegő útjába helyezve illó bűzös komponensek megkötését is elősegítheti.

Alkalmazás

Az aerob biológiai szennyvíztisztítást általában utolsó lépcsőként alkalmazzák. Az aerob mikrobaszaporodás nagy sebessége és hozama általában előnyös mérgező komponensek eltávolításakor és jobb KOI eltávolítási hatásfokot eredményez, mint az aerob rendszereknél.

Hagyományos eljárás

Mind nagyterhelésű rendszerként (tömény) technológiai szennyvizek előkezelésére, mind pedig utókezelésként központi biológiai szennyvíztelepek formájában gyakori az alkalmazása.

A membrán bioreaktor eljárás alkalmazható mind kommunális, mind ipari szennyvizekre: vegyipari, élelmiszeripari, papíripari eredetűknél vagy hulladéklerakók szivárgóvizének kezelésére.

Különösen előnyös az alkalmazása ha:

- a szennyvíz nagy KOI, ill. ammónia tartalmú
- tisztított vizet újrahasznosítják
- az elfolyó vízre fokozott tisztasági követelmények vannak
- érzékeny a befogadó
- nehezen ülepedő az iszap
- meglévő telep bővítendő
- kis helyigény a cél
- érzékeny a telepítési környezet (pl. bűzre)
- csíiramentes tisztított víz szükséges.

Csepegtetőtestek vegyipari alkalmazása központi szennyvíztelepek részeként olyan funkciókkal szükséges, mint a jól bontható szennyezések csökkentése és az iszapszerkezet javítása az eleveniszapos fokozat előtt.

Elárasztott állóágyas rendszereket kommunális és bizonyos ipari szennyvizekre (pl. nagyszennyezettségű papíripari vizek) használják, ill. meglévő rendszerek teljesítménynövelésére) expandált ágyas rendszerekhez hasonlóan). Előnye a nagyobb sótűrőképesség és a nagyobb iszappor miatt a kisebb növekedési sebességű mikrobák alkalmazhatósága. Eleveniszapos rendszerek előtt előtisztításként is alkalmazzák. Eleveniszapos rendszerekhez képest 2-3-szor nagyobb terhelés alkalmazható azonos kb. 90 %-os KOI eltávolítás mellett [cww/tm/164]. Nitrifikáló-denitrifikáló rendszerekként is nagyobb terhelésekre képes.

	KOI [kg/m ³ d]	KOI [kg/m ³ d]	NH ₄ -N [kg/m ³ d]	NO ₃ -N [kg/m ³ d]
Eleveniszap	0,4-6	0,35-3 ^a	0,04-0,1	0,24-0,72
Eleveniszap oxigénben dúsított levegőztetéssel		2-5 ^b		
Biofilter	3-25	1,3-10 ^a	0,4-1,5	0,7-6
Csepegtetőtest (műanyag töltettel)		1-5 ^b		
Membrán bioreaktor ^c	2-3 ^{d 1}		0,9 ^{e 1}	

^a BOI₅
^b BOI₇
^c iszapkoncentráció 11-25 g/l¹
^d csúcsok 1,6 és 8,5 kg/KOI/m³/d között
^e hőkezelés szennyvize
¹ [cww/tm/163]

3.10. táblázat: Különbféle aerob rendszerekre alkalmazható térfogati terhelések.

Alkalmazhatóságának korlátai és határai

	Határok / megszorítások
--	--------------------------------

Tápanyagok	BOI:N:P legalább 100:5:1; a megfelelő működéshez fenntartandó maximális arányok: BOI:N = 32:1 és BOI:P = 150:1
Koncentráció	nagy szennyezőanyag koncentráció (még nem toxikus komponenseknél is) kerülendő
Inhibitor anyagok	lásd 3.9. táblázat
Hőmérséklet	a 35 °C-ot meghaladó szennyvízhőmérséklet kritikus lehet a mikrobák számára
Sóterhelés	Nagy sókoncentráció (>30g/l) megzavarhatja a biológiai folyamatot, mert károsítja a mikrobákat. A biofilmes rendszerek kevésbé sérülékenyek

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • A szerves szennyezők költséghatékony eltávolítása • A környezeti hatások más eljárásokhoz képest kisebbek • Nagy mennyiségű szennyvíz kezelhető • Viszonylag nagy energiahatékonyság a nem-biológiai eljárásokhoz képest. Az energiát többnyire fenntartható folyamatok szolgáltatják (mikroorganizmusok metabolizmusa levegővel és vízzel) • A lebontás végterméke többnyire ártalmatlan vegyület 	<ul style="list-style-type: none"> • Nagy energiafogyasztás az oxigénbevitelnél • Jelentős fölösizap képződés (kivéve a membrán és biofilmes rendszereket) • A levegőztetés során illó komponensek kihajtása megtörténhet, gyakran bűz ill. aeroszol kibocsátást eredményezve. • A teljesen kevert rendszerekben előfordulhat iszapelúszás eredményező fonalásodás • A szennyezőanyagok gátolhatják a biológiai folyamatot • Membrán reaktoroknál elszennyeződés léphet fel • Nagy nyomásesés az ezzel járó megnövekedett elektromos energiafogyasztással

Az elérhető szennyezőkoncentrációk és hatások

A biológiai tisztítás fontos teljesítményjellemzője a BOI eltávolítás, míg a KOI csökkenését befolyásolják az előkezelés lépései és a nehezen bontható szervesanyagtartalom. Mivel a lebomlásnak ellenálló, KOI-t adó komponensek kezelését lehetőleg nem a biológiai tisztítótelepen kell megoldani célszerű az alábbi táblázatban az eltávolítási hatások értékeit összefoglalni:

Jellemző	Eltávolítási hatások [%]				
	Teljesen kevert eleveniszap	Membrán bioreaktor	Csepegtetőtest	Expandált ágyas	Fix ágyas biofilmes
TSS		99 ⁵			
Zavarosság		99 ⁵			
BOI	97-99,5 ¹	97 ⁵	40-90 ² 85-95 ^{a 2}	>98 ¹	
KOI (TOC)	76-96 ^{c 1}	>90-96 ⁵		90 ^{b 1}	26-68 ^{d 3}
Fenol index	>99 ^{e 4}				75-98 ³
AOX					55-98 ³
összszervetlen N		82 ⁵			4-50 ³
NH ₄ -N		96-98 ⁵			

^a	kétfokozatú
^b	3 sorbakötött bioreaktort követő granulált aktív szenes adszorpcióval 98%, KOI eltávolítás 99%
^c	96% tiszta oxigénnel
^d	a maradék KOI lebontása, a telep eleveniszapos szennyvíztisztító utótisztítójaként üzemel
^e	befolyó fenol 30 mg/l, 2200 m ³ /d szennyvíz
¹	[cww/tm/132]
²	[cww/tm/4]
³	[cww/tm/151]
⁴	[cww/tm/96]
⁵	[cww/tm/163]

A környezeti elemek közötti szennyezés

Az aerob eljárás e tekintetében 2 anyagárammal jellemezhető.

- oxigénbevitel és hatásai
- fölös iszapképződés.

Az **oxigénbevitel** egyrészt nagy energiaigényt jelent, és illó/bűzös anyagok atmoszférikus szennyezésként jelentkező kihatását, az alábbi intézkedéseket teheti szükségessé:

- levegő helyett tiszta O₂, vagy oxigénben dúsított levegő használatával a gázáram kb. 20 %-ig csökkenthető, ami kihajtó hatást és energiaigényt is csökkent, de megfontolandók az oxigén-előállítás költségei, energiaigénye, biztonsága és a CO₂ kihajtás romlása
- medencék befedésével és a távozó levegő külön kezelésével (aktív szén szűrő, égetés, biofilter, vagy nedves gázmosás)
- hordozós biofilmes rendszerek alkalmazása (állóágy) ezek fedett kivitele és lignitkocszos gáztisztító alkalmazása.

A **fölös iszapképződés** jelentős mértéke annak elhelyezési problémáira hívja fel a figyelmet. Az iszapkezelés és elhelyezés megoldható a telepen, vagy elszállítása után máshol, módszereit a 3.4. fejezet értékeli.

Az eleveniszapos (hagyományos) rendszer működtetéséhez szükséges anyagigények:

300-500 kg vasszulfát/t KOI [cww/tm/96] szükség esetén

23-42 kg foszforsav /t KOI (tápanyagként szükség esetén [cww/tm/96])

0,1 kwh villamos energia /LEÉ (Lakosegyenérték) [cww/tm/128].

Fajlagos költségek

A hagyományos eleveniszapos rendszer (példakénti) beruházási költségigénye 90 m³/h 500-900 mg/l KOI koncentrációjú szennyvízre 15-20 millió FIM [cww/tm/96]. Üzemeltetési költsége a beruházás 2 %-ának vehető [cww/tm/128], ami 0,6 FIM/m³ szennyvíz értékű [cww/tm/96].

Az **állóágyas rendszer** üzemeltetési költsége mintegy 0,2 DEM/m³ szennyvíz [cww/tm/151].

A **fenti adatok óvatosan kezelendők és nagyon függenek** a szennyvizek mennyiségétől és összetételétől, szükséges előkezelés terjedelmétől (olajleválasztás) semlegesítési igénytől iszapelválasztás és kezelés megoldásától.

3.3.4.3.4 A biológiai nitrogéneltávolítás

A főleg ammónia formájában jelenlévő nitrogén szennyezés eltávolítását kétlépcsős biológiai folyamat biztosítja:

- az aerob nitrifikáció, ahol megfelelő mikrobák az ammóniumot (NH_4^+) először nitritté (NO_2^-), majd pedig nitráttá (NO_3^-) alakítják
- az anoxikus denitrifikáció, ahol a mikrobák a nitrátot nitrogén gázzá redukálják.

Mint egyéb biológiai folyamatoknál is, e folyamatok is megszenvedik a mérgező vagy gátló anyagok káros hatását. Mindazonáltal e káros komponensek lassú és óvatos adagolása, a mikrobák adaptációja útján csökkenthetők a nem kívánt következmények. A gátló komponensek és hatásaik a 3.11. táblázatban szerepelnek [cww/tm/27].

Vegyület	Inhibíciós koncentráció [oldott mg/l]	Aktivitás csökkenés [%]
Tiokarbamid	1	50
Tioszemikarbazid	1	50
Natrium-(metil-ditio-karbamát)	1	50
Metil-izocianát	1	50
Allil-izocianát	1	50
1,1-diklór-etán	125	kezdeti pont
1,1-diklór-etilén	75	
1,2-trans-diklór-etilén	75	
1-naftilamin	15	50
2,2-bipiridin	16/20	50
Ammónia-N	200	50
Benzol	500	
Benzidin-dihidro-klorid	20-100	50
Benzocaine	>100	50
Benzil-amin	>100	50
Széntetraklorid	50	
Klórbenzol	100	
Kloroform	18	75
Dimetil-glioxim	>100	50
Dimetil-ftalát	100	
Dodecilamin	<1	50
Etilén-diamin	17	50
Hexametil-diamin	85	50
Monoetanolamin	>100	50
Metil-amin	<1	50
Metil-tiouronium-szulfát	10	50
Szkatol	10	50
Natrium-dimetil-ditio-karbamát	20	50
Natrium-ciklopentametilén-tiokarbamát	20	50
Guanidin-karbonát	20	50
Allilalkohol	20	50
Benzil-tiouronium-klorid	20-100	50
Diguanidin	20-100	50
Allil-tiokarbamid	1	50
Tioacetamid	1	50
Ditio-oxamid	1	50
Merkapto-benzotiazol	1	50
N-metil-alanin	1	50
Naftalin	50	
(Naftiletilén-diamin)-dihidroklorid	23	50
Ninhidrin	>100	50
p-Amino-propiofenon	43	50
p-Nitro-anilin	31	50
p-Nitro-benzaldehid	87	50
p-Fenilazo-anilin	72	50
Fenol	3	30
Tanninsav	>100	50
Toluol	350	kezdeti pont
Trietil-amin	127	50

Vegyület	Inhibíciós koncentráció [oldott mg/l]	Aktivitás csökkenés [%]
Cink	0,08-0,5	
Réz	0,005-0,5	kezdeti pont
Cianid	0,34	kezdeti pont
Króm (VI)	0,25	kezdeti pont
Ólom	0,5	kezdeti pont
Higany	1	kezdeti pont
Kinolin	10	50
p-Benzokinon	10	50
Tetrametil-tiuram-tiokarbamát	20	50
Piridin	20	50
Krezolok	20	50
Cetil-trimetil-ammónium	20	50
Tetrametil-tiuram-diszulfid	20-100	50
Hidrazin	20-100	50
8-hidroxi-kinolin	20-100	50
Diallil-éter	20-100	50
Széndiszulfid	20-100	50
Dicián-diamid	>100	50
Sztrichnin-hidroklorid	>100	50
Kalium-tiocianát	300	50
EDTA (etilén-diamin-tetraacetát)	350	50
(N-metil-alanin)-hidroklorid	550	50
Cetil-piridinium-klorid	20-100	50
Natrium-azid	20-100	50
Diklorofen	20-100	50
(Trimetil-amin)-hidroklorid	>100	50
2,4,6-tribromo-fenol	>100	50
Metilénkék	100	50
Streptomycin	400	50

3.11. táblázat: A nitrifikációt gátló anyagok.

Nitrifikáció ill. denitrifikáció általában központi szennyvíztelepeken valósul meg. A denitrifikáció tekintetében fontos korlátozó tényező az oxidált N vegyületek aránya a BOI-hoz. Kétféle folyamat elrendezés szokásos:

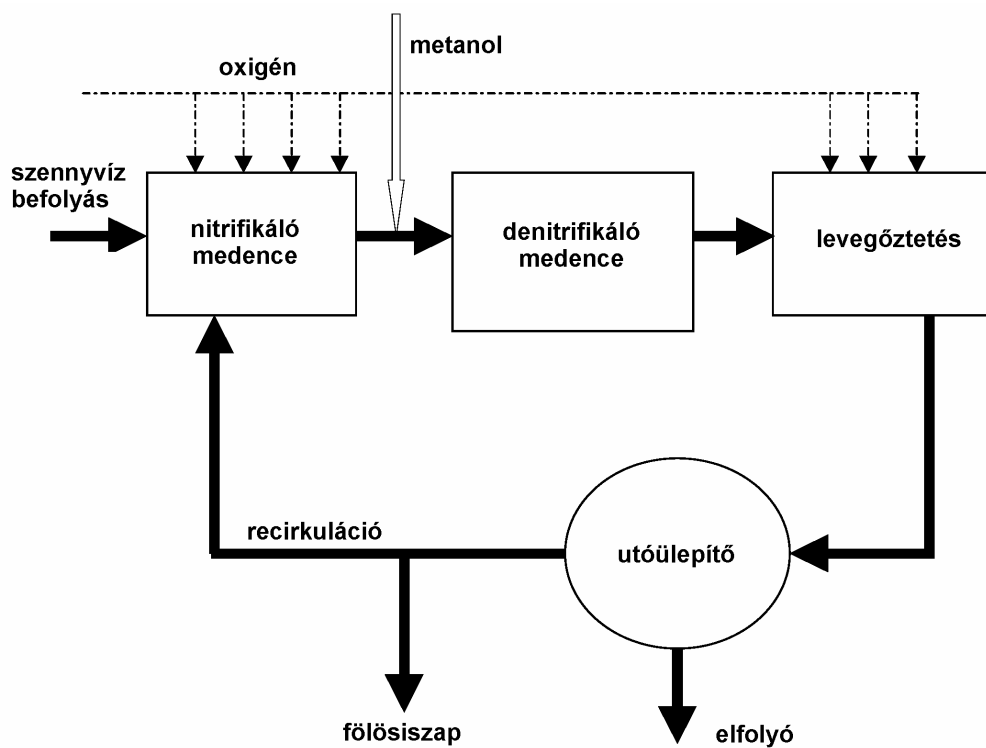
- a nitrifikáció a levegőztetett kezelőtérben zajlik, amikor szükséges lehet a későbbi un.utódenitrifikáció érdekében könnyen bontható szervesanyag, pl. metanol adagolása
- elődenitrifikálás esetén a BOI-ban gazdag nyers szennyvíz elegendő szervesanyagot biztosít, az aerob (nitrifikáló) lépés ezután következik, ahonnan a nitrátban dús elfolyó nagyobb hányadát recirkuláltatják az elődenitrifikáló elé. (3.37 ábra).

Amennyiben egyes különválasztott technológiai szennyvízáramokat kell kezelni, jobb ha ezt nem a központi telepen végzik.

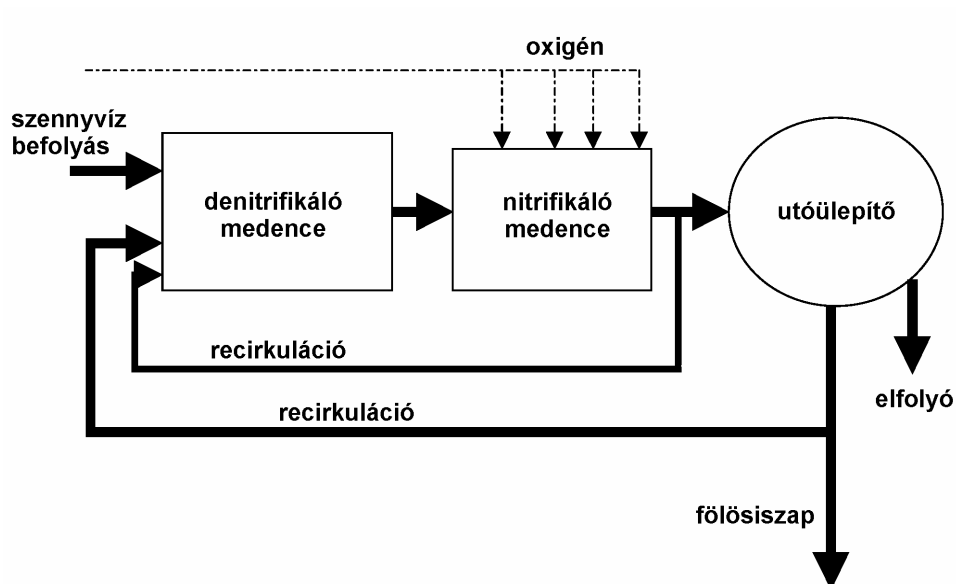
A nitrifikáció/denitrifikáció részfolyamatai utólag is kialakíthatók meglévő szennyvíztelepek teljesítménynövelésekor az alábbi megoldásokkal:

- válaszfalak beépítése a medencékbe
- recirulációs vezetékek kiépítése nitrátdús áramok visszavezetésére

- meglévő medenceterek újrahaznosítása (N eltávolítás céljára)
- ülepitőterek kihasználása
- a folyamatirányítás átalakítása.



3.36 . ábra: Nitrifikáció-(utó)denitrifikáció folyamatábrája.



3. 37. ábra: Elődenitrifikációval működő biológiai tisztítótelep

Alkalmazás

Nitrifikáló/denitrifikáló rendszerek (főleg aminok és ammónium formájú) N tartalmú szennyvizek kezelésére különösen fontosak az élővizekben nagyobb pH értékek mellett előforduló és halpusztulást okozható ammónia szennyezések elkerülésére.

Alkalmazásának korlátai és határai:

	Határok / megszorítások
Hőmérséklet	>12-15 °C, alacsonyabb hőmérséklet fékezi a nitrifikáló baktériumok szaporodását
Toxikus anyagok	bizonyos vegyületek inhibítorként hatnak (lásd 3.11. táblázat)
BOI/N arány	a 12:1 nagyságrendjében ¹
TOC/N arány	a 10:1 nagyságrendjében ¹
Klorid koncentráció	> 5g/l ¹
¹ [cww/tm/160]	

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> A N tartalmú vegyületek hatékony eltávolítása Az eljárás beépíthető a meglévő biológiai fokozatba pl. a közp. Szvitzisztítóba (CWTP) A meglévő telepek könnyen kiegészíthetők 	<ul style="list-style-type: none"> Az működés érzékeny a pH, hőmérséklet, inhibítorok (lásd 3.11. táblázat), szennyvíz összetevők változására Gázok emissziója a levegőbe

Az elérhető szennyezőkoncentrációk tipikusan 10-20 mg/l [cww/tm/160], ill. eltávolítási hatások 70-80 %-os [cww/tm/128] – mindkettő összes szerves N tartalommal megadva.

A **közegek közötti szennyezés** áttérjedés tekintetében az illó/bűzös anyagok légkörbe jutása említendő, ha a N eltávolítás központi szennyvíztelepen valósul meg – ezért egyéb emissziók elkerülése miatt is megfontolandó a műtárgyak fedése, ill. a távozó gázáramok külön kezelése.

3.3.4.3.5 Központi biológiai szennyvíztisztító

Fő része az aerob biológiai tisztítómű (3.3.4.3.3. fejezet) amely köré épülnek az elő- és utókezelő létesítmények.

Általában részei:

- kiegyenlítő medencék (esetleg telepen kívül)
- bekeverőegység, ahol a semlegesítő és pelyhesítő vegyszereket adagolják és keverik be (leggyakrabban mésztej és/vagy ásványi savak, vasszulfát stb.) szükség esetén zárt kivitelben, a távozó gázok kezelésével
- előüleptető, ahol a pelyhes(ített) lebegőanyagokat elválasztják (zárt kivitel, gáztisztítással)
- eleveniszapos egység, amelynek részei: levegőztető medence, betáplálásnál tápoldat adagolás (zárt, gáztisztítás) vagy zárt pl. toronybiológiai kialakítású tartályegység
- nitrifikáló/denitrifikáló ill. foszforeltávolító egység szükség szerint

- közbülső ülepitő, ha két fokozatú a biológiai rendszer – ebben az esetben a második fokozat kisterhelésű
- utóülepitő iszaprecirkulációs rendszerrel és fölösiszap elvétellel
- esetleges mechanikai utókezelés homokszűrővel
- esetleges utókezelő a bomlásnak ellenálló KOI frakcióra (pl. elárasztott állóágyas biológiai l. 3.3.4.3.3. pont)
- esetleges további előtisztítás és utóülepitő után pl. (oldott) levegős flotálás (l. 3.3.4.1.3)
- esetleges egyéb, és iszapkezelő egységek, mint:
 - iszaprohasztó (l. 3.4.2)
 - iszapsűrítő (l. 3.4.1)
 - iszapvíztelenítő (l. 3.4.1.)
 - iszapégetőmű (l. 3.4.3.)
- véggáztisztítók, amelyek lehetnek:
 - granulált aktívszén adszorberék (l. 3.5.1.3.)
 - termikus, vagy katalikus oxidáló (l. 3.5.2.4. és 3.5.2.5.)
 - fáklya (l. 3.5.2.6.)

Példakénti összeállításukat a 3.38. ábra mutatja [cww/tm/81].

Alkalmazás

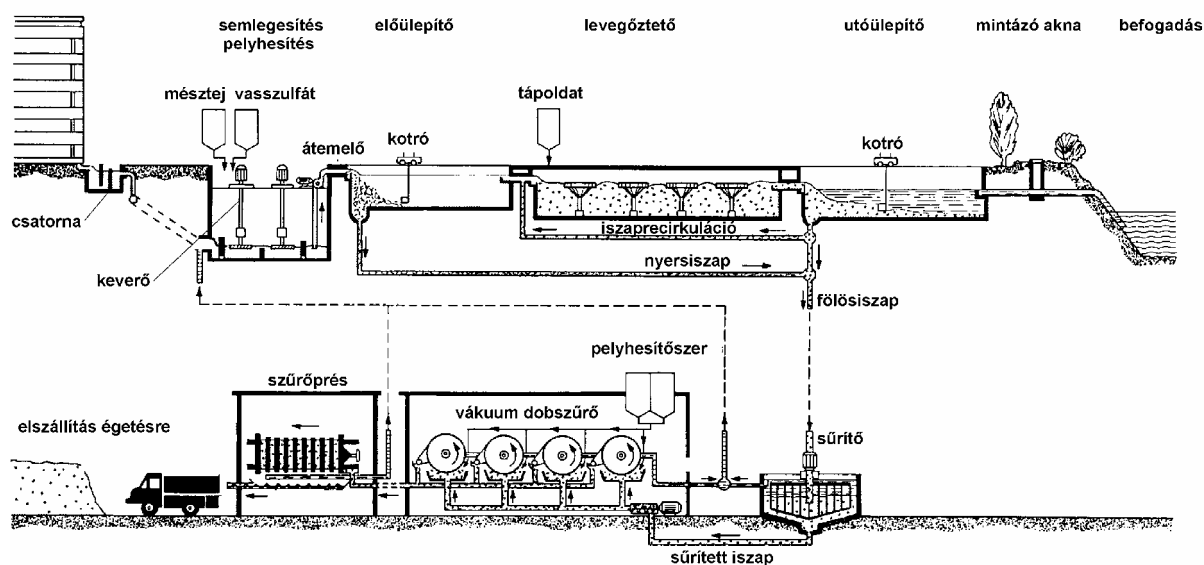
Általában többféle szennyezőt tartalmazó szennyvizekre alkalmazzák, ha szerves vegyi anyagok feldolgozásából ebbe biológiailag lebomló komponensek kerülnek.

A fenti felsorolás szerinti összeállításban kétféle szennyező eltávolítására alkalmas:

- lebegőanyagok
- lebontható (oldott) anyagok.

Ha ezektől eltérő anyagokat is el kell távolítani, akkor a központi telep előtti előkezelés (l. 3.3.4.2) szükséges. Ha a biológiailag bontható anyagok koncentrációja különösen nagy, szintén előkezelés szükséges (l. 3.3.4.3.1. és 3.3.4.3.4. pontok).

Az alkalmazás korlátai és határai megegyeznek a 3.3.4.3.3. és 3.3.4.3.4. pontok szerintiakkal.



3.38. ábra: Központi szennyvíztisztítómű tipikus összeállítása (mechanikai, biológiai, kémiai)

Megjegyzés: Magyarországon vákumdobszűrő alkalmazása nem terjedt el, szűrőprést is csak különleges esetekben használnak.

Előnyök és hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Nagy mennyiségű szennyvíz kezelhető A szinergetikus hatások javítják a hatékonyságot Más eljárásokhoz képest (aktív szén adszorpció, égetés, nedves oxidáció) jó energiahatékonyság. Az energiát többnyire fenntartható folyamatok szolgáltatják (mikroorganizmusok metabolizmusa levegővel és vízzel) A lebontás során általában kevésbé ártalmas vegyületek képződnek (a gyógy- és növényvédőszer gyártásban ismertek olyan kivételek, melyeknél a lebontott termékek új vegyületekké reagálnak) 	<ul style="list-style-type: none"> A biológiai folyamatokat szennyezőanyagok és túl magas (>35 °C) vagy túl alacsony (<12 °C) hőmérséklet gátolhatja Nagy mennyiségű fölös szap keletkezik A levegőztetés során illó komponensek kihajtása megtörténhet, gyakran bűz ill. aeroszol kibocsátást eredményezve.

Az elérhető szennyezőkoncentrációk/hatásfokok

A biológiai tisztítás fontos teljesítményjellemzője a BOI eltávolítás, míg a KOI csökkenését befolyásolják az előkezelés lépései és a nehezen bontható szervesanyag-tartalom. Mivel a lebomlásnak ellenálló, KOI-t adó komponensek kezelését lehetőleg nem a biológiai tisztítótelepen kell megoldani célszerű az alábbi táblázatban az eltávolítási hatások értékeit összefoglalni:

Jellemző	Hatékonyság [%]	Kibocsátott koncentráció [mg/l]	Megjegyzés
TSS		10 ⁴	
BOI	97-99,5 ^{1,4}	7-10 ⁴	
	99-99,8		anaerob előtisztítás
KOI (TOC) ^a	60-98 ^{1,2,4}		98% oxigénnel
	95-97		anaerob előtisztítás
AOX		<1 ⁴	
Össz. szerves N	70-80 ³	10-20 ⁴	
Fenol	>99 ⁵		szennyvíz 2200 m ³ /d, befolyó: 30 mg/l fenol
T _F		2-3 ^{b 6}	Német mérések (kiugró értékek 24-ig) ^c
T _D		2-4 ^{b 6}	Német mérések (kiugró értékek 768-ig) ^c
T _A		1-16 ^{b 6}	Német mérések (kiugró értékek 1024-ig) ^c

T_L		2-12 ^{b 6}	Német mérések ^c (kiugró értékek 1024-ig)
T_M		1,5 ^b	Német mérések ^c

^a Feltéve, hogy korábban a maradék KOI-t eltávolítják
^b Dimenziómentes számok
^c a nagyobb érték 90 percentil
¹ [cww/tm/132]
² [cww/tm/105]
³ [cww/tm/128]
⁴ [cww/tm/160]
⁵ [cww/tm/96]
⁶ [cww/tm/162, 165]

A környezeti elemek közötti szennyezés

Az aerob eljárás e tekintetében 2 anyagárammal jellemezhető.

- oxigénbevitel és hatásai
- fölös iszapképződés

Az **oxigénbevitel** egyrészt nagy energiaigényt jelent, és illó/bűzös anyagok atmoszférikus szennyezésként jelentkező kihajtását okozza, az alábbi intézkedéseket teheti szükségessé:

- medencék befedésével és a távozó levegő külön kezelésével (aktívszénszűrő, égetés, biofilter, vagy nedves gázmosás)

Különösen intenzív bűz, illóanyag és aeroszol kibocsátó egységek a vegyszerbekeverő előüleptető és a levegőztető medence.

A zajártalmak ellen szükséges intézkedés egyes gépek pl. szivattyúk zárttéri üzemeltetése.

Fajlagos anyagfelhasználási adatok

Pelyhesítőszerként vasszulfát: 300-500 kg/t KOI, ha iszapvíztelenítésre is használják [cww/tm/96] (Magyarországon rendkívül ritka) egyébként 0,5-1,9 kg /t KOI [cww/tm/105].

Tápanyagként foszforsav 23-42 kg/t KOI [cww/tm/96], ill. 3-5 kg/t KOI [cww/tm/105].

Megjegyzés: gyakran N tartalmú tápsóoldat is szükséges.

Energia: 9,5 kWh/m³ iszapégetéssel együtt [cww/tm/96] 0,7-4 kWh/m³ [cww/tm/105], ill. 0,1 kWh/LE [cww/tm/128].

A tisztítás melléktermékeként jelentkező iszap mennyisége rendkívül változó 34-2000 kg szárazanyag/t eltávolított KOI tartományban van, a gyakoribb értékek pedig 250-720 kg/t között.

3.3.4.4 Csapadék – és tűzvíz kezelés

Nagyon fontos ipartelepek ilyen eredetű vizeinek sorsát, ill. kezelését szabályozni. E célból az ipartelep csatornahálózatát megosztani kétféle terület között:

- gyártóterületek, amelyek főleg:
 - szabadtéri gyártóegységek
 - tárolótartály telepek
 - épületek, ahonnan szennyvízkifolyás lehetséges

- közlekedési és egyéb területek:
 - utak
 - irodaépületek
 - épületek, ahol szennyvízfolyás nem lehetséges
 - parkolóhelyek.

A gyártóterületről származó csapadékvíz, ill. tűzvizet célszerű aknában a helyszínen vagy központi tárolókban gyűjteni, ahol mintázhatók és eldönthető, hogy a befogadóba vagy szennyvíztelepre vezetendők. Tűzvíz esetén tűzterjedésvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni. A közlekedési területekről elvezetendő vizeknél külön műtárggyal biztosítani:

- a befogadó védelmet nagy felületekről érkező záporvíz hidraulikai lökésétől
- szárazidőszakban lerakódott lebegőanyagok elválasztást
- utakon és parkolókban véletlenül kiömlött folyadékok befogadóba távozásának elkerülését.

A műtárgyak esővíz vagy zápor első frakciójának hosszú szárazidő utáni első esőnek átmeneti tárolását oldják meg, esetleg több fokozatú tárolással.

3.3.4.4.1 Tározó tavak

Rendeleteretésük az esővíz tárolása, miközben lehetőség van fizikai, kémiai vagy biológiai beavatkozásra egyes szennyezők eltávolítása érdekében. Általában feltöltött állapotúak, a frissen érkező esővíz kiszorítja a korábban tároltat (és kezeltet). Méretük a szükséges tárolási idő alapján határozható meg. Egyes esetekben entrofizálódhatnak. Időszakos üledékeltávolítás szükséges.

A befogadóba megfelelő kitorkolló műtárggyal csatlakoznak, amely egyrészt biztosítja a tározó állandó vízszintjét és óvják a kiömlő keresztmetszetet az eldugulástól. Esetleges üzemanyagkiömlések hatását enyhítendő a tározótavak felszerelhetők olajleválasztóval (ütköztetési csepp egyesítő vagy más kivitel).

Alkalmazás

Rendeleteretésük esővíz hidraulikai lökésének mérséklése és lebegő szennyezésének eltávolítása, amely lehet üledék, szervesanyag, de tartalmazhat oldott fémvegyületeket és tápanyagokat is. Kis felszíni szennyezettségű ipartelepek esetén adhat jó megoldást.

Előnye: Kishozamú befogadónál, csökkenti az áradás, ill. parti erózió veszélyét.

Hátránya: csak zápor elejét tározó terek hatékonysága kicsi.

Szennyezés csökkentő hatása a tartózkodási időtől és a szennyező komponens fajtájától függ; hatékony ha ülepítéssel ez megoldható; ezen kívül bizonyos mértékű biológiai bontó hatás is érvényesül.

Elemek közötti szennyezés

Az üledék elhelyezéséről gondoskodni kell. Könnyen bomló szennyezések bűzhatást okozhatnak.

Üzemellenőrzés [cww/tm/77] fő feladatuk jó működés fenntartása érdekében.

- nagy darabos szennyezések eltávolítása
- ellenőrizni a kitorollási helyet erózió vagy állatok odatelepülése tekintetében
- észlelt parthibák javítása
- rendes üledék – és állatfészek eltávolítás
- kitoroklás környékéről fák eltávolítása.

Felügyelete havi kb. 3 munkaórát igényel.

3.3.4.4.2 *Homok szűrőágyak*

Fő alkalmazásuk lebegőanyag, foszfátszennyező eltávolítása csóvízből. Klasszikus kivitele mellett rugalmasan alakítható a helyigényekhez. Időszakos öblítése szükséges a visszatartott szennyezések eltávolítására.

Általában kétrekeszes kivitelűek, azaz:

- ülepítőterükben felúszó és nehéz részecskéket elválasztanak.
- szűrőágyrészben finom lebegőanyag visszatartást biztosítanak.

Kiviteli változatra példák:

- felületi homokágy
- földalatti boltozatos ágy
- kézzónás szűrőágy
- kötöltetű homokágy
- tözegtöltetű homokágy.

Alkalmazása olyan kis felületi szennyezésű iparterületeken történik, ahol tározó tó kialakítására nincs elég hely.

Előnyei: nagy, 80-83 %-os lebegőanyag eltávolító hatás [cww/tm/77], kis helyigény.

Hátrányai: oldott anyagok eltávolítására hatástalan.

Elemek közötti szennyezés elkerülésére a visszaöblítésből származó iszap elhelyezése megoldandó.

Üzemellenőrzési feladat a rendszeres ellenőrzés szükség szerinti ágyanyag csere.

3.4 *Szennyvíziszap kezelési eljárások*

A legtöbb szennyvízkezelési eljárás a szennyvíz mennyiségétől és a tisztítási eljárástól függő mennyiségű, konzisztenciájú és összetételű szennyvíziszapot eredményez. Ez rendszerint egy folyadék, vagy egy félig-szilárd folyadék 0,25-12 súlyszázalék szilárd anyag tartalommal [cww/tm/4], és főleg a szennyvízből eltávolított szennyező anyagokat tartalmazza. Egy biológiai SZVT-ből származó fölösiszap főként a lebontási termékekből és a nehézfém szennyezőkben feldúsult mikrobiotömegből áll.

A kezeletlen iszap nem alkalmas sem a kiengedésre, sem a tárolásra, mert

- annak a szennyezőanyagok károsak a levegőre, megakadályozva a lerakást

- annak a szennyezőanyagai károsak a vízkészleteinkre, megakadályozva ezzel a folyóba engedésüket
- a nagyon nagy víztartalma égetésre alkalmatlanná teszi.

A vegyipari szennyvizekből származó iszap általában nem alkalmas mezőgazdasági célokra, de ez országonként eltérhet. Egy kritikus szempont az iszap nehézfém-tartalma, az AOX/EOX értéke és más konok, rosszul bomló iszap komponensek koncentrációja.

A SZVT iszapok kezelési műveletei:

- előkezelések (ebben a kötetben nincs róla szó), mint:
 - aprítás
 - elegyítés vagy keverés
 - tárolás
 - homokmentesítés
- iszapsűrítés (lásd 3.4.1. Fejezet), mint
 - gravitációs sűrítés
 - centrifugális sűrítés
 - flotációs sűrítés (DAF)
 - gravitációs szalagsűrítés
 - forgó dob sűrítés
- iszap stabilizálás (lásd 3.4.2. Fejezet), mint
 - kémiai stabilizálás (mész)
 - termikus stabilizálás
 - anaerob rothasztás
 - aerob stabilizálás
 - kettős iszap stabilizálás
- iszapkondicionálás (lásd 3.4.2. Fejezet), mint
 - kémiai kondicionálás
 - termikus kondicionálás
- iszap víztelenítés (lásd 3.4.1. Fejezet), mint
 - centrifugális
 - szalagszűrőprés
 - nyomószűrők
- szárítás (lásd 3.4.3. Fejezet), mint
 - dobszárító
 - porlasztva szárító
 - expanziós pillanat szárító
 - bepárlás
 - emeletes kevert (etázs) szárító
- termikus iszapoxidáció (lásd 3.4.3. Fejezet), mint
 - fluid ágyas égető
 - nedves levegős oxidáció
 - mélyaknás oxidáció
 - égetés más (pl. szilárd) hulladékokkal együtt.
- Lerakás (terület feltöltés iszappal) (ebben a jegyzetben nincs róla szó).

A kezelési technológiák és elhelyezési módok a fentiekből történő választások egyszerű sorozatai, vagy a választások kombinációi lehetnek. A fenti lista fokozatos iszaptérfogat redukciót követ és nem jelent minden esetben egy sorrendet. Meg kell említeni, hogy a műveleti lépések sorrendje lehet egy szigorúan követendő, vagy a helyi körülményekhez igazodó.

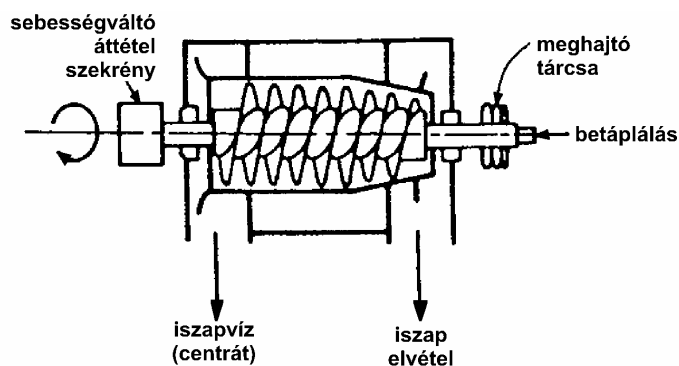
3.4.1 Iszap sűrítés és víztelenítés

Leírás

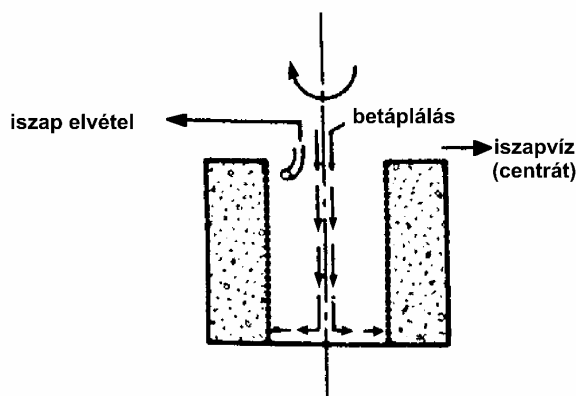
Az iszap sűrítés és víztelenítés során növelik az iszap szárazanyag tartalmát, és eltávolítják a vizes fázis egy részét. Az eljárások előnye, hogy töredékére (kb. ötödére vagy még ennél is kisebb részére) csökkentik az iszap térfogatát, megkönnyítve ezzel a további kezelési műveleteket, mivel csökken a további kezelő-berendezések mérete és kapacitása. A két eljárás csak a víztávolítás mértékében különbözik.

Az általában alkalmazott eljárások a következők:

- gravitációs sűrítés vagy ülepítés ülepítő medencében
- centrifugális sűrítés (mint a víztelenítésnél is) ideális magas szilárdanyag-tartalom elérésére, dobcentrifugaként, vagy perforált dobos centrifugaként (3.39 Ábrán bemutatva) működtetve.



(a)



(b)

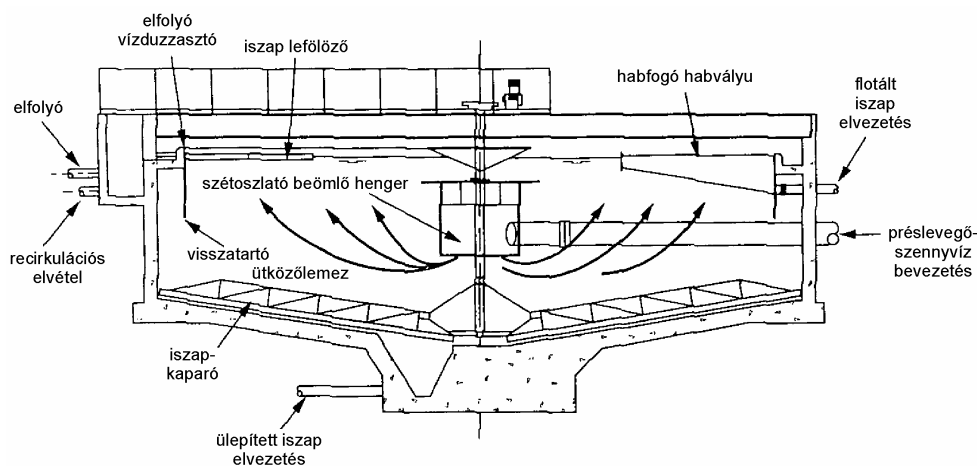
3.39. ábra Centrifugális iszapsűrítő

(a) dobcentrifuga, (b.) perforált dobos centrifuga

- flotációs sűrítés, 3.40. Ábrán bemutatott DAF berendezést használva

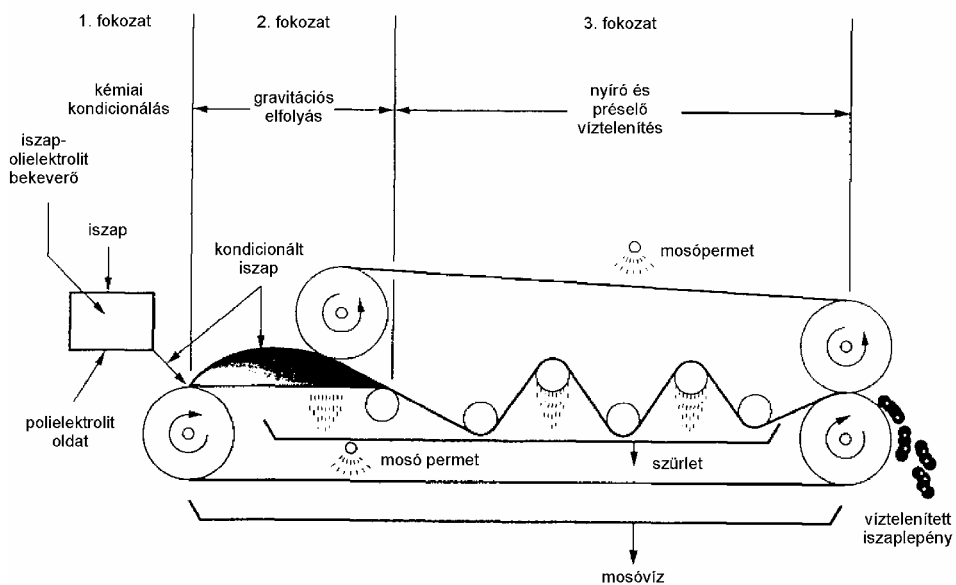
Megjegyzés: Magyarországon szinte egyáltalán nem alkalmazzák

- gravitációs szalagsűrítő, amely egy megvezető görgőkön, gravitációs térben mozgó végtelenített szűrőszalag, az egyik végén elhelyezett fogadó tartályból a szalagra adagolják a kondicionált iszapot, amelyet vibráltatnak, és egy pengesorozattal felszaggatnak, miközben a szabad víztartalom átmegy a szalagszűrőn.
- forgó dobsűrítő, amely egy iszap kondicionáló részből – polimer adagoló és forgó hengeres szita, ahol a nyers iszap és a polimer összekeveredik – és azt követő forgó dobszítákból áll, amelyben a kondicionált iszapot elválasztják a víztől



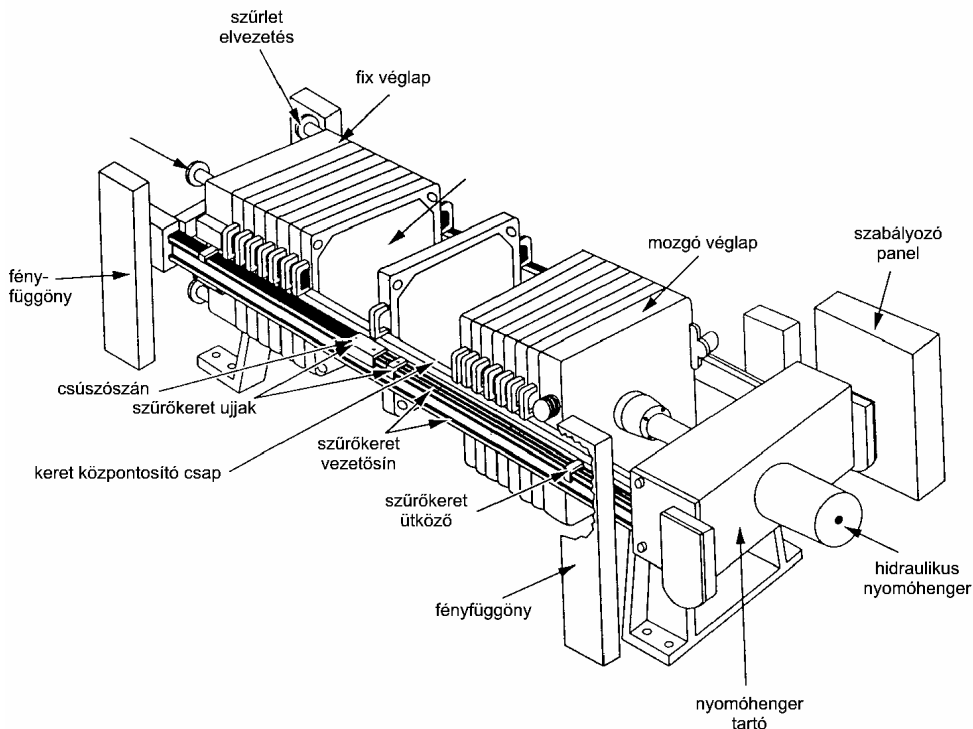
3.40. ábra Flotációs (DAF) sűrítő

- víztelenítő szalagszűrőprés, ahol a kondicionált iszapot a szalag gravitációs szivárgási szakaszára engedik, ahol további sűrítés történik, vagyis az iszaptól kicsorgó vizet elvezetik, a műveletet vákuum segítségével javítják, egyben a szaghatást is csökkentik, majd a szivárgási szakaszt követő kis-nyomású szakaszban nyomást alkalmaznak, ahol az iszapot a pórusos szalagszűrő felületek között összesajtolják, további vizet eltávolítva belőle (lásd 3.41. ábra)



3.41. ábra Szalagszűrőprés

- víztelenítő keretes szűrőprés, ahol a szilárd/folyadék szétválasztás nagy nyomáson (0,7-1,5 MPa) [cww/tm/4] történik, az iszapot párhuzamosan elhelyezett szűrővásznon sorozaton préselik át, miközben a szilárd részek mint iszaplepleny a szűrővásznon visszamaradnak, az átment szűrletet pedig a szennyvíz kezelő telepre vezetik vissza (lásd 3.42. ábra).



3.42. ábra Keretes szűrőprés

Alkalmazás

A különböző eljárások és azok alkalmazhatósága a megfelelő iszapok esetében:

Gravitációs	Centrifugális	Flotálás(DAF)	Gravitációs szalagszűrő	Forgó dobszűrő
kezeletlen nyers iszap főlösizap kevertiszap (nyers és főlösizap keveréke)	főlösizap, flokkulálószer és polielektrolit adagolás szükséges	főlösizap kevert iszap, polielektrolit adagolás szükséges	főlösizap 2 %-nál kisebb lebegőanyag tartalommal	főlösizap

Szalagszűrőprés	Nyomószűrő
az összes iszaptípusra, flokkulálószer és polielektrolit adagolás szükséges	az összes iszaptípusra, flokkulálószer és polielektrolit szükséges akkor használják, amikor alacsony lebegőanyag tartalmú szűrlet szükséges

Előnyei és hátrányai:

Előnyei	Hátrányai
<u>Gravitációs Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> Kezeletlen nyers iszappal nagyon jó eredmények A gravitációs sűrítő a kis telepeken általában kielégítő eredményeket ad és az iszap koncentráció 4-6 % közötti Alacsony villamos energia szükséglet 	<u>Gravitációs Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> Nagy telepeknél éppen a határon mozgó eredmények Főlösizapra kismértékű sűrítés
<u>Centrifugális Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> Kielégítő száraz iszap előállítás és a nehezen szűrhető szilárd anyagok hatásos megfogása Viszonylag kicsi helyigény más víztelenítő rendszerekhez képest Egyszerű üzemelés Minimális szagprobléma 	<u>Centrifugális Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> A víztelenített iszap egységnyi mennyiségére vonatkoztatott nagy energiafogyasztás A víztelenítő rendszerek közül a legalacsonyabb szárazanyag tartalmú iszaplepenyt állítja elő Rezgések és zaj generálása Szakképzett üzemeltető személyzet szükséges
<u>DAF Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> Jó hatékonyság a biológiai iszapok esetén 	<u>DAF Sűrítés:</u> <ul style="list-style-type: none"> Fagyveszély lehetséges (a levegő fűvókák eldugulnak)
<u>Gravitációs Szalagszűrő:</u> <ul style="list-style-type: none"> Jó eredmények a nyers és rothasztott iszapokra 	
<u>Forgódob Sűrítő:</u> <ul style="list-style-type: none"> Kevés karbantartás, energia és helyigény szükséges 	
<u>Szalagszűrőprések:</u> <ul style="list-style-type: none"> Magas víztelenítési határfok Egyszerű kezelés 	<u>Szalagszűrőprések:</u> <ul style="list-style-type: none"> Hidraulikus korlátok Nagyon érzékeny a betáplált iszap tulajdonságaira A szűrőközeg más víztelenítő berendezésekhez viszonyított rövid élettartama
<u>Nyomószűrők:</u> <ul style="list-style-type: none"> Nagy víztelenítési határfok és alacsony 	<u>Nyomószűrők:</u> <ul style="list-style-type: none"> Szakaszos működés

lebegőanyag koncentráció a szűrletben	<ul style="list-style-type: none"> • Speciális igények az épület szerkezetre, padló felületre, személyzet szakértelmére vonatkozóan • Korlátozott szűrővászon élettartam
---------------------------------------	--

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Eljárás	Iszap koncentráció [%]	Lebegőanyag eltávolítási hatásfok [%]	Megjegyzések
Gravitációs sűrítés	2–10 ^{1,2}	80–92 ¹	az iszap minőségétől függ
Centrifugális sűrítés	3–8 ¹	80–98 ¹	
Centrifugális víztelenítés	10–35 ^{1,2}	85–98 ¹	vegyszerekkel
DAF sűrítés	2–10 ²	80–98 ¹	
Gravitációs szalagsűrítés	4–6 ²		
Forgó dobbal történő sűrítés	3–4 ¹		
	15–30 ^{1,2}	90–98 ¹	vákuummal
Víztelenítés szalagszűrőpréssel	15–30 ^{1,2}	85–98 ¹	vegyszerekkel
Víztelenítés nyomószűrővel	20–50 ¹	90–98 ¹	vegyszerekkel
¹ [cww/tm/4]			
² [cww/tm/128]			

Közegek közötti keresztszennyezés

Az iszap sűrítés és víztelenítés az iszapok olyan előkezelési eljárásai, amelyekkel könnyebben kezelhető iszapot kapunk a további műveletekhez, ami lehet egy befejező kezelés, vagy pedig műszaki lerakóban történő elhelyezés. A vizes elfolyó (ledekantált rész, vagy szűrlet) visszakerül a SZVT-re.

A zaj és szag szinteket ellenőrizni kell, a berendezések lefedésével pedig csökkenteni.

Az anyag – és energia-igény a következő:

Felhasznált anyag – energia	Mennyiség	Megjegyzések
Kondicionáló vegyszerek	0-4 kg polielektrolit / tonna szárazanyag ¹	merev centrifuga dob
	1-3 kg polielektrolit / tonna szárazanyag ¹	centrifuga kosár
	2-5 kg polielektrolit / tonna szárazanyag ¹	DAF
	3-7 kg polielektrolit / tonna szárazanyag ¹	gravitációs szalag
Mosóvíz		a szűrő kimosására
Villamos energia	2-6	merev centrifuga dob
	2-3	szalagszűrőprés
	4-5	nyomószűrő
¹ [cww/tm/4]		

Szabályozás

A sűrítésnél jelentkező zavarok vizuálisan megelőzhetőek. A belépő iszap és annak konzisztenciája a távozó iszapvíz zavarosságának gyakori mérésével ellenőrizendő. A felúszó iszap megjelenését detektálni kell, hogy annak a sűrítóból történő eltávozását megakadályozzuk.

Amikor sérülékenyebb eszközt, pl. szövetszűrőt alkalmazunk, a betáplálást ellenőrizni kell, hogy megakadályozzuk túlméretes, vagy egyéb szempontból kritikus szilárd anyagok belépését.

Gazdaságosság

Eljárás	Költségek	
	Beruházási	Üzemelési
Gravitációs sűrítés	BEF 15 millió ^{a 1}	BEF 8400/m ³ ^{a 1}
Centrifugális sűrítés		6-8000 BEF/tonna száraz anyag ¹
DAF sűrítés	BEF 40 millió ^{a 1} BEF 4 millió ^{b 1}	
Gravitációs szalagsűrítő		
Forgó dob sűrítő		6-8000 BEF/tonna száraz anyag ¹
Víztelenítés szalagszűrőpréssel		6-8000 BEF/tonna száraz anyag ¹
Víztelenítés nyomószűrővel		7-10000 BEF/tonna száraz anyag ¹
^a 100 m ³ /h kapacitás ^b 100 m ³ /d kapacitás ¹ [cww/tm/128]		

3.4.2 Stabilizálás és kondicionálás

Leírás

A szennyvíz iszap **stabilizálása** olyan kezelési művelet [cww/tm/132], amely

- csökkenti vagy eltávolítja a kellemetlen szagú összetevőket
- csökkenti az iszap biológiailag lebontható mennyiségét
- javítja a víztelenítést
- csökkenti a patogén mikroorganizmusokat
- csökkenti vagy megszünteti a berothadás lehetőségét

A stabilizálás lehetséges megoldásai [cww/tm/132]:

- kémiai stabilizálás, főleg mésztejet használva; lehet előkezelés pl. víztelenítés előtt, vagy mint utókezelés víztelenítés után; 12 fölé emelve a pH-t elpusztulnak a patogének is.
- termikus stabilizálás, az iszap 260 C-ig történő felfűtésével nyomástartó edényben és a nyomás 2,8 MPa – ra emelésével kb. 30 percig, mint kondicionálási művelet is használatos
- aerob rothasztás, egy tartályban végezve – hasonlóan az aerob eleveniszapos szennyvíztisztításhoz – levegővel vagy tiszta oxigénnel és megfelelő keveréssel, az iszap szervesanyag mennyiségének 75-80 %-os csökkentésével [cww/tm/4]; az eljárás nem kevert iszapoknál nagyon előnyös
- anaerob rothasztás, egy tartályban, levegő kizárása mellett vagy mezofil (30-38 C), vagy termofil (49-57 C) körülmények között végezve, egy éghető, alacsony fűtőértékű (kb. 25 MJ/Nm³) gázelegyet (65-70 % metán, 25-30 % széndioxid, kis mennyiségű nitrogén, hidrogén, kénhidrogén, stb.) eredményezve.
- kettős iszapstabilizálás, egy felfelé áramló aerob termofil és egy lefelé áramló anaerob mezofil rothasztás kombinációja.

Az iszap **kondicionálás** célja, hogy javítsuk az iszap sűrítési és/vagy víztelenítési tulajdonságait. Kondicionálási lehetőségek:

- kémiai kondicionálás, vasklorid, mész, alumíniumsó, szerves polimerek (koaguláló – flokkulációszerk) használatával
- termikus kondicionálás, az iszap felmelegítése egy nyomásálló edényben 60-80 °C-ra (alacsony hőmérsékletű kondicionálás) vagy 1-2,5 MPa nyomáson 180-230 °C-ra (magas hőmérsékletű kondicionálás).

Alkalmazás

A stabilizálást és kondicionálást szerves anyagokat tartalmazó, sűrítésre és/vagy víztelenítésre kerülő iszapok esetében alkalmazzák. A különböző módszerek alkalmazhatósága a specifikus helyi körülményektől függ, pl.:

- rothasztók számára elegendő hely
- elegendő energia, különösen a termikus módszereknél
- a keletkezett iszap mennyisége
- néhány nagytelepre alkalmas módszer

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<p><u>Kémiai stabilizálás kondicionálás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Különleges technológiai elvárások nélküli standard eljárás • Hatékony módszer a folyásmenti szűrés javítására (kondicionálás) és a szagképző anyagok és patogének csökkentésére 	<p><u>Kémiai stabilizálás kondicionálás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagymértékű szilárdanyag-tartalom növekedés (kivéve polielektrolitos kondicionálás)
<p><u>Termikus stabilizálás és kondicionálás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Csak korlátozott helyigény • Hatékony kezelés vegyszer hozzáadagolása 	<p><u>Termikus stabilizálás és kondicionálás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Más eljárásokhoz képest magas beruházási költségek

<p>nélkül, mind javítja az iszap vízteleníthetőségét, mind elpusztítja a patogén kórokozókat</p> <ul style="list-style-type: none"> • A legalkalmasabb az olyan biológiai iszapok esetében, amelyek más módszerekkel nehezen lennének stabilizálhatók és kondicionálhatók 	<ul style="list-style-type: none"> • Magas energiaigény • Szagképző anyagok felszabadulása egy fontos költségnövelő tényező
<p><u>Aerob rothasztás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Viszonylag magas szervesanyag eltávolítás az anaerob rothasztással összehasonlítva • Szagtalan, humusz-szerű, biológiailag stabil termék • Viszonylag egyszerű működés • Az anaerob rothasztóhoz képest alacsonyabb beruházási költség 	<p><u>Aerob rothasztás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Magas energiaigény a keverés, levegőztetés vagy oxigén ellátás miatt • A rothasztott iszap mechanikai víztelenítési tulajdonságai nem jók • A folyamatot jelentősen befolyásolja a hőmérséklet, az elhelyezés és a tartály anyaga
<p><u>Anaerob rothasztás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A termelt gáz felhasználható kezelés, pl. száraz vagy nedves mosás után, mint égetési folyamatok tüzelőanyaga • Vegyszerek adagolása nélküli hatékony módszer • A hosszú tartózkodási idő miatt hatékony iszap feltáródás 	<p><u>Anaerob rothasztás:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagy helyigény miatt kis telepeknél költséges

Közegek közötti keresztzennyezés

A kémiai stabilizálás és kondicionálás a polimerrel történő kondicionálás kivételével megnöveli az iszap szilárdanyag tartalmát. Mivel a meszes stabilizálás nem roncsolja el a bakteriális növekedéshez szükséges szerves anyagokat, az iszapkezelésnél a meszet feleslegben kell alkalmazni, vagy még a pH drasztikus lecsökkenése előtt az iszapról megfelelően gondoskodni kell. A felhasznált mész mennyisége 1,5-szeres is lehet ahhoz a mennyiséghez képest, amelynek a hozzáadása szükséges a kezdeti pH = 12 eléréséhez [cww/tm/4].

Az iszapstabilizáláshoz szükséges mész mennyiségeket részletezi a 3.12. táblázat [cww/tm/4], míg a szükséges polielektrolit mennyiségeket a 3.13. táblázat mutatja [cww/tm/4].

Iszap	Szilárdanyag tartalom [%]	Mész adagolás ^a [kg mész/kg szárazanyag]
Nyers iszap	3–6	120–340
Fölősiszap	1–5	420–860
Aerob rothasztott kevert iszap	6–7	280–500
Szippantott iszap	1–4.5	180–1020

^a 12-es pH 30 percen át történő tartásához szükséges mész mennyisége

3.12. táblázat Iszapstabilizáláshoz szükséges tipikus mész mennyiségek

Iszap	kg szilárd polielektrolit/tonna szilárdanyag		
	Vákuum dobszűrő	Szalagszűrőprés	Dekanter centrifuga
Nyers iszap	1–5	1–4	0.5–2.5
Nyers és fölősiszap	5–10	2–8	2–5
Nyers és ívszita iszap	1.3–2.5	2–8	-
Fölősiszap	7.5–15	4–10	5–8
Anaerob rothasztott nyers iszap	3.5–7	2–5	3–5
Anaerob rothasztott nyers és levegőztetett fölősiszap	1.5–8.5	1.5–8.5	2–5
Aerob rothasztott nyers és levegőztetett fölősiszap	7.5–10	2–8	-

3.13. táblázat A különböző iszapfajtáknál és iszap-víztelenítési módszereknél alkalmazott polielektrolit mennyiségek

Az aerob iszaprothasztás fő kiadása a szükséges levegő, vagy oxigén biztosítása, amelyik kb. 2,3 kg oxigén / 1 kg lebontott szilárd szervesanyag

Az anaerob rothasztás éghető gázt eredményez, amelyet tüzelésre használhatunk, de a kénhidrogén tartalma miatt előtte tisztítani kell. A megfelelő gáztisztítási eljárás a száraz vagy a nedves gáztisztítás. Nagyobb telepek esetében kazánok és belső égésű motorok tüzelőanyagaként használhatjuk.

A termikus stabilizálás és kondicionálás energiaigényes folyamat, a körülmények szabják meg érdemes-e alkalmazni. A folyamat alatt szagot eredményező anyagok keletkeznek, vagy felszabadulhatnak, amelyeket csökkenteni kell.

Gazdaságosság

Eljárás	Költség	
	Beruházási	Üzemelési
Vegyszeres stabilizálás		
Termikus stabilizálás/kondicionálás		
Anaerob rothasztás		
Kémiai kondicionálás		

3.4.3 Termikus iszapcsökkentés

Leírás

A termikus iszapcsökkentés folyamata két részre osztható:

- szárítás, a víztartalom csökkentése annak elpárologtatásával
- a szárított iszap oxidációja,

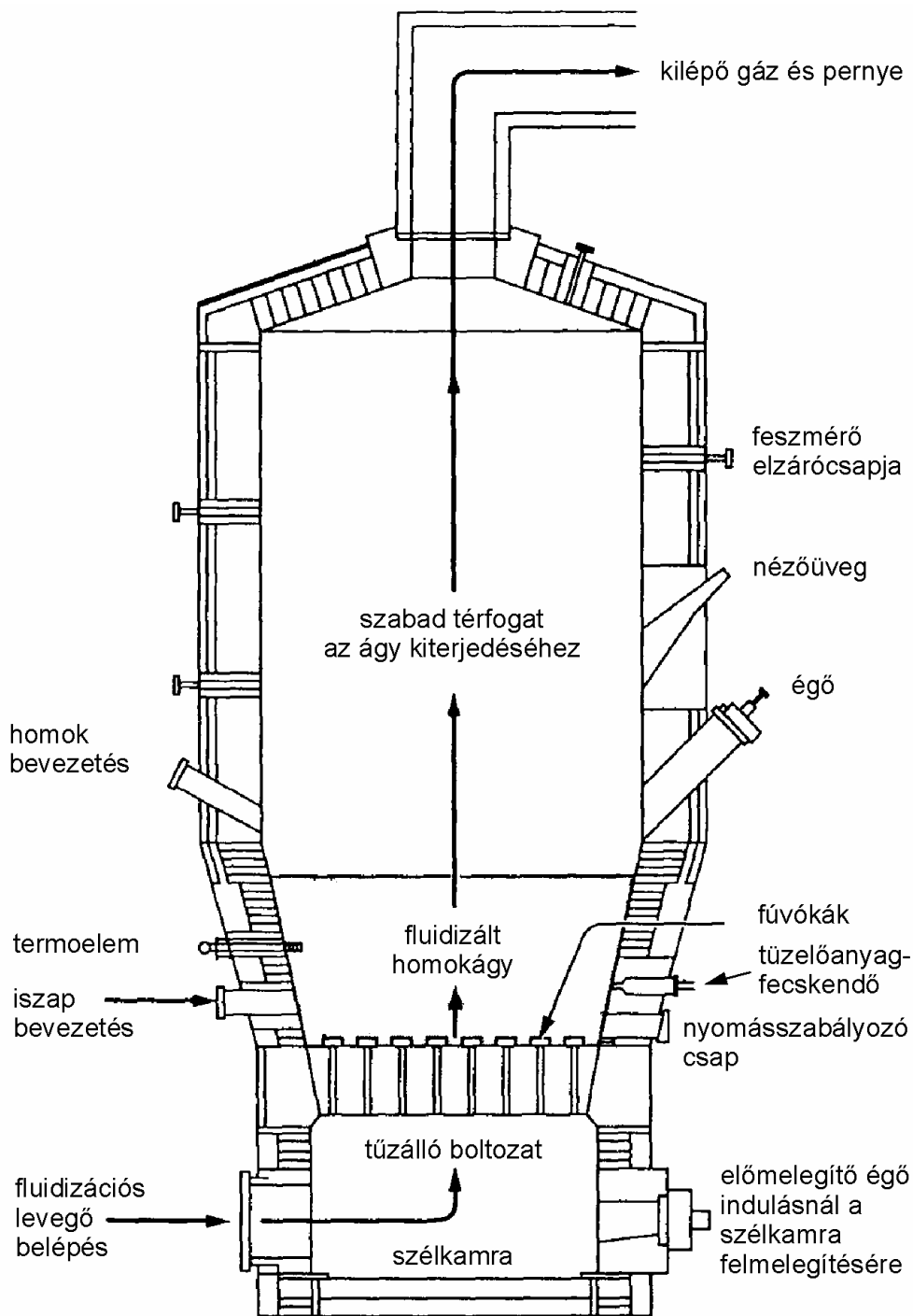
Az általában használatos szárító berendezések:

- forgó dobszárítók
- porlasztva szárítók
- expanziós pillanat szárítók
- elpárolgotatók
- emeletes kevert (etázs) szárítók

Az iszapszárítást követő oxidáció a szilárd szerves anyagtartalmat oxidált végtermékekké, elsősorban gáz állapotban elvezetett széndioxiddá és vízgőzzé alakítja, a szerves szilárd anyag nagy részét kisebb térfogatúvá csökkenti. A termikus kezelésnek alávetett iszapok rendszerint víztelenített és kezeletlen, pl. nem stabilizált iszapok. Az iszapstabilizálás, mint pl. az anaerob rothasztás csökkenti az iszap illékony anyagtartalmát és ennek következtében nő a szükséges segéd tüzelőanyag mennyisége. Egy kivétel az égetés előtti hőstabilizálás. A hőkezelt iszapok nagyon jól vízteleníthetőek, az iszap égetése önfenntartóvá válik [cww/tm/4].

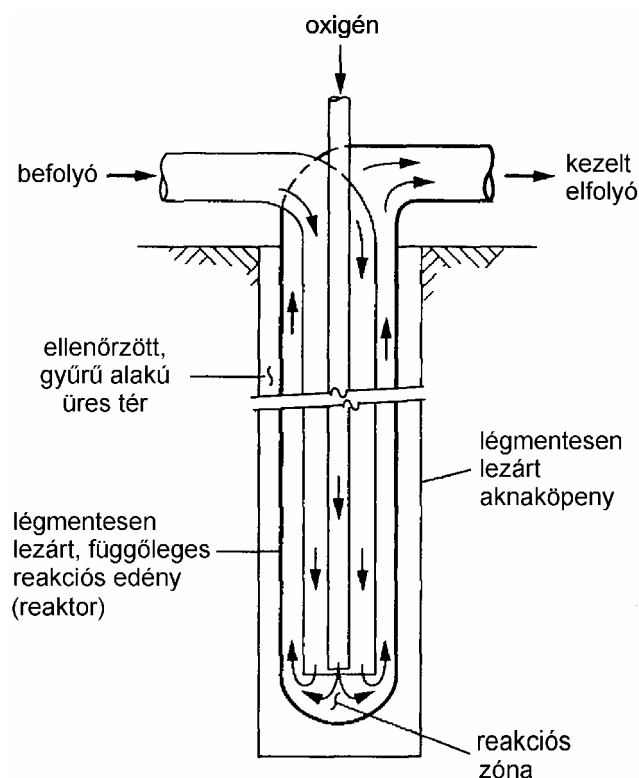
A termikus iszapoxidáció (vagy égetés) technikai megoldásai:

- fluidizációs égető (lásd 3.43. ábra) egy hengeres acél kazánköpenyből áll, amely homokágyat és levegő befúvó-nyílásokat tartalmaz; a homokágyat 20-35 kPa nyomású levegővel fluidizált állapotban tartjuk, a hőmérsékletét pedig 760-820 °C között biztosítjuk [cww/tm/4]; ha a működés folyamatos, vagy csak rövididejű leállásokkal kell számolnunk, akkor segéd tüzelőanyagra az újraindulásnál nincs szükség [cww/tm/4].



3.43. ábra Fluidágyas égető-berendezés

- nedves levegős oxidáció, az eljárást a 3.3.4.2.4. Fejezetben már közöltük, kezeletlen iszapokra alkalmazzák, 175-315 °C hőmérséklet tartományban, 20 MPa-nál nagyobb nyomáson; gázok, folyadék és hamu hagyja el a reaktort, a gázok energiatermelésre használhatók.
- mélyaknás oxidáció (lásd 3.44. ábra), a mélyaknában elhelyezkedő, folyékony iszapot befogadó, nyomás és hőfok kontrollált csőreaktorban az iszapáramba oxigént vagy levegőt injektálnak kb. 290 °C hőmérsékleten, 10-14 MPa (hidrosztatikus nyomás) közötti fenéknomás tartományban; ez a nedves levegős oxidáció egy speciális alkalmazása.



3.44. ábra Mélyaknás oxidációs reaktor

- égetés más hulladékkal, költségcsökkentő a hasonló berendezés használata miatt, és a hulladékégetés hője előnyös az iszap előmelegítésére, víztartalmának elpárologtatására.

Valamennyi eljárás esetében szükség van a keletkező gázok és folyadékok további kezelésére.

Alkalmazás

A termikus iszapcsökkentés a vegyi üzemek területén nem szükségszerűen alkalmazott eljárás. Általában csak a nagymennyiségű iszapot termelő telepeknél jöhet szóba, mások megbízást adhatnak az iszapjuk megsemmisítésére. Mivel az üzemeléshez szakértő személyzet szükséges, a beruházási és fenntartási költségek megfontolandóak és a termelt hőből származó nyereség általában lényeges, ezért csak a nagyobb telepek esetében – vagy ahol megfelelő berendezések találhatók – alkalmazzák.

A más hulladékkal történő együttes égetés ott kifizetődő, ahol már létező hulladékégető működik, vagy ahol annak elkészítését tervezik.

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<p><u>Égetés:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Az iszap szervesanyag tartalmának hatékony lebontása 	<p><u>Égetés:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A bonyolult folyamat szakképzett személyzetet kíván • Segédenergia hozzáadása szükséges • Gázkomponensek és szag emissziója
<p><u>Égetés más hulladékkal:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A víz elpárologtatás és az iszap begyulladásának hőjét segéd tüzelőanyag felhasználása nélkül az szilárd iszap égetése biztosítja 	<p><u>Égetés más hulladékkal:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Magas PCDD/PCDF és nehézfém kibocsátáshoz vezethet, ha az égetés körülményeit és a füstgáztisztítási rendszert nem a keverékhez illesztik (elsődleges mérések a dioxin csökkentésre, másodlagos mérések mind a dioxinok, mind a nehézfémek csökkentésére)
<p><u>Levegővel történő nedves oxidáció:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamat termikusan önfenntartóként tervezhető, az energia visszanyerése néha elegendő 	<p><u>Levegővel történő nedves oxidáció:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagy ionerősségű recirkulációs folyadék termelése • A bonyolult folyamat szakképzett kezelőszemélyzetet kíván
<p><u>Mélyaknás reaktor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kis helyigény • Magas lebegőanyag és szervesanyag eltávolítási hatásfok • A folyamat teljesen exoterm • Alacsony szag vagy kellemetlen levegő kibocsátás 	<p><u>Mélyaknás reaktor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • A folyamat irányításához szakképzett személyzet szükséges

Közegek közötti keresztszennyezés

A termikus iszapcsökkentés által okozott fő környezeti szennyezés a folyamat által termelt gáz és folyadék emisszió.

A fluid ágyas égetőkből származó gázemisszió szilárd anyagból (szálló por, hamu, pernye, korom), nitrogénoxidokból, savas gázokból, szénhidrogénekből, nehézfémekből áll, az iszap és a segéd tüzelőanyag összetételétől függően. Nedves elnyelési eljárásokat (részletesebben a 3.5.1.4. Fejezetben) használnak a légszennyezés csökkentésére. A nedves mosó elhasznált vizes mosófolyadék tartalmazza a szuszpendált szilárd anyagokat, és az oldott hulladék gázokat, ezért szennyvíztisztítóba vezetik. A levegőbe kerülő és a mosófolyadékkal kibocsátott emissziós értékeknek meg kell felelni a hulladékégetés 2000/76/EC szabályzatának [cww/tm/155] II, IV és V Függelékének.

A fluidizációs tüzelésnél a reaktor alján nem gyülik össze a száraz salak, ill. hamu, hanem a véggázokkal együtt távozik.

A nedves levegős oxidációnál gázok, folyadék és hamu hagyja el a reaktort. A folyadék és hamu hőcserélőbe vezetve előmelegíti a betáplált iszapot, a gázokat egy

ciklonban elválasztják a folyadék cseppektől, azután a szabadba engedik. Nagyobb berendezések esetében gazdaságos lehet a gázok turbinákon keresztüli expandáltatása energia visszanyerés céljából [cww/tm/4]. A folyadékfázist a szilárd anyagtól elválasztva ülepítő vagy tisztító tartályba vezetik. A recirkuláltatott folyadék jelentős szerves anyag tartalommal rendelkezik. Tipikus KOI tartomány 10-15 g/l.

A mélyaknás oxidáció egymást követő gáz-folyadék és szilárd-folyadék elválasztással, mint a felülúszó utókezelésével jár. Ezek a kezelések az iszap KOI értékét >80 %-al csökkentik [cww/tm/4].

A termikus iszapcsökkentés energiaigénye nagymértékben függ az iszap fűtőértékétől, így az iszap víztartalmától és a száraz iszap égéshőjétől.

Szabályozás

Az égetési folyamat (kemence) általában folyamatvezérlő és monitoring rendszerrel van ellátva, úgymint:

- térfogatáram mérések
- hőmérsékletmérések
- nyomásmérések
- összetétel vizsgálatok.

A szabályozó mechanizmus biztosítja, hogy az égési zóna specifikált hőmérséklete ne változzon, és a füstgáz oxigén felesleg koncentrációja megfeleljen. Az optimális tartózkodási idő, a légfelesleg és hőmérséklet biztosításával teljes kiégés biztosított.

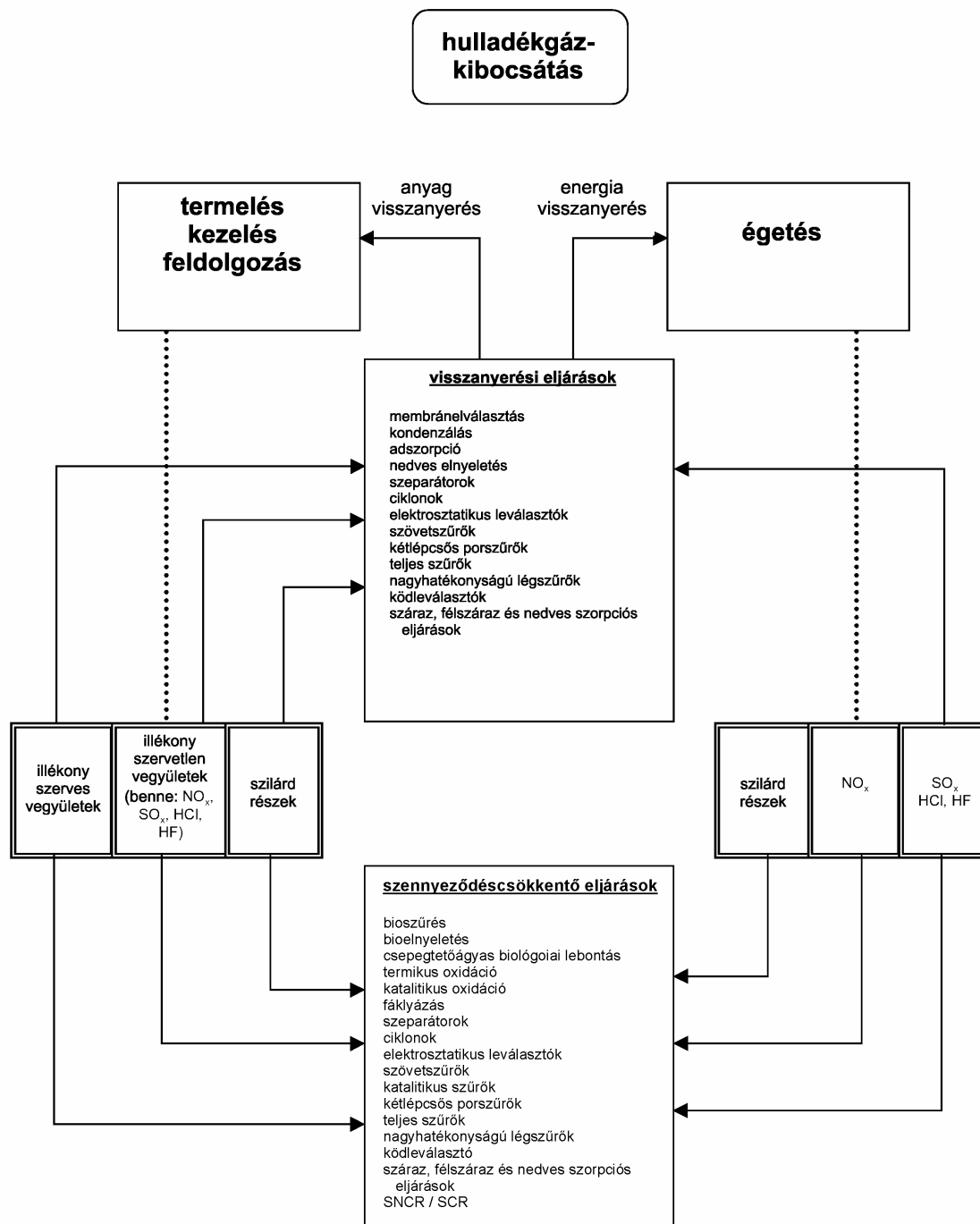
Továbbá a hulladékégetés 2000/76/EC Irányelv 10. és 11. cikkelyeinek és III Függelékének előírásait betartva kell ellenőrizni az égetést.

Gazdaságosság

Eljárás	Beruházási költség	Üzemelési költség
Fludizációs égető		
Levegővel történő nedves oxidáció		
Mélyaknás oxidáció		
Égetés más hulladékkal		

3.5 Hulladékgáz kezelési eljárások

A hulladékgáz kezelési eljárásokat az alábbiakban foglalták össze a szennyvízkezelési eljárások összefoglalásához hasonlóan. A szennyezőanyag és a tipikus kezelési eljárás közötti összefüggés, amint azt az 1.3.2.2. Fejezetben tárgyalták, a 3.45. Ábrán van bemutatva.



3.45. ábra Hulladékgáz kezelési eljárások tartománya a szennyező anyagok típusával kapcsolatosan.

A kezelést igénylő hulladék gázok forrásai:

- "normál" hőmérsékleten lejátszódó folyamatok, olyan gyártási, kezelési vagy kialakítási folyamatok, amelyek fő szennyezői:
 - illékony szerves anyagok, mint oldószerek
 - szervesetlen vegyületek, mint hidrogén-halogenidok, ammónia, szénmonoxid
 - részecskék por alakban
- égetési folyamatok, főbb szennyezőkkel:
 - részecskék pernye és por alakban, kormot és fémoxidokat adszorbeálva
 - füstgázok, mint szénmonoxid, hidrogén-halogenidok, kénoxidok (SO_x), nitrózusgázok (NO_x).

Növekszik a kezelt hulladékgáz mennyisége ott, ahol:

- a hulladékgázt újrahasznosítják és vagy visszavezetik az eredeti folyamatba, vagy másik folyamatban használják fel, mint nyersanyagot vagy energiahordozót, vagy
- a szennyezéseket csökkentik.

Az általában gazdaságosan újrahasznosítható lehetséges vegyületek:

- VOC, oldószergőzőkből, vagy alacsony forrponú termékek gőzeiből visszanyerve
- VOC, amit égetőkben vagy kazánokban energiahordozóként használnak
- sósavoldattá alakított sósavgáz
- ammónia visszavezetve a gyártási folyamatba
- kéndioxid, amelyet kénsavvá, kénké vagy gipsszé alakítanak
- nyers vagy végtermékek nagyobb mennyiségben jelenlévő pora.

A kezelési eljárások – a 3.45. Ábrát követve – négy csoportba sorolhatóak:

- VOC és szervesetlen vegyületek újrahasznosítási eljárásai:
 - membrán elválasztás (lásd 3.5.1.1. Fejezet)
 - kondenzáltatás (lásd 3.5.1.2. Fejezet)
 - adszorpció (lásd 3.5.1.3. Fejezet)
 - nedves gáznyeletés (lásd 3.5.1.4. Fejezet)
- VOC és szervesetlen vegyületek csökkentési eljárásai:
 - bioszűrés (lásd 3.5.2.1. Fejezet)
 - biológiai gáznyeletés (lásd 3.5.2.2. Fejezet)
 - csepegtetőtestes gáztisztítás (lásd 3.5.2.3. Fejezet)
 - termikus oxidáció (lásd 3.5.2.4. Fejezet)
 - katalitikus oxidáció (lásd 3.5.2.5. Fejezet)
 - fáklyázás (lásd 3.5.2.6. Fejezet)
- szilárd részecskék újrahasznosítási és csökkentési eljárásai:
 - szeparátor (lásd 3.5.3.1. Fejezet)
 - ciklon (lásd 3.5.3.2. Fejezet)
 - elektrosztatikus porleválasztó (lásd 3.5.3.3. Fejezet)

- nedves mosó (lásd 3.5.3.4. Fejezet)
 - szövetszűrő, beleértve kerámiaszűrőt is (lásd 3.5.3.5. Fejezet)
 - katalitikus szűrő (lásd 3.5.3.6. Fejezet)
 - két lépcsős porszűrő (lásd 3.5.3.7. Fejezet)
 - abszolút filter (HEPA filter) (lásd 3.5.3.8. Fejezet)
 - nagyhatékonyságú légszűrő (HEAF) (lásd 3.5.3.9. Fejezet)
 - ködleválasztó (lásd 3.5.3.10. Fejezet)
- égetési véggázok újrahasznosítási és csökkentési eljárásai:
 - száraz szorbens injektálás (lásd 3.5.4.1. Fejezet)
 - fél-száraz szorbens injektálás (lásd 3.5.4.1. Fejezet)
 - nedves szorbens injektálás (lásd 3.5.4.1. Fejezet)
 - NO_x szelektív nem katalitikus redukciója (SNCR) (lásd 3.5.4.2. Fejezet)
 - NO_x szelektív katalitikus redukciója (SCR) (lásd 3.5.4.2. Fejezet)

A kezelési eljárások többsége nem osztályozható, mint újrahasznosító vagy csökkentő eljárás, mert a szennyezők újrahasznosítása függ a kapcsolódó elválasztási lépcső alkalmazásától.

A felsorolt eljárások némelyike egyedi művelet és/vagy eljárás, másokat másodlagos előkezelési módszerként használnak, hogy elkerüljék a fő kezelő egységek károsodását, vagy éppenséggel előszűrőként, vagy mint végső simító lépcsőként használnak. Mások mindkettőként – fő és másodlagos technológiaként is – szóba jöhetnek. A vonatkozó példákat az egyes fejezetek tartalmazzák.

A hulladékgáz kezelési eljárások többsége további kezeléseket kíván meg a kilépő anyagokra, amely szennyvíz, vagy a folyamatban termelt hulladékgáz, és/vagy lerakandó szilárd hulladék. Ezeket a kibocsátásokat a megfelelő fejezetek tárgyalják.

3.5.1 Szervetlen és illékony szerves anyagok visszanyerésére szolgáló technikák

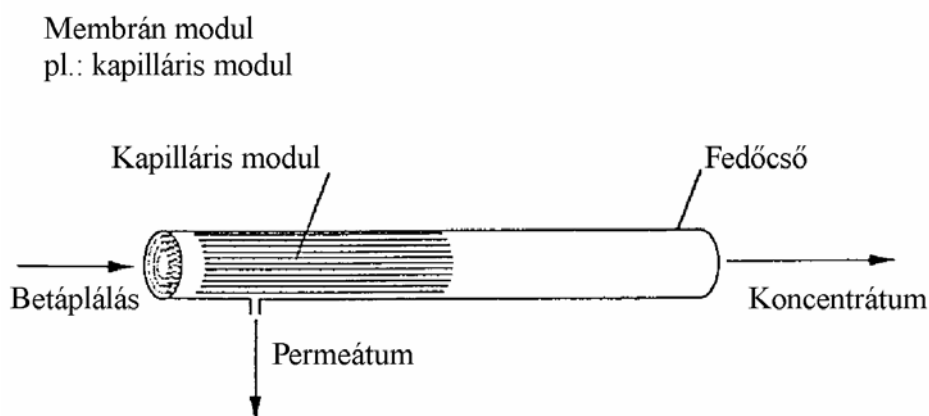
3.5.1.1 Membrán elválasztás

Leírás

Membrán elválasztás során azt a jelenséget használjuk ki, hogy a szerves anyagok gőzei különböző szelektivitással haladnak át egy membránon (permeáció). A szerves gőzök permeációs sebessége lényegesen, kb. 10-100-szor nagyobb [cww/tm/74], mint az oxigén, nitrogén hidrogén vagy széndioxid áthaladási sebessége. A hulladékgázt komprimálják, és ezt követően vezetik a membránra. A feldúsult permeátumot, vagyis

a membránon áthaladt anyagot, a membránművelet után további műveleteknek, pl. kondenzáció (3.5.1.2), adszorpció (3.5.1.3) vetjük alá azért, hogy a kívánt anyagokat visszanyerjük, vagy katalitikus oxidációval ártalmatlanítsuk (3.5.2.5). A membránművelet hatékonysága javul, ha a belépő gáz koncentrációja magas. A membránművelet után kibocsátásra kerülő levegőt szokás még további kiegészítő műveltekkel is kezelni, hogy annak összetétele megfeleljen a kibocsáthatósági előírásoknak [cww/tm/80].

A membránszeparátorokat modul rendszerben tervezik, pl. polimer rétegekből készült kapilláris modulok, 3.46 ábra [cww/tm/46]



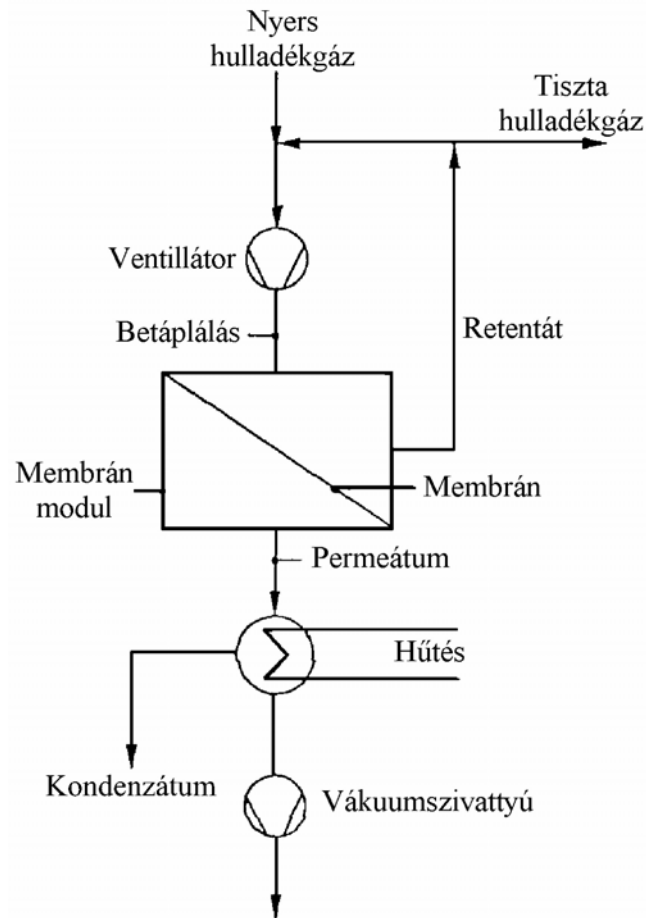
3.46 ábra, Egy tipikus membrán kapilláris modul

A membránszeparációs egység elemei: (3.47 ábra):

- membrán modul,
- kompresszor,
- visszanyerő egység (pl. kondenzátor, adszorber)
- ventilátor, csővezeték,
- esetleges második egység további kezelésre.

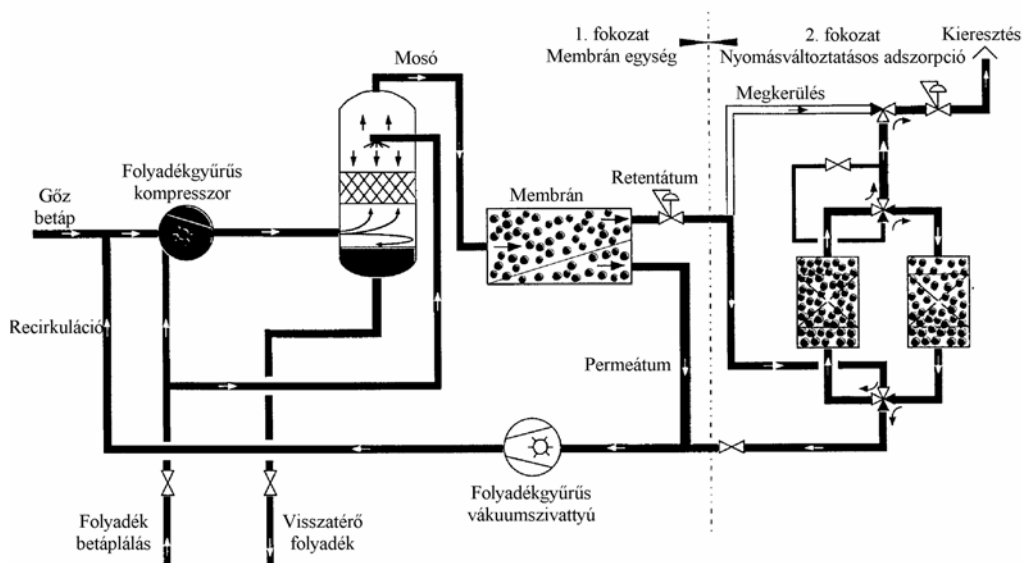
A membránszeparációhoz szükséges nyomáskülönbség (0,1-1 MPa) létrehozásához a rendszer a következőképpen üzemel: kompresszorral a betáplálási oldalon és/vagy vákuummal (kb. 0,2 kPa) a permeátum oldalán [cww/tm/64].

A membrán művelet során a levegőben lévő illékony szerves anyagok koncentrációja feldúsul és elérheti a robbanási küszöböt is, ezért a biztonságtechnikai előírásokra gondosan ügyelni kell.



3.47 ábra, Membránszeparációs egység sematikus rajza

A 3.48 ábra egy példát mutat be a gázvisszanyerésre, ahol a kibocsátott gázt a membrán modul után adszorpcióval tisztítjuk tovább a kibocsáthatóság határáig.



3.48 ábra, Membránszeparáció alkalmazása gázvisszanyerő egységben

Alkalmazások

Membránszeparációt alkalmazunk, pl. vegyiparban, petrokémiai iparban, finomítóknban, gyógyszeriparban oldószer- vagy finomítói szénhidrogén-gőzök visszanyerésére hulladékgázokból vagy levegőből.

Példák:

- olefin monomerek kinyerése poliolefin gyanták gázmentesítése utáni gázokból,
- vinil-klorid kinyerése PVC gyártás gázaiból,
- oldószer- vagy szénhidrogén gőzök kinyerése tartályok feltöltésekor azok páratereéből,
- szénhidrogének kinyerése olajipari gázokból,
- hidrogén kinyerése finomítói gázokból.

A visszanyerhető komponensek:

- alkánok,
- olefinek,
- aromások,
- klórozott szénhidrogének,
- alkoholok,
- éterek,
- ketonok,
- észterek.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Hulladékgáz áram	<ul style="list-style-type: none"> • függ a membrán felületétől, kapacitások: 2100-3000 Nm³/h tartományban ismertek
Hőmérséklet	<ul style="list-style-type: none"> • a hőmérséklet a membrán anyagától függ
Nyomás	<ul style="list-style-type: none"> • a membrán anyagától függ
Por	<ul style="list-style-type: none"> • a por tönkreteszi a membránt, ezért csak alacsony porkoncentráció engedhető meg,
Illékony szervesanyag koncentráció	<ul style="list-style-type: none"> • 90%-ig

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • anyagok visszanyerése lehetséges • egyszerű működés • nem keletkezik egyéb hulladék 	<ul style="list-style-type: none"> • további tisztítás szükséges egy második lépcsőben • robbanásveszélyes

Elérhető hatékonyságok

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Megjegyzés
Szénhidrogének	90-99	szénhidrogén visszanyerő egység, előkondenzáció
Illékony szerves szennyezések (ISS)	99,9-ig	ISS eltávolítás, elő- és utókondenzáció
cww/tm/84		

Általános környezeti hatás

Anyag	Mennyiség	Megjegyzés
Membrán anyaga		
Hűtőközeg		
Energia [kWh/1000Nm ³]	250	ventillációs elektromos energiával
Nyomásesés [MPa]	0,1-1	
cww/tm/64, cww/tm/70		

A membránszeparációt gyakran alkalmazzák további visszanyerési műveletek előtt a koncentráció növelésére, pl.:

- az utókondenzáció egyszerűsítésre, az illékony szerves szennyezések koncentráálásával magasabb lesz a harmatpont,
- égetéses ártalmatlanításnál a pót-fűtőanyag mennyiségének csökkentésére, az illékony szerves szennyezések koncentráálásával.

A membránszeparáció után az anyagokat általában recirkuláltatjuk, ezért nincs újabb hulladék, de a membránszeparáció utáni utólagos tisztítási műveletben keletkezhet hulladék, melynek jellege és mennyisége az alkalmazott technikától és a hulladékgáz összetételétől függ.

Monitoring

A membránszeparáció hatékonyságát a be- és kilépő illékony szerves szennyezések (ISS) összetételének folyamatos mérésével ellenőrizzük. Az ISS-t lángionizációs detektor alkalmazásával is mérhetjük mint összes szén. A robbanásveszély elkerülése érdekében fontos az ISS - oxigén arány mérése is.

Gazdaságosság

	Költség	Megjegyzés
Beruházási költség /1000 Nm ³ /h	300 000 EURO	egy 200 Nm ³ /h rendszer
Üzemelési költség munka energia	1500 EURO/év 60 000 EURO/év/1000Nm ³ /h	4 nap /év
[cww/tm/70]		

Költségbefolyásoló tényezők: hulladékgáz-áram, membrán technikai szervizelése. Bevételeként elszámolható a visszanyert ISS.

Az árak a feldolgozott hulladékgáz jellegétől, a visszanyerési céltól és tervezéstől függően változnak. A megtérülési idő a visszanyert anyag árából függ: négy hónap és egy év között változik, kedvező feltételek esetén [cww/tm/74]. Lehetséges azonban, hogy a beruházás egyáltalán nem térül meg. Más utóműveletekkel (pl. adszorpció, abszorpció) történő kombinálás javíthatja a gazdaságosságot az egylépéses membránszeparációhoz képest.

3.5.1.2 Kondenzáció

Leírás

A kondenzáció során úgy nyerjük ki a hulladékgázból a szerves oldószer-gőzöket, hogy a gázt harmatpontja alá hűtjük, és a szerves oldószer-gőzöket lekondenzáltatjuk.

Az üzemelési hőmérséklet-tartománytól függően különböző hűtési megoldások lehetségesek:

- hűtés kb. 25°C-os kondenzációs hőmérsékletre,
- hűtőközeges hűtés kb. 2°C-os kondenzációs hőmérsékletre,
- sósvizes hűtés kb. -10°C-os kondenzációs hőmérsékletre,
- ammóniás hűtés kb. -40°C-os (egylépéses hűtés), -60°C-os (kétlépéses hűtés), kondenzációs hőmérsékletre,
- kriogén hűtés, kb. -120°C-os kondenzációs hőmérsékletre, gyakorlatban -40 - -80°C között működik,
- zárt ciklusú hűtés inert gáz kondenzációjával.

A kondenzáció megvalósítható direkt (gáz és hűtőközeg direkt érintkeztetése) és indirekt (hőcserélőn át történő) hűtéssel. Mivel direkt kondenzációnál egy újabb egység szükséges a szeparációhoz, ezért inkább az indirekt hűtést részesítik előnyben. A kondenzáció kivitelezése az egyszerű egylépéses kondenzációtól a komplex multi-kondenzátorokig terjed azért, hogy a visszanyerés határfokát és energiahasznosítását maximalizáljuk.

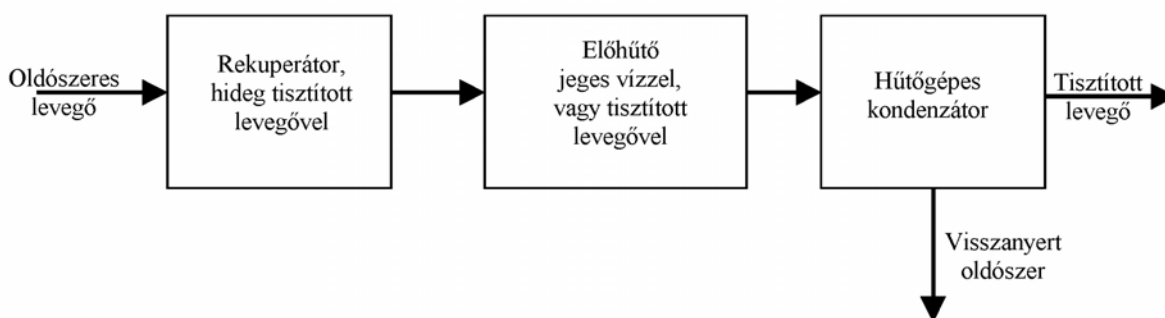
A zárt ciklusú, inert gáz kondenzációjával történő hűtést zárt rendszerekre tervezzük, ahol a kondenzációval eltávolítandó gázok koncentrációja magas. Az inert gáz többnyire nitrogén. Direkt hűtés esetén nitrogén-szerves oldószer szeparátor alkalmazása is szükséges [cww/tm/71].

A kondenzációs rendszerek felépítése a hűtőközegtől erősen függ:

1.) Indirekt hűtési megoldások folyadék-hűtési rendszerekre (kivételesen kriogén technikák):

a.) *hagyományos csöves hőcserélők* [cww/tm/71], ezek vizes vagy léghűtéses hőcserélők, melyek hatékonysága egy második lépcsővel növelhető, amelyben hűtőgéppel hűtött vízzel vagy sósvízzel hűtünk. Az ilyen kétlépcsős rendszer elemei (3.49 ábra):

- rekuperátor, a kilépő megtisztított hideg gáz (levegő) hidegenergiájának hasznosítására,
- előhűtő, hűtőgéppel lehűtött vízzel vagy hideg tisztított gázzal történő hűtéssel,
- fő kondenzátor, hűtőgéppel hűtött,
- ventilátorok, csővezetékek.



3.49 ábra, Kétlépcsős kondenzációs rendszer

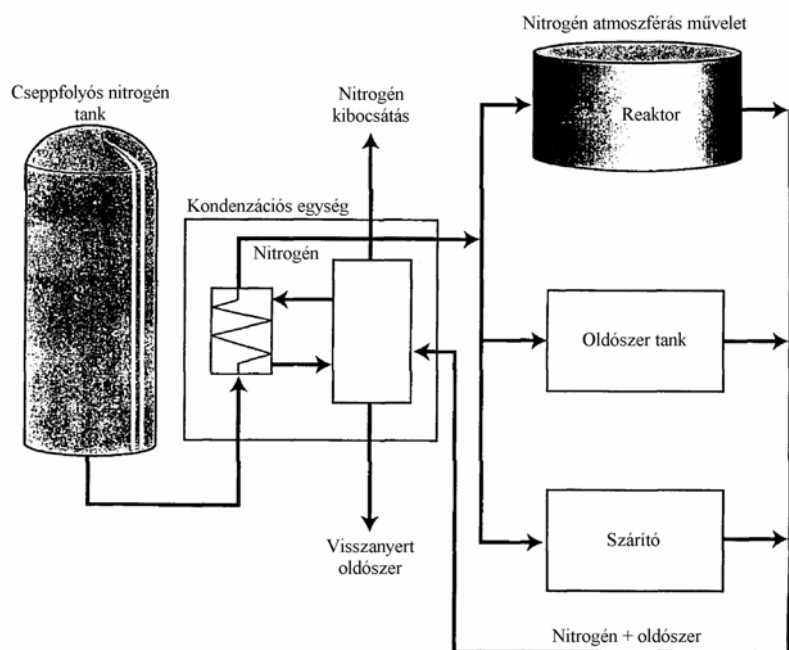
Lehetséges megoldás, ha magasabb hőmérsékleten történik a nem teljes kondenzáció, és a nem kondenzált szennyező gőzöket más műveletekkel, pl. adszorpcióval (3.5.1.3) távolítják el.

A ködképződés elkerülésére demiszterrel (ködeltávolító) ellátott sorbakötött kondenzátorokat alkalmaznak. A demiszterben lecsökken a gáz áramlási sebessége.

b.) *spirálos hőcserélő* [cww/tm/71], amely lényegében két, spirál alakban, koncentrikusan összehajtott hosszú fémcsíkból áll. A hűtőközeg a külső részen lép be, spirál alakban halad a hűtő közepe felé, ahol kilép a hőcserélőből. A hűtendő közeget alulról felfelé halad keresztáramban.

Hűtőtornyok és/vagy felületi vizek alkalmazása esetén a spirálos hőcserélő eltömődhet, amit vízkezeléssel és a hőcserélő átöblítéssel kerülnek el. Savas vagy lúgos komponens jelenléte esetén a recirkulációs rendszerbe savas vagy lúgos anyagokat adagolhatnak.

2.) Kriogén kondenzáció esetén a folyékony nitrogén elpárologtatásával hűtenek, hogy az illékony szerves anyag kondenzálódjék a kondenzátorban. Célszerű ezt a műveletet olyan esetekkel kombinálni, amelyekben nitrogént használunk fel inert atmoszféra biztosítására (blanketing). Ilyenkor, először az elpárologtatott nitrogén hűtési energiáját hasznosítják a szerves szennyeződések kondenzációjára, majd ezt követően használják fel a nitrogén gázt inert gázként különböző tárolótartályok légtérében az inert atmoszféra biztosítására. A 3.50 és 3.51 ábrák példákat mutatnak be ilyen megoldásokra.



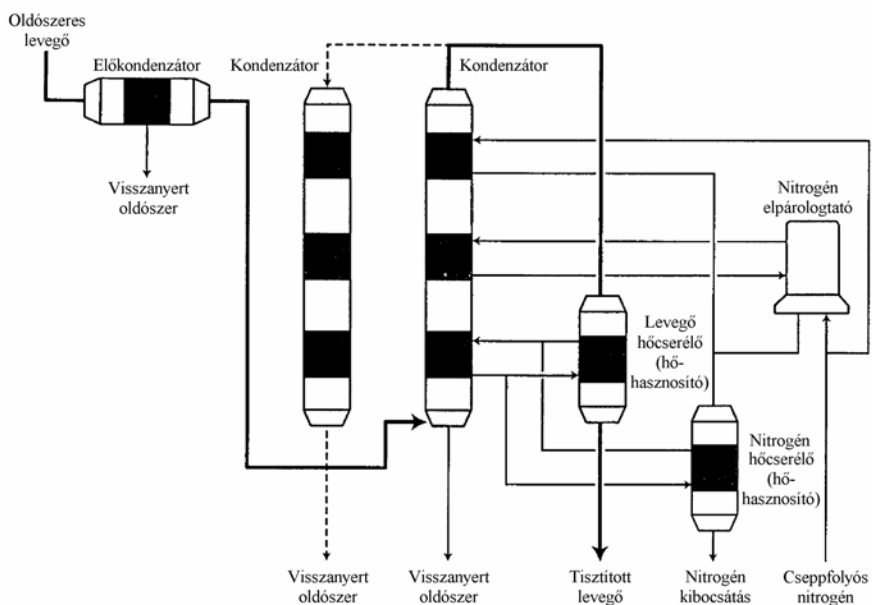
3.50 ábra, Kriogén kondenzációs oldószer-visszanyerés kombinálása olyan műveletekkel, amelyek során inert atmoszférát biztosítanak nitrogénnal (blanketing)

A kriogén kondenzációs rendszer főbb elemei:

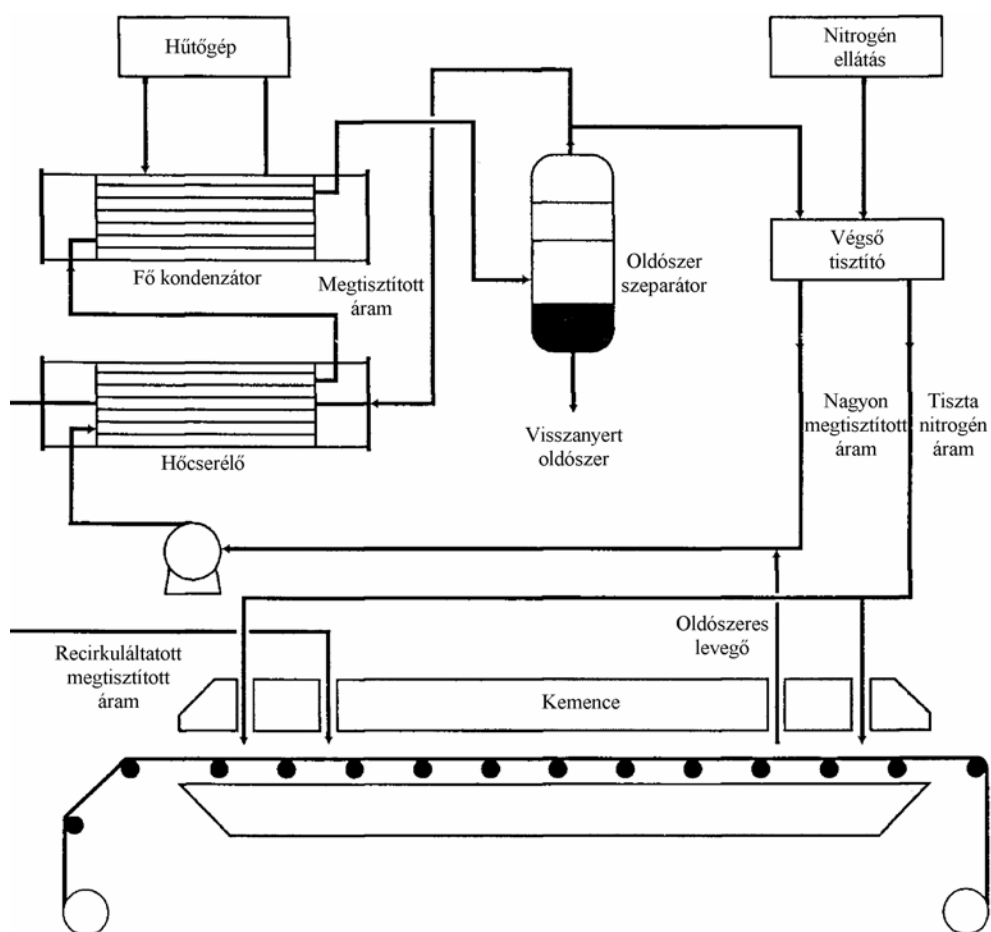
- előhűtő, jeges vízzel vagy glikollal,
- a folyamat fő hűtője,
- levegő hőcserélő (economiser),
- nitrogén hőcserélő (economiser),
- nitrogén elpárologtató,
- ventilátorok, csővezetékek.

A 3.52 ábra egy zárt rendszerű inert gáz kondenzációs rendszert mutat be, melynek főbb elemei:

- gázáram előhűtése,
- kondenzátor, mechanikusan hűtött -40°C -ra,
- oldószer szeparátor, nitrogén ellátás.



3.51 ábra, Inert atmoszférában üzemelő kriogén oldószer-visszanyerési rendszer



3.52 ábra, Zárt rendszerű inert gáz kondenzációs rendszer

Alkalmazások

Egyszerű hűtéssel megvalósított kondenzáció

Az egyszerű hűtés, pl. vizes, hűtött vizes, glikolos, sólés, alkalmazása akkor hatékony, ha a kondenzációval tisztítandó gázelegy az illékony szerves és/vagy szervesetlen oldószerre közel telített illetve magas a harmatpontja. Amennyiben a tisztítandó gázelegyben víz is van, akkor a víz abszorbensként is szerepelhet az egyéb szennyezések eltávolításánál, ha azok vízben oldódnak.

Egyik fontos alkalmazása az egyszerű hűtéses kondenzációnak a hulladékgáz elő- vagy utókezelése a fő gáztisztító eljárás alkalmazása mellett. Ilyen gáztisztító eljárások lehetnek, pl. adszorpció (3.5.1.3), gázmosás (3.5.1.4), hulladékégetők (3.5.2.4). Kondenzáció szintén alkalmazható dúsított gázok utókezelésére, pl. membránszeparáció után (3.5.1.1), szennyvíz sztrippeléskor (3.3.4.2.14) vagy desztilláció alkalmazásakor (3.3.4.2.12).

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Gázáram	• 100-100 000 Nm ³ /h
Belépő gáz hőmérséklete	• 50-80°C
Víztartalom	• a gáznak vízmentesnek kell lennie, ha a harmatpont 0°C alatt van
Nyomás	• atmoszférikus
Por	• <50 mg/Nm ³ (ne legyen ragadós)
Szag	• >100 000 ou/Nm ³
Ammónia	• 200-1000 mg/Nm ³

Kriogén kondenzáció

Kriogén kondenzációval az összes illékony szerves és szervesetlen szennyeződés eltávolítható, függetlenül azok koncentrációjától. Az alacsony, kriogénikus hőmérséklet magas hatékonyságot garantál, ezért a gáztisztítás utolsó lépése lehet. A gáznak azonban vízmentesnek kell lennie a kifagyások elkerülése érdekében. A kriogén kondenzáció rugalmas, jól alkalmazható erősen változó összetételű szennyeződések tartalmazó gázoknál is. Ez a flexibilitás alkalmassá teszi a többcélú és többtermékes szakaszos és folyamatos gyártásoknál.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok
Gázáram	• 5 000 Nm ³ /h-ig
Belépő gáz hőmérséklete	• 80°C-ig
Nyomás	• 2-600kPa
[cww/tm/70]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<p><u>Egyszerű hűtéses kondenzáció</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • kompakt technológia • jól irányítható művelet, kilépési összetétel számítható • a kilépő gázok kezelésére szolgáló más műveleteket tehermentesíti, és ezért azok gazdaságosabban lesznek használhatók • az oldószerek visszanyerhetők, ha nem túl bonyolult az összetételük, • hővisszanyerés megvalósítható 	<p><u>Egyszerű hűtéses kondenzáció</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • a hűtővíz biztosítása vízszegény régiókban problémás lehet, • hatékonysága erősen függ a gázaramtól és annak összetételétől, • utólagos gázkezelés szükséges
<p><u>Kriogén kondenzáció</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • kompakt technológia • az oldószerek visszanyerhetők, ha nem túl bonyolult az összetételük, • nagy hatékonyságú tisztítás, • nitrogén gáz recirkuláltatható, • jól irányítható művelet, kilépési összetétel számítható • hővisszanyerés megvalósítható 	<p><u>Kriogén kondenzáció</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • nedves gázok kezelésére nem alkalmas, • nitrogén ellátottság kell, • 0°C alatti hűtés jegesedést okozhat

Elérhető hatékonyságok

Egyszerű hűtéses kondenzáció

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Emisszió [mg/Nm³]	Megjegyzés
Szaganyagok	60-90		betáp >100000 ou/Nm ³
Ammónia	20-60		betáp 200-1000 mg/Nm ³
cww/tm/70			

Kriogén kondenzáció

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Emisszió [mg/Nm³]	Megjegyzés
Diklórmetán		<20-40	betáp 20-1000 g/Nm ³ , -95°C
Toluol		<100	betáp 20-1000 g/Nm ³ , -65°C
Methyl-ethyl-ke-ton		<150	betáp 20-1000 g/Nm ³ , -75°C
Aceton		<150	betáp 20-1000 g/Nm ³ , -86°C
Metanol		<150	betáp 20-1000 g/Nm ³ , -60°C
Illékony szerves anyag		1000-5000	betáp 200-1000 g/Nm ³
cww/tm/70			

Általános környezeti hatás

Egyszerű hűtéses kondenzáció

Anyag	Mennyiség	Megjegyzés
Hűtőközeg		erősen függ az egyedi problémáktól
Energia [kWh/1000 m ³]		ventilátor, szivattyú, hűtőgépek
Nyomásesés [kPa]	0,1-0,2	
cww/tm/70		

A hűtés során keletkező szennyvíz egyenesen arányos a kondenzált anyag mennyiségével, ami ugyancsak egyenesen arányos a tisztítandó gázban lévő szennyezésekkel és a hűtési hőmérséklettel. Néhány tipikus kondenzátum összetétel:

Illékony szerves anyag	200-1000 mg/l KOI
ammónia / amin kondenzátum	400-2000 mg/l Kjeldahl-Nitrogén

Kriogén kondenzáció

Anyag	Mennyiség	Megjegyzés
Nitrogén mint hűtőközeg	10-15 kg/kW hűtés	erősen függ az egyedi problémáktól
Energia [kWh/1000 m ³]	70	bemenet 80°C, kimenet -70°C
Nyomásesés [kPa]	2-5	
cww/tm/70		

További szükségletek:

- gőz befagyott kondenzátor olvasztására (gáz nedvességtartalma kifagy),
- nedvesség mentes levegő pneumatikus üzemeléshez.

A kondenzátumokat újra fel lehet használni vagy deponálni lehet.

A cseppfolyós nitrogén felhasználása megoszlik:

- hőmérséklet tartása üzemi állapotban (stand-by),
- belépő gáz hűtése és kondenzáltatása.

A kondenzáció után, ha a gáz még jelentős szennyezéseket tartalmaz, további tisztítási műveletek szükségesek, pl. adszorpció, égetés.

Inert gáz-ciklusos kondenzáció

Anyag	Mennyiség	Megjegyzés
Nitrogén mint inert gáz, időnkénti lefűtatással	1-2 t/nap	
Energia [kWh/1000 m ³]	70	ventilátorok, szivattyúk, hűtési berendezések
Nyomásesés [kPa]	2-5	
[cww/tm/71]		

Monitoring

A kondenzációs rendszer hatékonysága nagymértékben függ a rendszer paramétereinek, be- és kilépő áramainak rendszeres nyomon követésétől. A szerves anyagokat többnyire összes szénként lángionizációs detektorral mérik. Illatanyagokat, szagokat mintavételezés után szaganalizátorral vizsgálják. Kriogén rendszerek esetében folyamatos nyomásesés-mérés szükséges.

Kriogén rendszereknél a nitrogén mennyiségének folyamatos mérése és szabályozása szükséges. A rendszer biztonságos működése érdekében vészjelzés és műszakonkénti rendszeres és szisztematikus ellenőrzés szükséges.

Az inert gázciklust oxigénre különösen ellenőrizni kell. Az oxigén koncentrációját 5% alatt kell biztonsági okok miatt tartani. Ha az oxigén koncentrációja magas, akkor további nitrogént kell a rendszerbe juttatni.

Gazdaságosság

	Költség		
	Egyszerű hűtéses kondenzáció	Kriogén hűtéses kondenzáció	Inert gáz-ciklusos kondenzáció
Beruházási költség/1000Nm ³ /h	5000 EURO	5000 EURO	
Üzemelési költség munkaerő	2 óra/hét+1 nap/év	1 nap/hét	
[cww/tm/70]			

Bevétel: a visszanyert szerves és/vagy szervesetlen komponens(ek).

Költségtényezők:

Tényező	Hatás
Kapacitás, emisszió	rendszer mérete, energiaigény
Megkívánt hőmérsékletcsökkentés, hűtőtéljesítmény	berendezés ára (arányos), hűtőközeg (arányos)
Oldószer elegyek	kilépő gázfeldolgozási-technika összetettsége

	(arányos), energiafelhasználás (arányos)
Oldószer oldhatósága	kilépő gázfeldolgozási-technika összetettsége (arányos), energiafelhasználás (arányos)

Megtérülés:

Egyszerű hűtéses kondenzáció	Kriogén hűtéses kondenzáció	.
gazdaságos, ha hűtővíz rendelkezésre áll, hőcserélő a kérdéses berendezés közelében telepíthető	nitrogén elpárolgatók helyett kell telepíteni, kihasználva azok hidegenergiaját, a nitrogén-felhasználáshoz közel kell telepíteni, pótlólag is beépíthető ill. új üzemekben betervezhető	meglévő üzemekhez nehezen telepíthető, inkább új üzemek esetében alkalmazzák

3.5.1.3 Adszorpció

Leírás

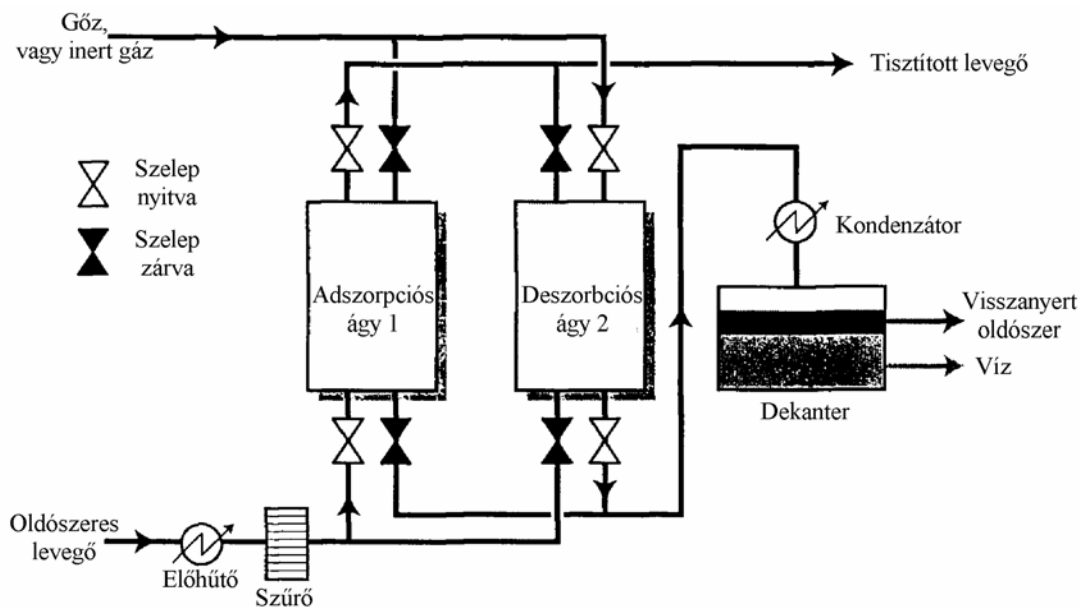
Adszorpció egy heterogén reakció, amelynek során gáz molekulák kötődnek meg egy szilárd felületen (adszorbens). Az adszorbens egyes komponenseket előnyben részesít másokhoz képest, vagyis elválasztja azokat egy gázelegyből. Ha az adszorbens felülete már annyi anyagot adszorbeált amennyire képes, akkor az adszorbeált anyagot a felületről, a regenerálási folyamat részeként, eltávolítják. A deszorbeálásnál kapott gázelegyből a szennyező komponens(ek) sokkal magas koncentrációban fordulnak elő, ezért azok visszanyerhetőek vagy megsemmisíthetőek.

Főbb adszorpciós rendszerek:

- rögzített ágyas adszorpció,
- fluidágyas adszorpció,
- mozgóágyas adszorpció,
- nyomáslengetéses adszorpció.

Rögzített ágyas adszorpció (3.53 ábra)

Széles körben használatos. Hulladékgázok, kibocsátott levegő stb. tisztítására használják. A belépő gázelegyet először kondicionálják, hűtik, hogy a nedvességtartalmát eltávolítsák és ezzel a víz adszorpcióját megakadályozzák. A gázelegy az adszorberbe 40°C-on lép be, felfelé haladva megtisztul és távozik. Mivel az adszorbert regenerálni kell, ezért több adszorbert használnak, és amíg az egyik adszorpciós üzemmódban dolgozik, addig a másikat regenerálják, ill. készenléti állapotban vannak.



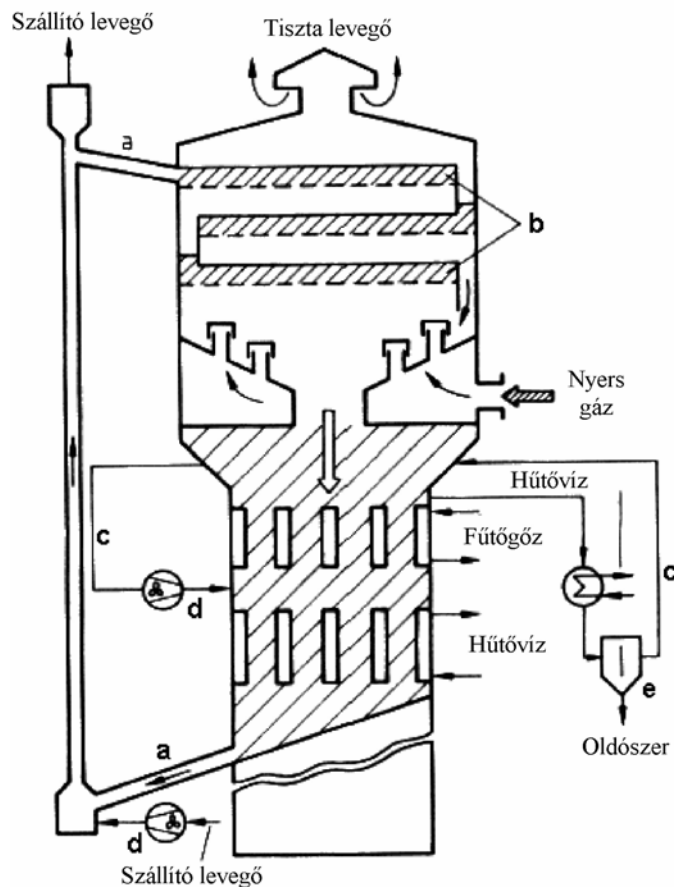
3.53 ábra, Iker ágyas adszorpciós berendezés

Fluidágyas adszorber (3.54 ábra)

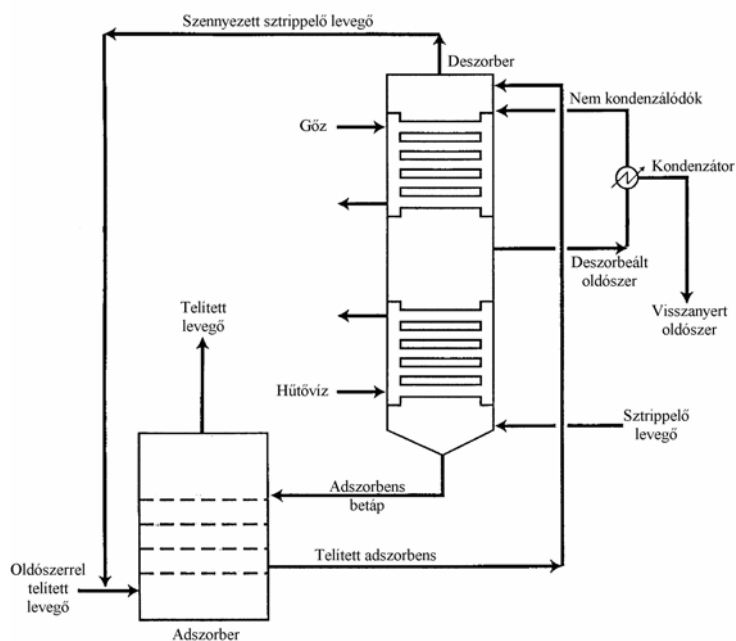
A gázsebesség, az adszorbens fluidizálásának biztosítása érdekében, 0,8-1,2 m/s. Az ilyen rendszerek a fluidizáció okozta mechanikai igénybevételeknek ellenálló adszorbenst igényelnek. Az adszorpció és a deszorpció (regenerálás) folyamatosan történik. Az adszorbenst a fluidágy alatt hővel regenerálják, lehűtik, majd pneumatikus úton újra a fluidágyra juttatják.

Mozgó ágyas adszorpció (3.55 ábra)

Az adszorbenst folyamatosan táplálják be az adszorber tetején, ahol a gázáram ellenáramban áramlik. A telített adszorbenst folyamatosan továbbítják a berendezés aljáról egy mozgóágyas regenerálóba.



3.54 ábra, Fluidágyas adszorber, a.) regenerált adszorbens, b.) fluidágy, c.) inert gáz, d.) ventilátor, e.) szeparátor



3.55 ábra, Folyamatos üzemű mozgóágyas adszorber-deszorber

Nyomáslengetéses adszorpció

Négy lépésből áll:

1. nyomásnövelés az abszorberben a bevezetett gázárammal,
2. adszorpció nagy nyomáson,
3. nyomáscsökkentés,
4. lefűvátás (purge) alacsony nyomáson vagy vákuumban.

A négylépéses folyamat során a komponensek az adszorbenssel létesített kötéseik erőssége szerint szeparálhatók. Az adszorberből kilépő gázelegy további kezelésével az elválasztás hatékonysága tovább javítható, és a komponensek szeparálhatók, ill. recirkuláltathatók.

Tipikus adszorbensek:

- granulált aktív szén (GASZ), a legáltalánosabban használt adszorbens, széles tartományban aktív, poláros és nem-poláros anyagokra egyaránt hatékony. A GASZ impregnálható oxidálószerekkel, pl. kálium permanganáttal vagy kéntartalmú anyagokkal, melyek növelik a nehézfémek adszorpciójának hatékonyságát [cww/tm/70],
- zeolitok, melyek tulajdonságai az előállítás módjától függenek, leginkább molekulaszitaként, szelektív ioncserélőként, vagy hidrofób illékony szerves komponens megkötőként alkalmazzák,
- makropórusos polimer részecskék, amelyek granulátumként vagy rétegekben is használatosak, nem túl szelektívek az illékony szerves komponensekre,
- szilikagél,
- nátrium alumínium szilikátok.

A már említett regenerálások mellett szokás még a rögzített ágyas adszorbereket regenerálni:

- hőmérséklet változtatásával,
- vákuum alkalmazásával,
- nyomás változtatásával.

Regenerálás a hőmérséklet változtatásával

Hőforrások:

- gőz,
- mikrohullám,
- beépített fűtés,
- forró gáz, GASZ esetében biztonsági okból csak inert gázt szabad alkalmazni.

Túlhevített gőz esetében a regenerálás során a gőz az adszorbensen lefelé áramolva halad át, magával viszi az adszorbeált komponenseket, és egy kondenzátorba jut, ahol kondenzálódik. A lekondenzált folyadékot elválasztjuk, pl. fázisszeparációval, desztillációval. A túlhevített gőz a GASZ fő regeneráló szere, de forró inert gázokat is alkalmaznak. A zeolitokat forró levegővel regenerálják. Polimer adszorbereket sokkal alacsonyabb hőmérsékleten (kb. 80°C-on) regenerálják.

Vákuum regenerálás

Lehetővé teszi a környezeti hőmérsékleten történő deszorpciót, ami hőérzékeny anyagok újrahasonosításánál lényeges szempont. GASZ, zeolit és polimer adszorbereknél egyaránt használatos.

Alkalmazások

Lehetséges alkalmazási területek:

- illékony szerves anyagok visszanyerése (nyersanyag, termék, oldószer-gőzök, stb.) újrahasonosítási célból,
- olyan szennyező anyagok (termelésből vagy kiegészítő részlegekből, pl. szennyvíz-tisztítóból származó anyagok) koncentrációjának csökkentése, melyek nem recirkulálthatók vagy más módon hasznosíthatók, többnyire GASZ-el, melyet nem regenerálnak, hanem égetéssel ártalmatlanítanak,
- végső biztonsági szűrő a különböző tisztító berendezések után.

Nagy koncentrációban jelen lévő szennyező anyagok adszorpcióval történő eltávolítása nem gazdaságos a gyakori deszorpció miatt. Ilyenkor más technikákat kell alkalmazni.

Az adszorpciót célszerű alkalmazni kilépő gázok szennyezéseinek előírt értéken tartására, visszanyerésére, recirkuláltatására és újrafelhasználására

- zsírtalanításnál,
- festékszórásnál,
- oldószeres extrakciónál,
- fémfelületekkel történő bevonásnál,
- műanyag filmmel történő bevonásnál,
- papírréteggel történő bevonásnál,
- gyógyszeriparban,
- fűtőanyagok gázainál, stb.

Alkalmazási korlátok

	Korlátok		
	GASZ	Zeolitok	Polimerek
Gázáram [Nm ³ /h]	100-100 000	<100 000	
Hőmérséklet [°C]	15-80	<250	
Nyomás [kPa]	0,1-2	atmoszférikus	

Vegyipari szennyvíztisztítás és hulladékgáz kezelés

Illékony szervesanyag-tartalom	alsó robbanási határ max. 25%-a	alsó robbanási határ max. 25%-a	alsó robbanási határ max. 25%-a
Dioxin [ng/Nm ³ TEQ]	10-100		
Relatív nedvesség	max <70%, de a lehető legkevesebb		

TEQ =toxicity equivalent

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • szerves szennyezések jó hatásfokkal kinyerhetők • egyszerű és megbízható • az adszorbens felvevőképessége nagy • egyszerű üzembehelyezés • egyszerű karbantartás 	<ul style="list-style-type: none"> • szilárd szemcsék problémát okozhatnak • egyes keverékek hamar „áttörnek” • nedves gázokra nem alkalmazhatók • tűzveszélyes lehet • telítetlen szerves anyagok polimerizálódhatnak a GASZ-en

Elérhető hatékonyságok

Paraméter	Eltávolítás mértéke [%]	Emissziós szint [mg/Nm ³]	Megjegyzés
Illékony szerves	80-95		GASZ
Toluol	90		GASZ
Szagok	80-95		GASZ, Zeolitok
Higany		<0,01-0,05	GASZ
Kénhidrogén	80-95		GASZ
Dioxin		<0,1 ng/Nm ³ TEQ	
cww/tm/70			

Általános környezeti hatás

	Mennyiség			Megjegyzés
	GASZ	Zeolit	Polimerek	
Fűtőgőz, deszorpció [kg/kg oldószer]	1,5-6			
Nitrogén, deszorpció [Nm ³ /t oldószer]	35			
Hűtővíz, kondenzáció [m ³ /t oldószer]	35-60 100-150			mindhárom adszorpciós technikára
Adszorber veszteség [kg/t oldószer]	0,5-1			
Nyomásesés [kPa]	2-5			
Energia [kWh/t oldószer]	35-100 130-260			
[cww/tm/71, cww/tm/64]				

A vízgőzzel történő regenerálás, deszorpció során keletkező szennyvíznek jelentős szennyezőanyag-tartalma van, ezért további kezelést igényel. Ha nincs regenerálás, a

telített adszorbenst deponálni vagy égetéssel ártalmatlanítani kell. Tilos azonban égetést választani, ha az adszorbens higanyal szennyezett. Ezeket a tevékenységeket külső cég, alvállalkozó is elvégezheti.

Az adszorber után további gáztisztítás is szükséges lehet, ha a helyi előírások ezt megkívánják.

Minden adszorpciós folyamat exoterm, ami nem előnyös, főleg szerves anyagok adszorpciójánál. Szén vagy az adszorbeált fémek illetve zeolitok katalizálhatják számos anyag oxidációját, mely tűzhöz vezethet. Szénhidrogének valamint oldószerek különösen hajlamosak az égésre. Ilyenkor az adszorbens GASZ egy része elvész (zeolit nem), a maradék pórusszerkezete átalakul, de a teljes adszorpciós GASZ ágy is hamuvá éghet. Az ilyen tüzeseteket el kell kerülni, melynek lehetséges módja a gázáram nedvesítése vagy a GASZ adszorpciós ágy hűtése.

Monitoring

A berendezéseket folyamatosan ellenőrizni kell, mérni kell a be- és kilépő gázáramokat és összetételeiket. Az illékony szerves anyagokat lángionizációs detektorral összes szénként mérik. A kilépő gázelegyet minőségi analízisnek is alá kell vetni. A szaganyagok eltávolíttóságát gázmintákból, szagelemzéssel kell megállapítani.

A legfontosabb mérés az adszorpciós ágyak és a porszűrők nyomásesésének mérése. A szűrőkön a nyomásesés üzem közben folyamatosan nő, a regenerálás illetve tisztítás utáni állapothoz képest. A nyomásesés gyors megváltozása nagy porterhelést és elszennyeződést jelent. Az adszorpciós ágyon a nyomásesésnek közel állandónak kell maradnia. Bármilyen növekedés arra utal, hogy a porszűrőn por halad át vagy az adszorbens porlik el. Mérni kell az abszolút nyomást is, melynek megnövekedése riasztást eredményez.

Az adszorpciós berendezéseket számítógéppel figyelik és szabályozzák. Ezek figyelik az adszorpciós ágyakon bekövetkező „áttörést”, amikor az adszorbeálandó komponens(ek) kilépési koncentrációja elér egy előre megállapított szintet. Ilyenkor a számítógépes rendszerek meghatározzák az egyes ágyak alkalmazásának ill. regenerálásának sorrendjét is. Az így megállapított adszorpció-deszorpció gazdaságos üzemet eredményez, mert mindig telítet adszorpciós ágy kerül regenerálásra.

Robbanásra, gyulladásra hajlamos anyagok adszorpciójánál úgy kell vezetni az adszorpciót, hogy a kérdéses anyag koncentrációja az alsó robbanási küszöb kb. 25%-át érhesse csak el. Ez egyben a ventilátor és a regeneráló vízgőz felhasználását is minimalizálja. Ha a gázáram illetve annak összetétele jelentősen változik, akkor szabályozni kell a ventilátor működését is [cww/tm/71].

Gazdaságosság

	GASZ	Zeolit	Polimerek	Megjegyzés
Beruházási költség / 1000 Nm ³ /h	5000-10 000 EURO 240 000 EURO			regenerálás nélkül regenerálással (1000Nm ³ /h-ra)
Üzemelési költség				
Energia	35-60 100-150			mindhárom adszorpciós technikára
Vegyszerek, egyéb]	600-1300 EURO/t GASZ			deponálással
[cww/tm/70]				

Költségtényezők

Tényező	Hatás
Emisszió	rendszer mérete, energiafelhasználás
Oldószer adszorpciós hatékonyság, oldószer koncentráció	adszorbens mennyisége
Oldószer típusa	adszorbens kiválasztása
Oldószer oldékonysága	kilépő gáz feldolgozási megoldásai (oldékonysággal arányosan nő annak komplexitása) a szeparációs művelet energiaigénye (arányos)
Oldószer elegy	kilépő gáz feldolgozási megoldásai (oldékonysággal arányosan nő annak komplexitása) a szeparációs művelet energiaigénye (arányos)
Oldószerterhelés	segédenergiák felhasználása adszorpcióhoz ill. deszorpcióhoz, adszorbens degradálásának mértéke
Szennyezések	adszorber élettartamát csökkentik
Deszorpció nehézsége	deszorpciós hőmérséklet

Utólagos megvalósítás:

A GASZ, zeolitos és polimer gyantás adszorpció utólagos és pótlólagos beruházása könnyen megvalósítható, ha elegendő hely áll erre rendelkezésre. A folyamatos adszorpció / deszorpció rendszer helyigénye kb. 25%-a az ikerágyas adszorberének.

3.5.1.4 Nedves mosás / abszorpció

Leírás

A nedves mosás vagy abszorpció egy anyagátadási folyamat, mely egy gázelegy oldható komponense és egy oldószer (abszorbens) között játszódik le, Az abszorpció során a gázelegynek és az abszorbensnek intenzíven érintkeznie kell. A fizikai abszorpciót akkor részesítik előnyben, ha a kérdéses komponenst vissza akarják nyerni, míg a kémiai abszorpciót vagy kemisorpciót pedig komponens(ek)

gázelegyből történő kinyerésére, eltávolítására használják. A fizikai-kémiai abszorpció egy közbülső jellegű művelet. Ilyenkor a kérdéses komponens fizikailag oldódik az abszorbensben, majd reverzibilis kémiai reakcióban vesz részt, és ez lehetővé teszi, hogy az adott komponenst visszanyerjük.

A fő abszorpciós gáztisztítási folyamatok:

- gázszennyezések eltávolítása, pl. hidrogén halogenidek, SO₂, ammónia, kénhidrogén, illékony szerves komponensek,
- SO₂, hidrogén halogenidek eltávolítása,
- por eltávolítása speciális mosókban.

Az abszorbensek függenek az eltávolítandó anyagtól:

- víz, hidrogén halogenidek, ammónia, eltávolítás újrahasznosítás
- alkálikus oldatok, savas komponensek eltávolítására, hidrogén halogenidek, SO₂, fenolok, vizes mosás után második lépcsőként használatos savas anyagok eltávolításakor,
- alkálikus-oxidáló oldatok, pl. alkálikus oldat és nátrium hipoklorit, ózon, hidrogén peroxid
- nátrium hidrogén szulfit oldat szaganyagok eltávolítására, pl. aldehidek
- Na₂S₄ oldat higany eltávolítására,
- savas oldatok ammónia és aminok eltávolítására,
- monoetanol amin, dietanol amin oldatok kénhidrogén eltávolítására és kinyerésére.

Abszorberek típusa:

- szálás töltetes mosó,
- mozgóágyas mosó,
- töltött oszlop,
- tányéros mosó,
- permetezéssel mosó.

A választás függ:

- az eltávolítás megkívánt mértékétől,
- energiaigénytől,
- reagenstől,
- a hulladékgáz tulajdonságaitól.

Szálás töltetes mosó

A szálás töltettel töltött mosó egy kamrából áll, amelyben több rétegben helyezik el a töltetet. A gáz ebbe a kamrába lép be majd ki. A gázáram lehet horizontális vagy vertikális. Az abszorbens folyadékot folyamatosan permetezik be. A szálás töltetek lehetnek üveg, műanyag, acél. Savas komponenseket (hidrogén klorid, hidrogén

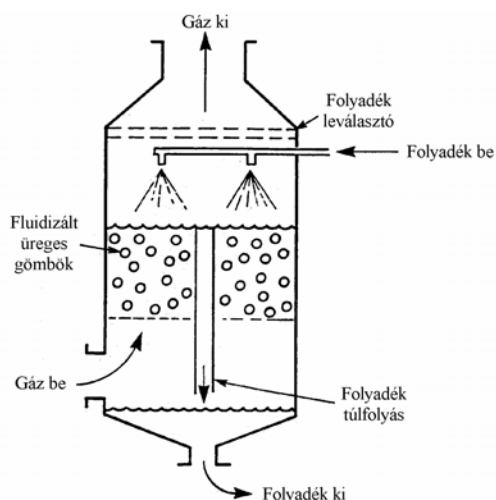
fluorid, kénsav, krómsav) és egyéb szennyező szerves/szervetlen komponenseket távolíthatnak el a kibocsátott gázokból.

Problémát jelenthet, ha a szálás töltetre nem juttatnak elegendő abszorbenst, folyadékot, mivel ilyenkor elszennyeződések lépnek fel.

Hulladékgázokat általában lehűtik mielőtt bevezetik az abszorberbe, hogy a gázból a folyadékot a lehető legjobban lekondenzáltassák ill. aeroszolt képezzenek. Az abszorber előtt ezért ilyenkor szűrő alkalmazása szükséges.

Mozgóágyas mosó (3.56 ábra)

A mozgó ágyas abszorber abszorpciós zónája mobil töltetből áll, mely többnyire műanyag gömbökből tevődik ki. A gömböket alul és felül egy-egy rács tartja meg. A megfelelő folyadék be- és kivezetés mellett csepplévasztó is található a berendezésben. A mozgóágyas mosót portartalmú gázok kezelésére használják amikor kiválások várhatók.



3.56 ábra, Mozgóágyas mosó

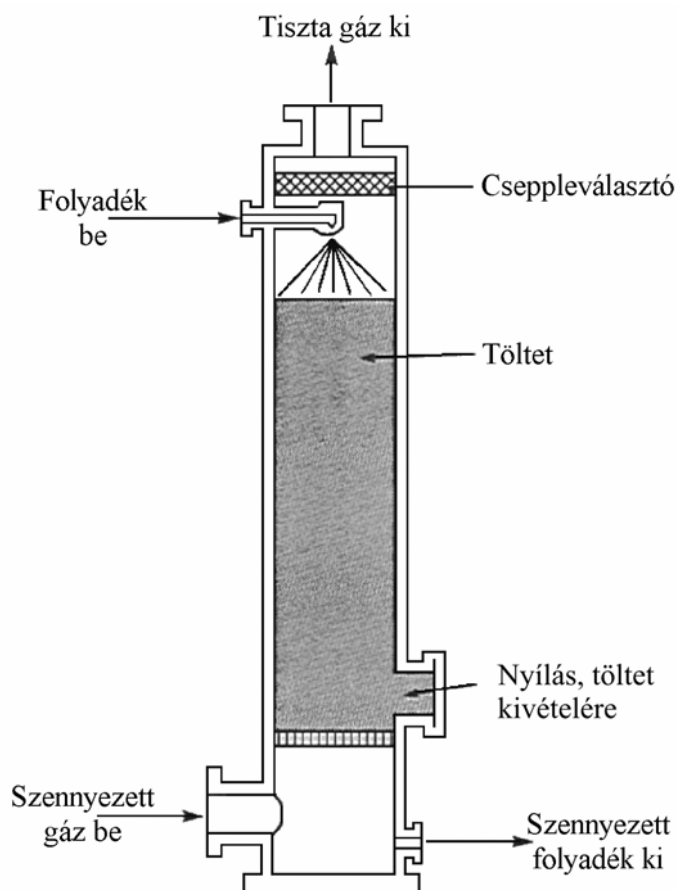
A mosóban kissűrűségű, üreges, műanyag gömböket használnak, melyek könnyen mozoghatnak a két tartó rács között. Az állandóan mozgó, fluidizáló részecskék miatt a berendezés kevésbé érzékeny elszennyeződésekre, kiválásokra, lerakódásokra, vízkövesedésre (ha víz az abszorbens).

Töltött oszlop (3.57 ábra)

A töltött oszlop a legáltalánosabban alkalmazott abszorbertípus a szennyeződések kibocsátásnak kontrollálására. A töltött oszlopokban különböző tölteléseket alkalmaznak, melyeket az oszlopban rács tart meg. A gáz és folyadék ellenáramban találkozik. A gázelegy alulról lép be, az abszorbenst felülről permetezik be. A kilépő

gáz egy csepplévasztón (demiszter) át lép ki. Töltött oszlopokban, megfelelő reagensekkel számos komponens abszorpciója megoldható, így pl. kéndioxid, krómsav, kénhidrogén, kloridok, fluoridok és illékony szerves szennyezések.

Töltött oszlopok érzékenyek a szilárd szennyeződésekre, mivel könnyen eltömődhetnek. A szilárdanyag-tartalmat $0,5 \text{ g/Nm}^3$ alatt kell tartani. Eltömődések és lerakódások komoly problémát jelenthetnek, mert a töltetet és így az abszorbert sokkal nehezebb megtisztítani mint más abszorbereknél. Ezért a töltött oszlop előtt



egy hatékony szilárdanyag-eltávolítás szükséges.

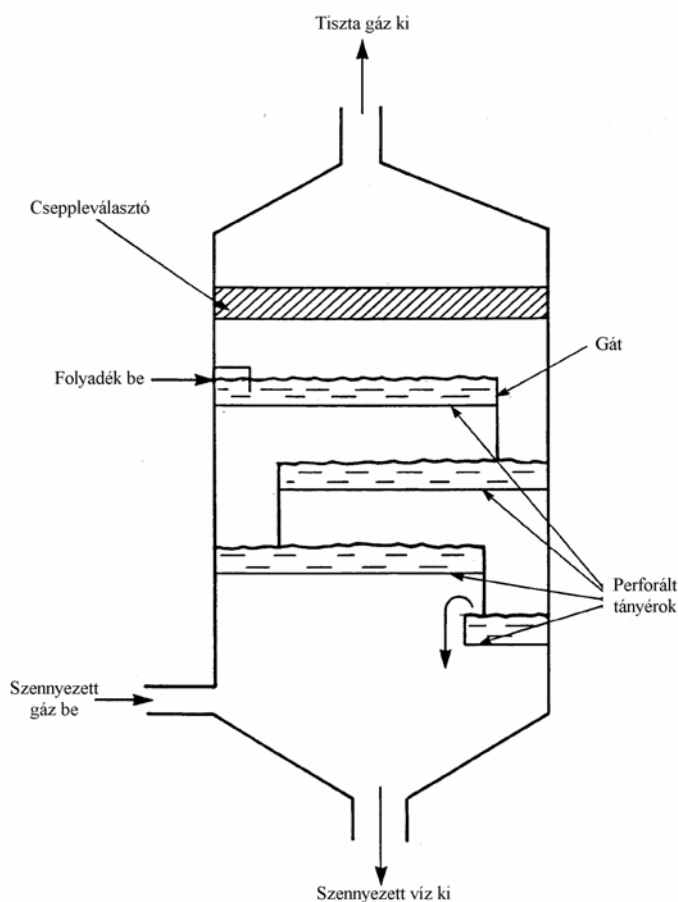
3.57 ábra, Töltött oszlopos abszorber

Tányéros abszorber (3.58 ábra)

A függőlegesen épített tányéros abszorber számos vízszintesen beépített tányért (buboréksapkás vagy szitatányér) tartalmaz, melyeken a gáz és a folyadék (abszorbens) érintkeztetése történik. Erősen habzó anyagok esetében ez a típus nem alkalmazható, ezért illékony szerves anyagok megkötésekor inkább töltött oszlopos megoldást használnak. A tányéros abszorbert többnyire savak kéndioxid és szaganyagok megkötésére használják. Előnye, hogy a belső hűtés könnyen megoldható, és olyan abszorbensek esetében is alkalmazható, melyek a töltött oszlop töltelékét nem vagy alig nedvesítik.

Hatásfokuk jó, könnyen karbantarthatók, mivel akár mindegyik tányérnál kialakítható bűvönnyílás. Nagyobb gázsebességek esetén a tányéros abszorber nyomásesése nagyobb, mint a hasonló teljesítményű töltött oszlopé.

A veszélyes anyagok (pl. kéndioxid, klór, kénhidrogén) kémiai abszorpciója tányéros abszorberekben megoldható, ha a tisztítandó gázt a tányérokra a megfelelő reagenssel érintkeztetik. Ha savas vagy egyéb erősen korrozív anyagok megkötése a cél, a töltött oszlopokat előnyben részesítik a tányéros oszlopokkal szemben, mivel a korróziónak jól ellenálló töltet olcsóbb, pl. műanyag, kerámia.

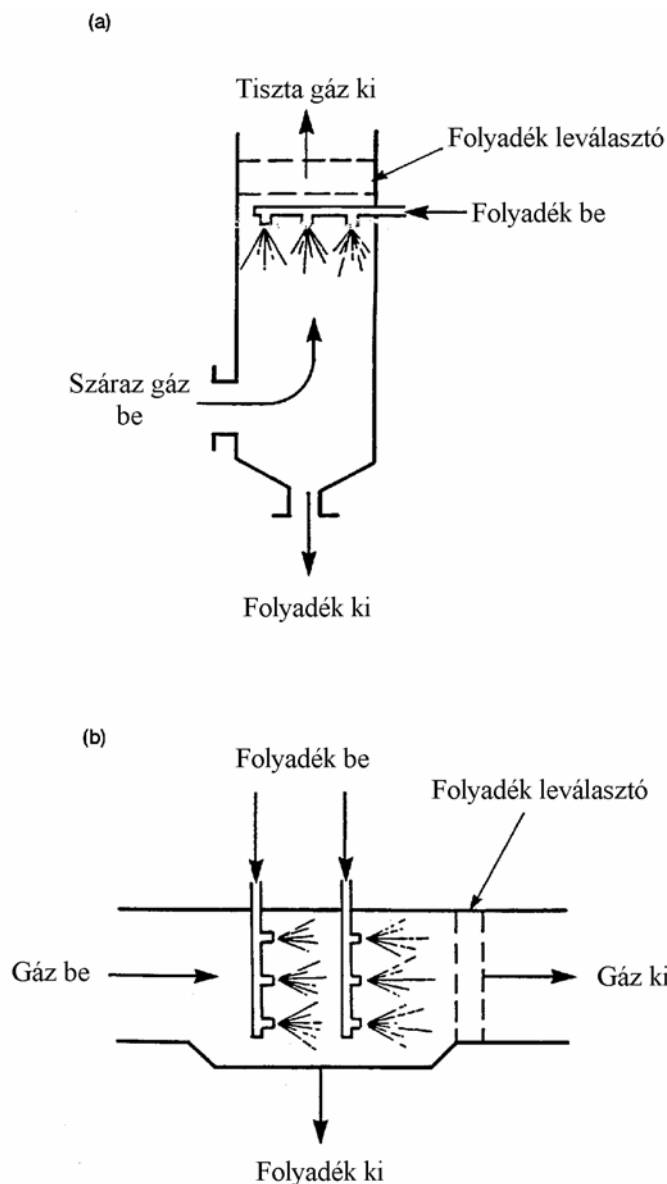


3.58 ábra, Tányéros abszorber

Permetezéses mosó (3.59 ábra)

Tradicionalisan a legrégebbi megoldás. Az abszorberbe felül permetezik be a mosófolyadékot, az abszorbenst, a tisztítandó gáz pedig alul lép be. Az ellenáramú mosót savak és szaganyagok megkötésére használják. A folyadékpermetező rózsákban az elszennyeződés problémát okoz. Mivel az abszorberek közül ez a megoldás rendelkezik a legrosszabb anyagátadási tulajdonsággal, ezért csak különösen jól oldódó gázkomponenseknél alkalmazható eredményesen.

Tipikus szennyezőanyag-koncentráció: 100-1000 mg/Nm³. A permetezéses mosók nem érzékenyek a lerakódásokra, elpiszkolódásokra, mint pl. a töltött oszlopok, de ezeknél a típusoknál nagyon magas folyadék/gáz arányt (>3 l/m³) kell alkalmazni, hogy a szilárd részecskéket megkössék.

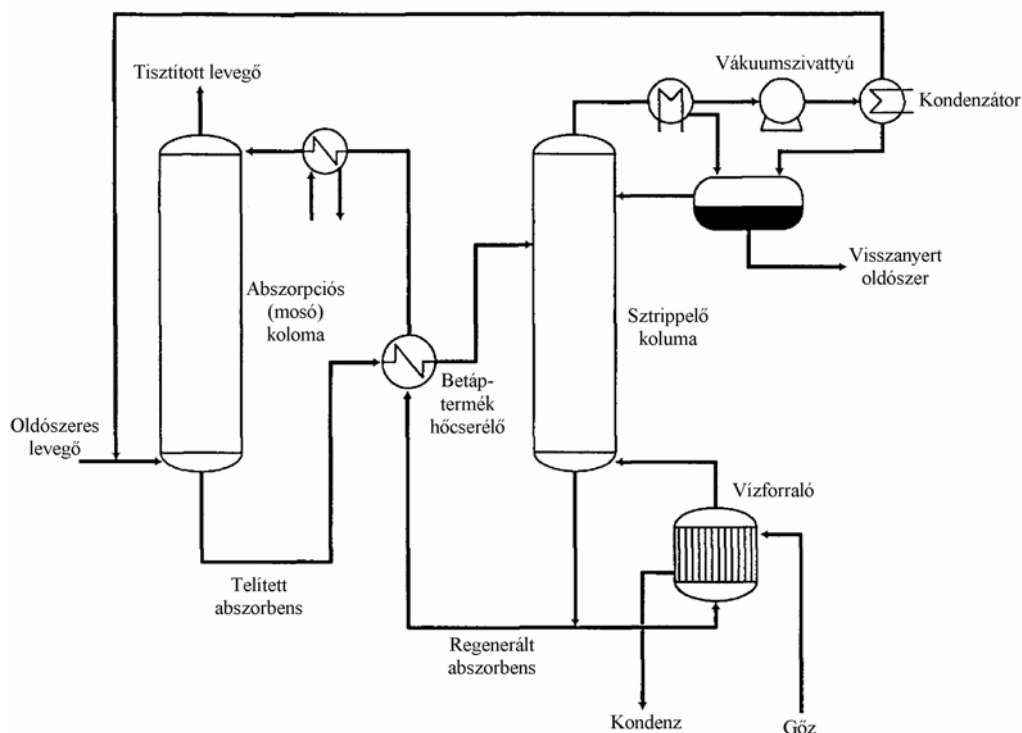


3. 59 ábra, Permetezéses mosó, a.) ellenáram, b.) egyenáram

Ha egy gázelegy egyes komponenseit kell visszanyerni, akkor egy további műveleti lépés, a deszorpció is szükségessé válik. A leggyakoribb megoldás a deszorpcióra a desztilláció vagy a sztrippelés, amikor a gázkomponenst ismét gázfázisba juttatjuk. A sztrippeléssel történő regenerálás után a gázt le kell kondenzáltatni, és a kondenzátumot vagy közvetlenül újra fel lehet használni vagy desztillációval komponenseire kell választani, és utána újrafelhasználni. A sztrippelést és

desztillációt csökkentett nyomáson végzik, ha az anyagok bármelyike hőérzékeny. Ekkor a hőmérsékletek alacsonyabbak lesznek, ami egyben a kondenzációt is megnehezíti.

Egy tipikus abszorpciós /deszorpciós ciklust mutat be a 3.60 ábra



3.60 ábra, Egy tipikus abszorber – deszorber rendszer

Alkalmazás

Az abszorpciót széles körben alkalmazzák olyan gázelegyek tisztítására, melyek illékony szervesanyag és főleg vízben oldódó komponensek (alkoholok, aceton, formaldehid, stb.) tartalma nagy. A tisztítás során kinyert anyag, nyersanyag és/vagy termék, visszanyerhető és recirkuláltható. Az abszorpció alkalmazhatóságának előfeltétele, hogy létezzen olyan oldószer, abszorbens, amely jól oldja a gázelegyből kinyerni kívánt komponenst, kis viszkozitású legyen és nem nagy a tenziója.

Az abszorpció a kibocsátandó gáz, gázelegy emisziós értékeinek beállítása, ellenőrzése során többnyire az utolsó művelet, ezért helyes működtetése különösen fontos. Bár szerves és szervesetlen szennyezések esetén egyaránt alkalmazható, de főleg

a szerves szennyezések esetén különösen fontos mint utolsó tisztítási lépés. Alkalmazhatósága az előírt kibocsátási emisszió biztosítására függ:

- a szennyezés előírt kinyerésétől,
- a hulladékdeponálási költségtől,
- a megkívánt eltávolítási határfoktól,
- a szennyezés koncentrációjától a belépő gázelegyenben,
- az abszorbens rendelkezésre állásától.

Az abszorpciót javíthatjuk, ha:

- nagy gáz-folyadék érintkeztetési felülettel,
- nagy folyadék-gáz aránnyal,
- a belépő gázelegyen koncentrációjának növelésével,
- alacsony hőmérséklettel,
- nyomásnöveléssel, számos esetben.

Mivel a veszélyes illékony szerves szennyezések esetében többnyire alacsony kilépési koncentrációkat kívánnak meg, ezért ilyen esetekben magas abszorpciós tornyokat, hosszú érintkeztetési időket (tartózkodási idő), nagy folyadék/gáz arányt kell alkalmazni. Ezek a megoldások nem minden esetben gazdaságosak. Ezért szerves anyagok kibocsátási emissziós értékeinek beállítására az abszorpciót még más művelettel(ekkel) is kombinálják, pl. GASZ adszorpció, égetés.

	Határérték, limit
	50-500000
	1800-170 000 (szálas töltetes mosó)
Gázáram [Nm^3/h]	900-130 000 (töltött oszlopos abszorber)
	1700-130 000 (tányéros abszorber)
	2500-170 000 (permetezéssel mosó)
	5-80, általában
	<60 szálas tölteteknél
	4-38 töltött oszlopos abszorber, emissziós gázösszetétel beállításánál
Hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]	4-38 tányéros abszorber, emissziós gázösszetétel beállításánál
	4-38, permetezéssel mosó, emissziós gázösszetétel beállításánál
	10-40, alkáli-oxidációs mosás
	30, biogáz kéntelenítésénél
	magas gázhőmérséklet abszorbens veszteséget eredményez
Nyomás	atmoszférikus
Szennyezés mennyisége [g/Nm^3]	0,2-11, szálas tölteteknél
Szilárd részecskék [mg/Nm^3]	450, töltött oszlop

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrány
<p><u>Általában</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • széles tartományban alkalmazható • nagy hatékonyságú • kompakt beruházás • egyszerű és robusztus technológia • egyszerű karbantartás • kevés kopásnak kitett elem • tűzveszélyes anyagokra is alkalmazható • forró gázokat lehűt • szilárd szennyeződésekre nem érzékeny • korrozív gázok és por is kezelhető 	<p><u>Általában</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • vizet vagy vegyszert igényel a veszteségek pótlására • szennyvíz keletkezik • számos esetben abszorbens-adalék (sav, lúg, oxidálószer, stb.) szükséges • abszorbensbe került por iszapot képez, mely további kezelést igényel • tartószerkezetet igényel • külső elhelyezésnél rozsdamentes kivitel kell • töltelék érzékeny a porra, elszennyeződés • korrózió veszély • összegyűlt szilárd anyag veszélyes hulladék, nem recirkuláltatható • kibocsátott gázt egyes esetekben fűteni kell a látható pára kiválás megelőzésére
<p><u>Töltött oszlopos abszorber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • alacsony nyomásesés • plastik vagy üvegszálás műanyag töltelékek erősen korrozív esetekben is alkalmazhatók • nagy anyagátadási határfok • képes gázokat és részecskéket is összegyűjteni • alacsony beruházási költség • kis helyigény 	<p><u>Töltött oszlopos abszorber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • a töltet könnyen eltömődhet • magas karbantartási költség a többi abszorber típushoz képest • az üvegszálás műanyagból készült elemek érzékenyek a hőmérsékletre
<p><u>Tányéros abszorber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • flexibilis működés • alacsony gázsebességnél és alacsony folyadékáramnál is jól működik • gázválasztás és pormegkötés u. abban az egységben • javítja a gáz és iszapérintkezést SO₂ eltávolításnál • egyszerű működés és karbantartás 	<p><u>Tányéros abszorber</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • a por eltömheti a finomabb tányérszerkezeteket (szelepek, sapkák rései, stb.) • drágább, mint a többi nedves mosó, abszorber
<p><u>Permetező mosó</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • kis nyomásesés • üvegszálás műanyag erősen korrozív közegben is dolgozik • alacsony energiafelhasználás • alacsony beruházási költség • nem tömődik el • kis helyigény • gázokat és részecskéket is összegyűjt 	<p><u>Permetező mosó</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • alacsony anyagátadási határfok • finom részecskéket csak kis hatékonysággal távolít el • az üvegszálás műanyagból készült elemek érzékenyek a hőmérsékletre • magas működési költség

Elérhető emissziós értékek, hatékonyság

Anyag	Hatékonyság [%]	Emissziós szint [mg/Nm ³]	Megjegyzés
Alkoholok	95-ig	100-ig	víz
Hidrogén fluorid	>99	<50	víz
		<1	lúgos abszorbens
Hidrogén klorid	>99	<50	víz
		<1	lúgos abszorbens
Krómsav		>0,1-1	víz
Ammónia	>99,9	<1	sav
Aminos	>99	<1	sav
Kéndioxid	80-99	<40	lúgos abszorbens
Fenolok	>90		lúgos abszorbens
Kénhidrogén	90-95		lúgos abszorbens
	80-99		
Szervetlen komponensek	95-99		
Illékony szerves komponensek	50-95		
	70-99		
[cww/tm/70,114,113,110,110]			

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Mosóvíz		
Vegyszer		
Deszorpció hűtővíz sztripp gőz	30-40kg/1000Nm ³ gáz (gőz 120°C-os)	
Energia [kWh/1000Nm ³]	0,2-1	alkalmazásfüggő, deszorpció nélkül
Nyomásesés [kPa]	0,4-0,6	alkalmazásfüggő

A recirkulált abszorbens kezelése szükséges, melynek okai: termikus vagy egyéb degradáció, evaporációs veszteség pótlása.

Vizes mosás esetén szennyvíz keletkezik, melyet kezelni kell, ha további hasznosítása nincsen. Lehetséges kezelés: deszorpció, melyet az abszorbeált gáz visszanyerésének érdekében mindenképpen meg kell tenni. A deszorpciónál keletkezett gázokat, ha nem kerülnek recirkuláltásra, kezelni kell. Gondolni kell a deszorpció energiaigényére is.

Monitoring

Az abszorberek hatékonyságát a be- és kilépő gázelegyek analízisével minősítik. A kéndioxidot általában infravörös analízissel vizsgálják, hidrogén halogenideket nedves kémiai módszerekkel elemzik. Az illékony szerves komponensek összes széntartalmát pedig lángionizációs detektorral mérik. Szaganyagokat szagminta-elemzővel vizsgálják. Gázminták vételével minőségi analízist is végeznek gázkromatográf és tömegspektrográf együttes alkalmazásával.

További mérések:

- nyomesés az abszorberen, mosón, abnormális működést indikálhat,
- az abszorbens pótlásának mennyisége,
- a keringetett abszorbens mennyisége,
- reagens mennyisége,
- pH, hőmérséklet, elektromos vezetőképesség, redox potenciál.

Az abszorberek rendszeres ellenőrzést igényelnek, hogy az esetleges meghibásodásukat, pl. korrózió, elszennyeződés, meg lehessen állapítani. Mozgó részeket gyakrabban kell ellenőrizni. Számítógépes irányítás esetén a számítógéppel meg lehet állapítani a változó gázelegyhez tartozó optimális működési paramétereket.

Kezelői beavatkozásokat az abszorpció alig igényel, csak vész helyzetben kell beavatkozni. A deszorber működését is pontosan nyomon kell követni, mivel befolyásolja az abszorber működését.

Gazdaságosság

	Költségek				
	Szálas töltet	Mozgóágy	Töltött oszlop	Tányéros oszlop	Permetezéses oszlop
Beruházás /1000Nm ³ /h	US\$ 600-1600		US\$6200-33500	US\$ 1300-7000	US\$ 500-2200
Éves üzemeltetés /1000Nm ³ /h	US\$ 1000-21100		US\$9300-42300	US\$ 1500-42000	US\$ 800-28100
Költség hatékonyság /tonna szennyezés/év	US\$ 40-710		US\$ 0,24-1,09	US\$51-1300	US\$ 28-940
[cww/tm/110,111,113,114]					

Költség tényezők:

Tényező	Hatás
emisszió mértéke	berendezés mérete energiaigény
kinyerés mértéke	abszorber magassága
eltávolítandó anyag abszorpciós hatékonysága	abszorbens mennyisége, szivattyúzási munka, deszorpció
eltávolítandó anyag típusa	abszorbens kiválasztása
eltávolítandó anyag oldékonysága	elválasztási technika bonyolultsága, az elválasztás energiaigénye
eltávolítandó anyagok keveréke	elválasztási technika bonyolultsága, az elválasztás energiaigénye
eltávolítandó anyag mennyisége	deszorpció mértéke és annak energiaigénye
abszorbens degradálódása	nagymértékű lefűtás, lefűtött anyag kezelése
deszorpció bonyolultsága	deszorpciós hőmérséklet
[cww/tm/71]	

Utólagos megvalósítás:

Abszorpció egyszerűen megvalósítható meglévő üzemekben, ha van elegendő hely. Meglévő abszorberek hatékonysága is javítható korszerűbb töltetek alkalmazásával.

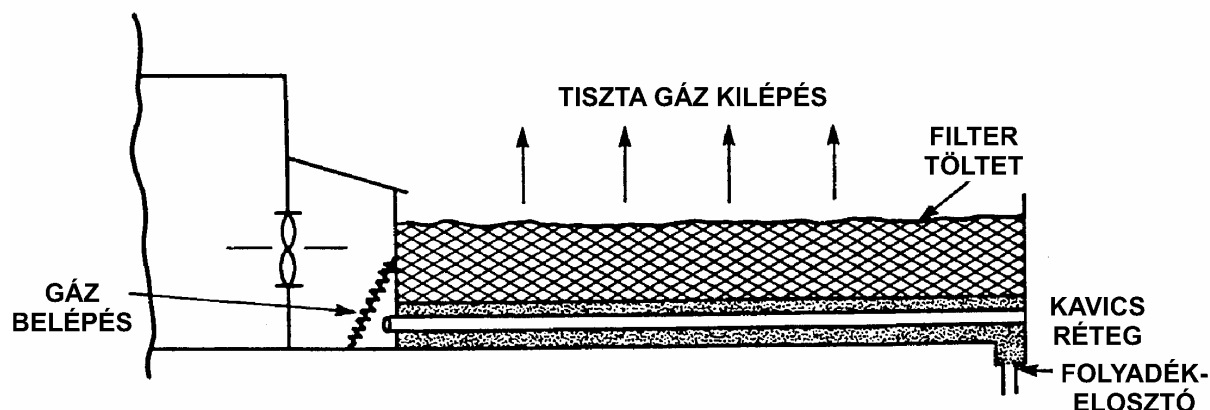
3.5.2 Illó szerves (VOC) és szervesetlen komponenseket eltávolító műveletek és eljárások

3.5.2.1 Bioszűrés (biofilterek)

A keletkező gázáramot olyan ágyon vezetik át, amelynek anyaga:

- szervesanyag (tőzeg, komposzt stb.)
- inert hordozó (agyagásvány, szén vagy poliuretán)

és amelyen a természetes úton megtelepedett mikrobák a szennyezőt széndioxiddá, vízzé (esetenként más végtermékké) és biomasszává oxidálják.



3. 61. ábra Biofilter elvi vázlata

A biofilterek lehetnek nyitott és zárt kivitelűek.

A **nyitott biofilterben** a porózus szűrőtöltet alatti elosztó csőhálózatból fújják be a kezelendő gázáramot. Jellemzőjük nagy tartózkodási idő, ill. nagy méret, így kisebb gázmennyiségekre alkalmasak. Egyfajta kivitelüknél több egymás fölé helyezett szűrőtöltetet használnak, ami csökkenti az alapterület igényt. Hideg éghajlaton alkalmazásuk korlátozott.

A **zárt biofiltereknél** ventilátorok szállítják a kezelendő gázáramot elosztórendszeren keresztül a töltethez függőlegesen le vagy felszálló irányban. A gázz szállító fűvő, ventilátor, elosztórendszer kialakításával elkerülendő a korrozív gázok, kondenzkiválás, porlerakódás és iszapképződés káros hatásai.

Az alkalmazott biofilterek többsége nyitott; ezek olcsóbbak, de a zártakhoz képest kevésbé hatékonyak. Zártakat elsősorban az ellenőrizhető gáz be – és kivezetés miatt célszerű előnyben részesíteni. Általában igaz hogy a nyitott kivitelűek kisebb mértékű emisszió csökkentésre képesek. Korszerű zárt berendezésekből kifejleszthetők biológiailag nehezen bontható komponensek eltávolítására is alkalmas berendezések.

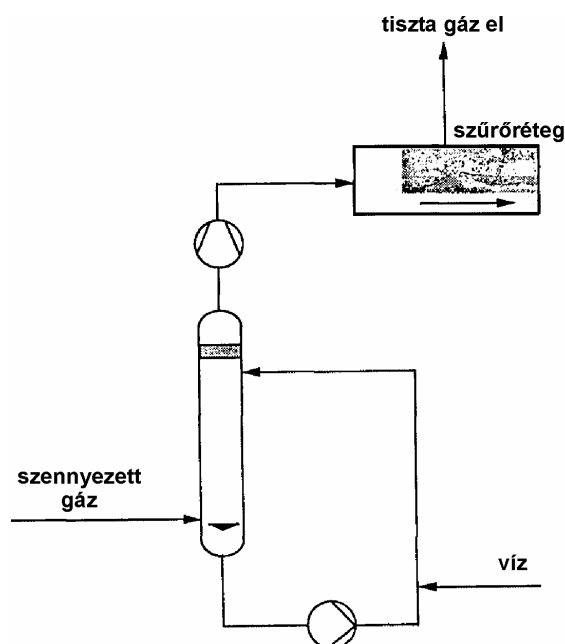
A mikrobahordozó ágy magassága 0,5-1,5 m közötti, esetenként 2, max. 3 rétegű. A fajlagos felületi légáramterhelés 100-500 Nm³/m²h. A levegő nedvesítése igen fontos (95 % ill. ennél is nagyobb relatív páratartalom szükséges). Elérése a bevezetett gázáram nedvesítésével vagy külön gázmosóval oldható meg, esetenként a töltet is nedvesítendő – bár víztartalma 60 % alatt tartandó az összetapadás elkerülésére. A nedvesítő berendezést védeni kell az elfagyástól, ahol a hőfok tartósan 0 °C alá kerül.

Melegebb (35 °C feletti) gázáramok hűtése is szükséges levegőbekeveréssel, gázmosó, ill. hőcserélő beiktatásával.

A gázmosás ezenkívül előkezelésként is alkalmas nagyobb por, vagy egyéb szennyező eltávolítására vagy ha (bizonyos) komponensek bioszűrőben nem távolíthatók el. A hatékony szennyező eltávolításhoz szükséges tartózkodási idő a koncentrációtól függ. Ökölszabályként 30-45 s irányozható elő. A bioszűrő szerkezeti anyaga alkalmas legyen a korrózió meggátlására. Kondenzvíz elvétel megoldása szükséges [cww/tm/46]. Egy tipikus bioszűrési folyamatábra szerepel a 3.62. ábrán [cww/tm/64], ahol az előkezelés gázmosóval történik.

Alkalmazás

Főleg vegyi vagy kőolajiparban és szennyvíztisztítóknál szokásos. Általában nem alkalmas sok különböző és változó összetételű szennyezőket tartalmazó gázáramokra. Metánra főleg a szükséges igen hosszú tartózkodási idő miatt nem használható.



3. 62. ábra: Tipikus bioszűrési folyamat

Az alkalmazás határai és korlátai:

	Határok / korlátok
Gázáram [Nm ³ /h]	100-400/m ² szűrőfelület ¹ 200000-ig
Hőmérséklet [°C]	15-40 ² 55, termofil baktériummal
Nyomás	Atmoszférikus ²
Oxigén koncentráció	Közel szabad levegő összetétel ¹
Relatív páratartalom [%]	>95, Közel telített ¹
Por és zsírtartalom	Eldugulást okozhat, előkezelés szükséges ³
Szénhidrogén [mg/Nm ³]	200-2000 ^{2,4}
Ammónia	<ul style="list-style-type: none"> szénhidrogén lebontást gátolhatja oxidálódhat N₂O-dá
Szagkoncentráció [szagegység/Nm ³]	20000-200000 ²
Toluol koncentráció [mg/Nm ³]	20-500 ²
Sztirol koncentráció [mg/Nm ³]	50-500 ²
N,S vagy Cl tartalmú vegyületek	Kis pufferkapacitású töltetet elsavanyíthat, emiatt az gyakrabban cserélendő
Éghajlat	Fagy, eső, nagy meleg, hatását rontja
¹ [cww/tm/64] ² [cww/tm/70] ³ [cww/tm/132] ⁴ megjegyzés	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Egyszerű szerkezet Adszorpció és abszorpció közreműködésével csekély oldhatóságú komponense is só Nagyon hatékony biológiailag bontható vegyületekre, bűzanyagokra 	<ul style="list-style-type: none"> Kiszáradt tözeg és komposztágyat nehéz újra nedvesíteni Nagy helyigény Töltet mérgeződését elsavanyodását meg kell előzni Gázáram ingadozás a hatékonyságot csökkenti Töltet portól eltömődhet

Elérhető koncentrációk és eltávolítási hatások

	Eltávolítás hatások [%]	Maradó koncentráció [mg/Nm ³]	Megjegyzés
Szénhidrogén	75-95 ¹	>5 ¹	
Toluol	80-95 ¹	>5 ¹	
Sztirol	80-90 ¹	>10 ¹	
Szag	75-95 ¹	>5000 szagegység/Nm ³ ¹	Töltet saját szaga 200-500 szagegység/Nm ³

¹ [cww/tm/70]

Az eltávolítási hatások erősen függ a véggáz összetételétől.

Közegek közötti keresztaszennyezés

Anyag – és energiafelhasználás értékei:

Fogyóanyag, közmű	Mennyiség	Megjegyzés
Töltetanyag ^a		
Vegyszerek (tápanyag, lúg a pH beállításhoz)		
Víz	5 l/1000 Nm ³ ¹	
Energia [KWh/1000 Nm ³]	<1 ¹	
Nyomásesés [kPa]	0,5-2 ¹	

^a A szűrő töltet élettartamát, savasodás, mérgezés, roszakadás, csökkenti, tipikusan 1 év alatt

¹ [cww/tm/70]

Nyitott bioszűrők töltetét időnként fel kell lazítani, ill. kicserélni (fő oka az áthaladó gáz csatornaképzése, amely a hatékonyságot csökkenti). Mivel nem csak biológiailag lebontható illó (VOC) szennyezők lehetnek a véggázban, ezek a töltetekben felhalmozódhatnak és annak veszélyes hulladékkénti kezelését tehetik szükségessé (pl. égetés). A töltetből kiszivárgó folyadékban külön eltávolítható szerves szennyezők lehetnek. Zárt bioszűrőkben a szivárgó vizet általában visszakeringetik.

Üzemellenőrzés

A szivárgóvíz forgalmát fontos figyelemmel kísérni, mivel működésének szempontjából kritikus lehet. Hatékonyságát a be és kilépő gázösszetétel meghatározással lehet jellemezni. Rendszeres szivárgó víz pH mérés követelmény.

Gazdaságosság

Költségfajta	Költség	Megjegyzés
Beruházási költség	5000-20000 EUR ¹ [1000 Nm ³ /h – ként]	
	4000-180000 ATS ² [m ³ szűrőfelületenként]	
Üzemköltség ^a	10000-20000 ATS ²	
munkaerő		Szűrőnként heti 1 óra + évente 2 nap
fogyóeszköz		
Karbantartás ^b	5000-300000 ATS ² <1000 ATS ^{c2}	
^a 1000 Nm ³ /h kapacitásra évente ^b évente ^c 1000 Nm ³ /h kapacitásra évente ¹ [cww/tm/70] ² [cww/tm/46]		

Üzemeltetési/fenntartási költségei alacsonyak, mivel tüzelőanyag és vegyszerigény nincs.

A költségeket meghatározó tényezők.

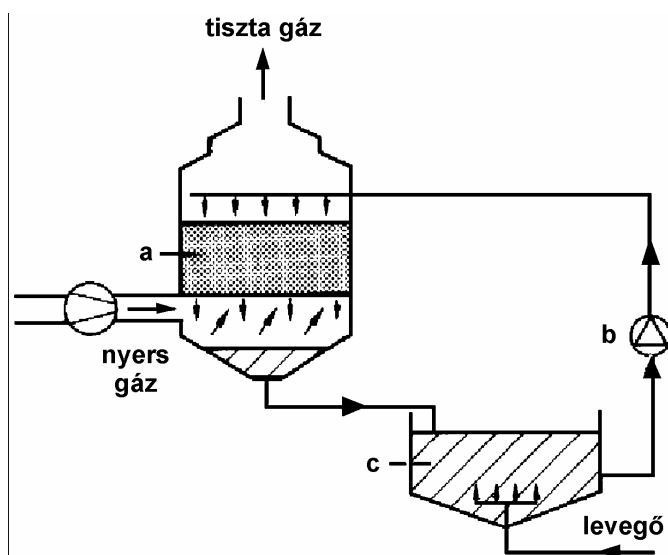
- Véggáz mennyiség,
- bemenő szennyező koncentráció,
- bemenő szennyező típusa,
- kívánt eltávolítási hatások,
- töltet fajtája.

3.5.2.2 **Biomosás**

A biomosás a nedves gáztisztítás (gázmosás) (lásd 3.5.1.4. fejezet) és biológiai lebontás olyan kombinációja, ahol a mosófolyadék a káros gázkomponenst oxidáló mikrobakultúrát tartalmaz, így alkalmazhatóságának feltételei:

- az eltávolítandó gázkomponens kimosható legyen
- a kimosott komponens aerob úton bomoljon le.

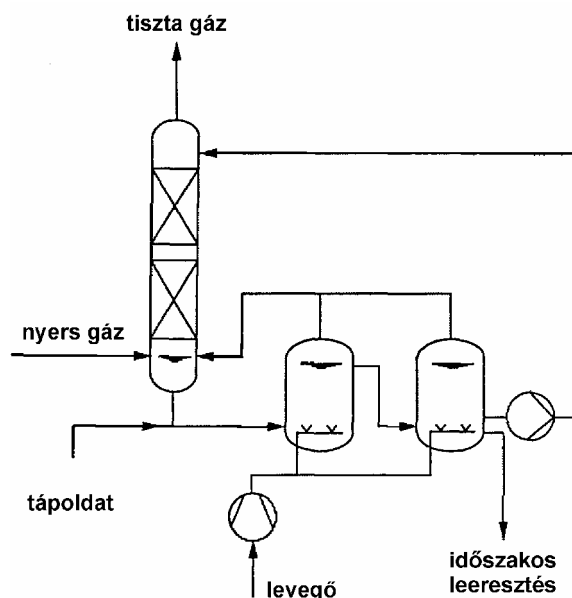
A biomosót a 3.63 ábra mutatja [cww/tm/132]



3.63 ábra Tipikus biomosa, a.) abszorber b.) eleveniszap keringeteses c.) eleveniszapos levegőztető tartály

A levegőztető reaktor eleveniszapos, vagy hordozós rendszerű lehet (részletei a 3.3.4.3.1 fejezetben). A mosótorony tervezésénél kritérium, hogy abban a gáz tartózkodási ideje egy másodperc körül legyen ami változik a szennyező és koncentrációja függvényében.

A bioszók oltását általában eleveniszapos szennyvíztisztítóból végzik. Szennyezőktől függően teljesítményét néhány hetes adaptáció után éri el. Ipari fermentorból származó oltókultúrát főleg kéntartalmú (merkaptánok, kénhidrogén, dimetilszulfid stb.) vagy klórozott (klórmetán, klóretánok) komponenseknél használnak [cww/tm/70].



3.64 ábra Tipikus biomosa eljárás [cww/tm/64]

A keringetett folyadék sótartalmának növekedését okozzák a: párolgás, ásványi bontástermékek, beadagolt tápoldat – és pH állító vegyszer felhalmozása. Következésképpen lehet a biológiai folyamat gátlása, bár egyes adatok szerint ez csak 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vezetőképesség fölött történik [cww/tm/53].

Kén, klór és nitrogén tartalmú komponensek eltávolítása savanyodást okoz, amely pH szabályozással ellensúlyozható.

A keringetett folyadék 20-40 napos tartózkodási (használati) ideje bizonyult megfelelőnek.

Alkalmazás

Biomosást vegyi – és kőolajiparban és szennyvíztisztítóknál alkalmazzák főleg. Biológiailag lebomló komponenseket képes eltávolítani, azaz: aminokat, szénhidrogéneket, kénhidrogént, toluolt, sztirolt és egyéb bűzös anyagokat (ammóniát). Jól alkalmazható vízoldható szennyezők kis koncentrációira.

Tipikus és kipróbált alkalmazásokat tartalmaz a 3.14. táblázat [cww/tm/53]

	Szagok eltávolítása	Alifás szénhidrogének	Aromás szénhidrogének	Nagy oxigéntartalmú vegyületek	Kénvegyületek	Nitrogyületek	Halogénezett szénhidrogének	H ₂ S	NH ₃	Éterolajok
Biológiai szennyvíztisztítók eleveniszapos medencéi	X	X	X	X	X	X		X	X	
Enzim gyártás	X			X						
Illatszert gyártás	X		X	X						X
Gumiipar	X				X			X		
Festékhulladékok kondicionálása	X	X	X	X		X				
Metionin gyártás	X				X					
Polimerizáció	X			X						
Veszélyes-hulladék lerakók gázai	X	X	X	X		X		X	X	

3.14 táblázat Tipikus biomosó alkalmazások

Az alkalmazhatóság szempontjából jelentős komponens csoportok: [cww/tm/53].

Jól alkalmazható	Alkalmazható	Nem alkalmas
<p><u>Alkoholok</u> (metanol, etanol, butanol, glikol, diglikol, butilglikol)</p> <p><u>Aldehidek és ketonok</u> (formaldehid, acetaldehid, aceton, MIBK)</p> <p><u>Karboxilsavak és észterek</u> (ecetsav, propionsav, vajsav, n-butyl-acetát, etil-acetát, metilmetakrilát, glikolsav-észter)</p> <p><u>Fenolok</u> (fenol, krezol)</p> <p>Kéntartalmú heterociklusos vegyületek</p> <p>Merkaptánok</p> <p>Aminok</p> <p>Nitrogéntartalmú heterociklusos vegyületek</p> <p>Klórfenolok</p> <p>Kénhidrogén</p>	<p>Naftalin</p> <p>Tioéterek (szulfidok)</p> <p>Ammónia</p>	<p><u>Alifás szénhidrogének</u> (metán, pentán, hexán, hosszabb szénláncú szénhidrogének, acetilén stb. ciklohexán)</p> <p><u>Aromás szénhidrogének</u> (Benzol, toluol, xilol, sztirol) kivéve naftalin</p> <p><u>Éterek</u> (tetrahydrofuran, dietiléter, dioxán)</p> <p>Széndiszulfid</p> <p>Nitrovegyületek</p> <p><u>Halogénezett szénhidrogének</u> (diklórmétán, triklóretilén, perklóretilén, 1,1,1-triklóretán, 1,2-diklóretán, VCM, kivéve klórfenolok)</p>

Az alkalmazás határai és korlátai:

	Határok / korlátok
Gázáram [Nm ³ /h]	1000-3000 Nm ³ /h oszlopkeresztmetszet m ² -enként ¹
Hőmérséklet [°C]	15-40 ² 30-35 (optimum) ³
Nyomás	légköri ²
Mikroorganizmus koncentráció	>15 g/l szárazanyag ³
A kilépő gáz illó szervesanyag tartalma	100-2000 mg/Nm ³ ^{2,3}
Ammónia koncentráció	50-200 mg/Nm ³ ²
Szagkoncentráció [szagegység/Nm ³]	>20 000 ²
¹ [cww/tm/64]	
² [cww/tm/70]	
³ [cww/tm/53]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Nagy koncentrációk kezelhetők a jó mikrobiológiai konverzió miatt Alkalmas nagy koncentrációjú kén-, nitrogén ill. klórtartalmú vegyületekre is 	<ul style="list-style-type: none"> A biomassa szaporodik, hulladékként kell elhelyezni és a keringetett vízáram az eldugulását okozhatja A rosszul oldódó vegyületek nehezen kezelhetők A hatékonyságot jelentősen befolyásolja a bemenő áram fluktuációja (pl. változó koncentrációk) Az átcsepegő víz tisztításra szorul

Elérhető koncentrációk és eltávolítási hatások

Jellemző	Eltávolítás [%]	Kibocsátás [mg/Nm ³]	Megjegyzés
Illó szervesanyag (VOC)	80-90 ¹		
Ammónia	80-95 ¹		
Szagok	70-80 ¹		
¹ [cww/tm/70]			

Közegek közötti keresztzennyezés

Anyag és energiafelhasználási adatok:

Fogyóanyag	Mennyiség	Megjegyzés
Vegyszerek (tápanyag, lúg a pH beállításhoz)		
Víz		
Eleveniszap		
Energia [Wh/1000 Nm ³]	0,2-0,5 ¹	
Nyomásesés [kPa]	0,2-0,5 ¹	
¹ [cww/tm/70]		

Üzemellenőrzés

A hatékonyságot a be – és kimenő gázáram elemzésével vagy szaga alapján lehet megítélni. A folyadék pH-jának szabályozása szükséges.

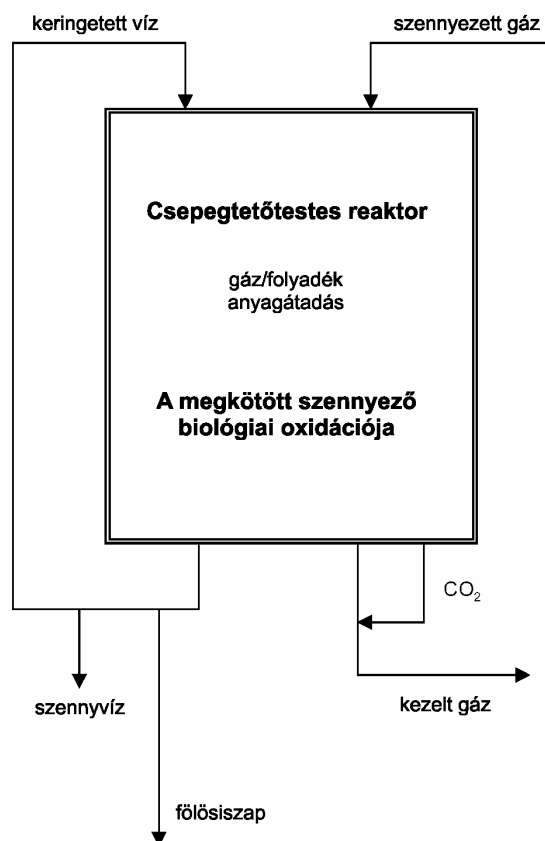
Gazdaságosság

Költségtípus	Költség	Megjegyzés
Beruházási költség [per 1000 Nm ³ /h]	5000-15 000 EUR	
Üzemköltség munka energia, közmű fogyóeszköz		heti 1/2 nap ¹
¹ [cww/tm/70]		

3.5.2.3 Csepegtetőtestes gáztisztítás

A biomasához hasonló elvű, de különbözik tőle abban, hogy a mikrobák hordozóelemeken kötött állapotúak.

Működési elvét a 3.65 ábra mutatja.



3.65 ábra a csepegtetőtestes gáztisztítás

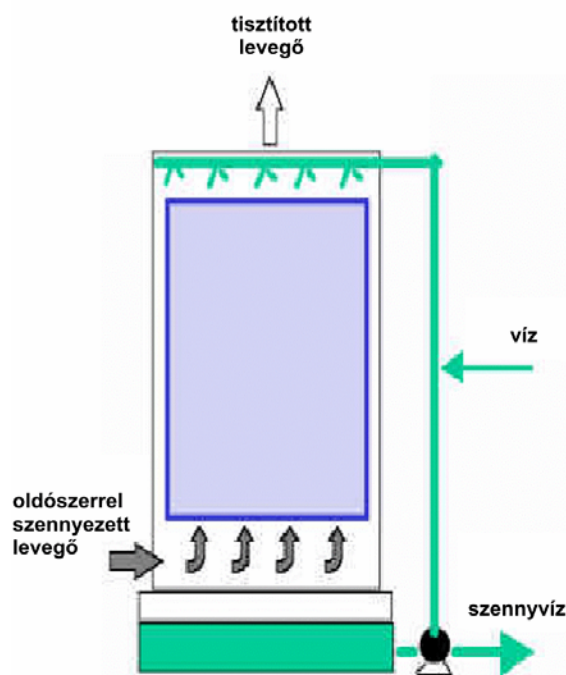
A reaktorokban elhelyezett inert hordozóágyon keresztül cirkuláltatják a vizes fázist. A töltet lehet rendezetlen ömlesztett anyag, mint Rasching gyűrűk, nyergek, vagy rendezett töltet szerkezetek. Kiválasztásánál fontos biztosítani, hogy még főlös iszapképződés esetén se dugulhasson el.

Olyan felületi tulajdonságú legyen ami biztosítja a mikroba tapadást. Az eltávolítandó szennyeződés és az oxigén a keringetett vízben oldódik, ami a biofilmmel érintkezve biztosítja a lebontást. A gáz-folyadék anyagátadás mértéke így a szennyező eltávolítás is a nedvesített töltetfelület nagyságától függ. Jó eredmény érdekében a folyadék egyenletes elosztását kell biztosítani a biofilm felület, ill. reaktor keresztmetszet mentén. [cww/tm/53]. A sejtrögzítés és biofilm képződés spontán folyamata az oltással kezdődik. A folyadékfázis látja el a mikrobákat a szükséges tápanyagokkal. Ugyanezen az úton távolítja el (mossa ki) a főlös iszap mennyiségét, ill. reakciótermékeket (pl. a gátló hatású sósavat, ami diklórmétán bontásakor keletkezik és gátló hatású). A folyadék pH-ját, tápanyag és sókoncentrációit szabályozni kell [cww/tm/53].

Mint a biomasznál is **sófelhalmozódás** történik.

Elkerülését segítik elő az alábbi intézkedések:

- időszakos folyadék leeresztés és frissvíz utánpótlás
- lágyított víz használata
- kezelendő véggáz előzetes páratelítése



3.66 ábra Tipikus csepegtetőtesztés gáztisztító

Alkalmazás

A biomasóéhoz igen hasonló; az eltávolítható komponensek tekintetében igen kis különbségek vannak; amelyeknek jellemző csoportjait az alábbi táblázat mutatja. Érdeemes ezeket összevetni a 3.5.2.2. fejezet táblázatának adataival [cww/tm/53].

Jól alkalmazható	Alkalmazható	Nem alkalmas
Alkoholok (metanol, etanol, butanol, glikol, diglikol, butil-glikol) Aldehidek és ketonok (formaldehid, acetaldehyd, acetone, MIBK) Karboxilsavak és észterek (ecetsav, propionsav, vajsav, n-butyl-acetate, ethyl-acetate, methyl-metacrylate, glycolic acid-ester) Fenolok (phenol, creosol) Kéntartalmú heterocyclic compounds Mercaptans Aminok Nitrogen-containing heterocyclic compounds Chlorophenols Carbonyl sulfide	Styrene, naphthalene Heterocyclic sulfur compounds Carbonyl sulfide Trichloroethane VCM	Aliphatic hydrocarbons (methane, pentane,) Perchloroethylene 1,1,1-trichloroethane

Az alkalmazás határai és korlátai [cww/tm/70].

	Határok / korlátok
Hőmérséklet [°C]	15-40 ¹ 30-35 (optimum) ²
Nyomás	légköri ²
Mikroorganizmus koncentráció	>15 g/l szárazanyag ³
A kilépő gáz illó szervesanyag tartalma [mg/Nm ³]	400-2000 ^{1,2}
Ammónia koncentráció [mg/Nm ³]	100-400 ¹
Szagkoncentráció [szagegység/Nm ³]	>20 000 ¹
Kénhidrogén koncentráció [mg/Nm ³]	50-200 ¹
Merkaptán koncentráció [mg/Nm ³]	5-100 ¹
¹ [cww/tm/64]	
² [cww/tm/70]	
³ [cww/tm/53]	

Előnyei és hátrányai

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Az abszorbeált komponensek biológiai lebomlása Alkalmas közepes koncentrációjú, savasodást okozó kén-, klór és nitrogéntartalmú vegyületekre Kis pH korrekció lehetséges 	<ul style="list-style-type: none"> A hatékonyságot jelentősen befolyásolja a bemenő légáram fluktuációja A rosszul oldódó vegyületek nehezen kezelhetők El kell kerülni a toxikus vagy nagy koncentrációjú savasodást okozó vegyületeket

Az elérhető szennyező koncentrációk/hatásfokok

Jellemző	Eltávolítás [%]	Kibocsátás [mg/Nm ³]	Megjegyzés
Illó szervesanyag (VOC)	80-95 ¹		
Ammónia	80-95 ¹		
Szagok	70-90 ¹		
Kénhidrogén	80-95 ¹		
Merkaptánok	70-90 ¹		
Széndiszulfid	98-99 ²		Belépő koncentráció 100 mg/Nm ³
Sztirol	80 ²		Belépő koncentráció 160 mg/Nm ³
VCM	99 ²		Belépő koncentráció 100 mg/Nm ³
¹ [cww/tm/70]			
² [cww/tm/53]			

Fő anyag – és energiafelhasználási adatok:

Fogyóanyag	Mennyiség	Megjegyzés
Vegyszerek (tápanyag, lúg a pH beállításához)		
Víz		
Eleveniszap		
Energia [Wh/1000 Nm ³]	<1 ¹	
Nyomásesés [kPa]	0,1-1 ¹	
¹ [cww/tm/70]		

A keringtetett folyadékban a biológiai reakciók miatt sófelhalmozódás történik, így az időnként cserélendő. A használt folyadék szennyvízként kezelendő, ill. helyezendő el. A fölös eleveniszap a szokásos módon kerülhet elhelyezésre, a szennyezésitől függően pl. égetéssel.

Esetenként a folyadék bűzös így a tartály feletti légtér zárt kialakítása, ill. a levegőkezelés szükséges lehet.

Célszerű az alábbi adatok folyamatos mérése: pH, hőfok, oxigén koncentráció, vezetőképesség [cww/tm/53].

Gazdaságosság

Költségtípus	Költség	Megjegyzés
Beruházási költség [per 1000 Nm ³ /h]	5000-20 000 EUR	
Üzemköltség munka energia, közmű fogyóeszköz		heti 1/2 nap ¹
¹ [cww/tm/70]		

3.5.2.4 Termikus oxidáció

Leírás

A termikus oxidáció a hulladékgázokban előforduló éghető gázok és szaganyagok olyan oxidációja, melynek során a szennyező anyagok és levegő vagy oxigén elegyét az öngyulladás hőmérséklet fölé melegítik és a széndioxiddá és vízzé történő lebontáshoz elegendő ideig, magas hőmérsékleten tartják. A tartózkodási idő, hőmérséklet (kb. 200-400 °C-kal a gyulladási hőmérséklet felett), turbulencia (kevertetve) és az oxigén koncentráció együttesen határozzák meg az égetési folyamat fokát és hatékonyságát. Ezek a tényezők szolgáltatják az illékony szerves anyag (VOC) oxidációs rendszerek tervezési alapparamétereit. Amikor halogénezett VOC van jelen, speciális égetési körülmények válhatnak szükségessé a dioxinok keletkezésének (de-novo szintézis) csökkentésére, bár normal esetben elhanyagolható mennyiségű dioxin képződéssel kell számolnunk a hulladék gázok égetésénél, ha:

- a tartózkodási idő ≥ 1 s [cww/tm/118 és 120]
- a hőmérséklet ≥ 1100 °C [cww/tm/118 és 120]

- az oxigéntartalom a füstgázban > 3 %
- az égető után a füstgázt gyorsan lehűtjük, hogy a dioxin keletkezési hőfokzónát "átugorjuk".

További készülékek, mint pl. lúgos mosó, beépítése szükséges a hidrogén-halogenidek eltávolítására.

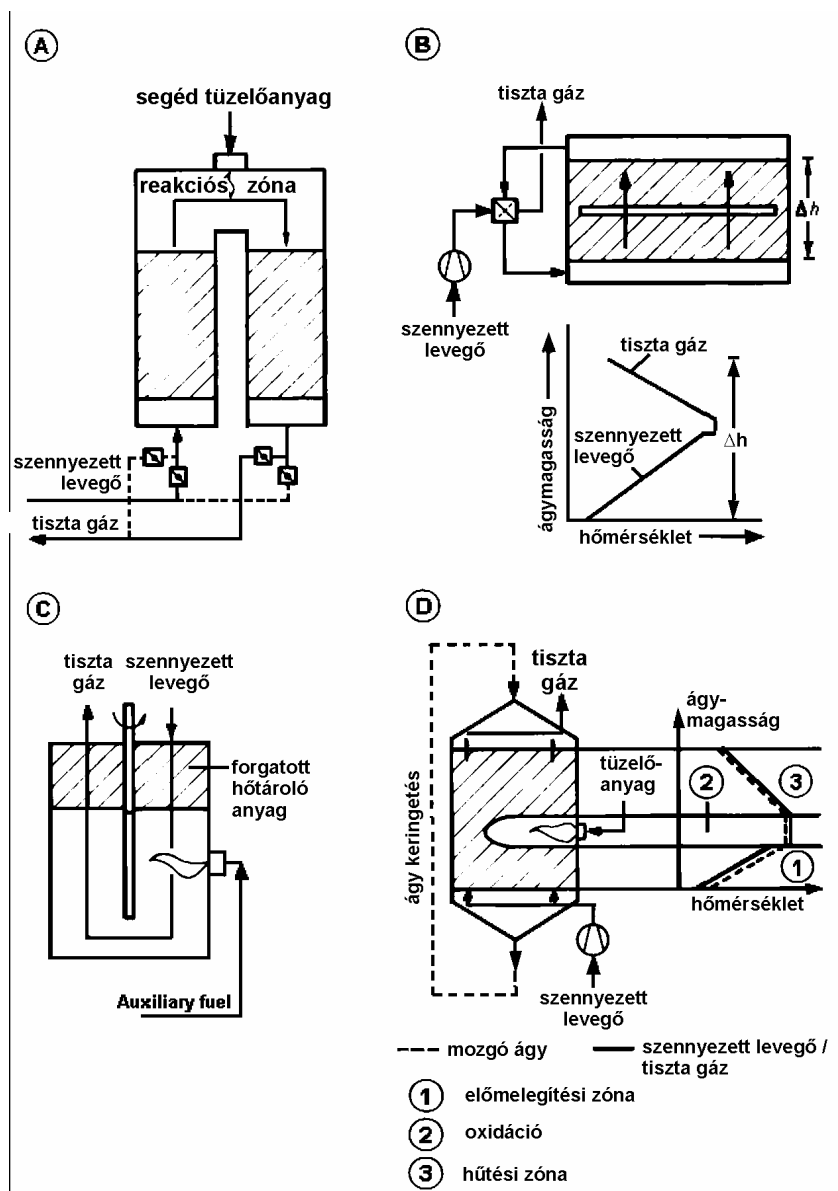
A termikus oxidáció berendezései működhetnek, mint:

- egyutas termikus oxidáló, amelyik egy hőhasznosító nélküli égetőkamrából áll
- hőhasznosítóval ellátott termikus oxidáló, amely a következő lépések szerint működik [cww/tm/132]:
 - a hulladékgáz közös bemeneten keresztül belép az oxidálóba, és egy pillangó szelepen keresztül áthalad a regeneráló kamrán
 - azután egy kerámia hőcserélőn áthaladva a gáz hőmérséklete megközelíti az oxidációs hőmérsékletet
 - azután belép az égető kamrába, ahol támasztó tüzelés segítségével a hőmérsékletet kb. 800 °C-on tartják, az éghető gázokból felszabaduló hő csökkenti az égők tüzelőanyag szükségletét
 - azután az égetőből kilépő gázáram felmelegíti a második kerámia hőcserélőt, biztosítva ezzel az előmelegítést a következő ciklushoz
 - a tiszta gázáram egy szelepen keresztül távozik.

A viszonylag magas égőtérbeli hőmérséklet, a nagy levegőfelesleg és a láng kismértékű befolyásolása következtében csak kis mennyiségű szénmonoxid és NO_x képződik.

Ez a rendszer viszonylag nagy hulladék gázáramok (200 Nm³/s-ig) esetén alkalmazható. Átlagosan 90-97 %-os hővisszanyerés (hulladékgáz előmelegítésén keresztül) érhető el [cww/tm/132].

A hőhasznosítóval ellátott termikus oxidáló rendszerek elrendezésére mutat példákat a 3.67. ábra [cww/tm/132]:



3.67. ábra A különböző hőhasznosítóval ellátott termikus oxidáló rendszerek elrendezései

A., Fix ágyas hőcserélő B. Combu-Changer C., Ljungstrom hőcserélő D., Mozgó ágyas hőcserélő

- rekuperátoros termikus oxidáló, egy égetőkamrából, hulladékgáz előmelegítőtől áll és ha megfelelő, egy második energia visszanyerő hőcserélőtől, az előmelegítés folyamatos hőcserével történik. Ez a rendszer viszonylag alacsony hulladék gázáramok ($< 14 \text{ Nm}^3/\text{s}$ -ig) esetén alkalmazható. Átlagosan 50-80 %-os hő visszanyerés érhető el [cww/tm/132].
- gázmotorok és/vagy gőzkazánok [cww/tm/132], 57-67 % energia visszanyeréssel. A hulladék gázt gázmotorban égetik el, ha szükséges földgázt, mint fenntartó tüzelőanyagot is adagolnak. A gőzgenerátorok elektromos áramot termelnek. A motor egy katalitikus konvertert tartalmaz, hogy a távozó gázárambeli szénmonoxidot oxidálja. A gázmotort egy gőzkazánal kapcsolják össze, hogy a távozó gázok hulladékhőjét gőztermelésre

használják. A kazántápvizet a motor hűtővizével melegítik elő. Az alacsony égési hőmérsékleten az NO_x képződése is alacsony. A gázmotort elhagyó gázt oxidációs katalizátoron vezetik át a szénmonoxid csökkentése céljából.

A termikus oxidálók tervezési kritériumai elsősorban a hulladék gáz természetétől függenek, mivel azok határozzák meg az égetés körülményeit. A legfontosabb tételek ezzel kapcsolatban a következők:

- Az égők

Néhány égőtípust mutat be a 3.15 Táblázat [cww/tm/79].

Égő	Jellemzői
Többfejes égő	a tüzelőanyag és égési levegő és a visszavezetett levegővel bevitt meleg gázok sokkal jobb összekeverését biztosítja. Ugyanakkor csak tiszta gázok és gáznemű tüzelőanyagok használhatók. A visszaforgatás (a teljes és a minimális kimenet aránya) behatárolt és nagy oxigéntartalmú égési levegő ajánlott.
Egyszerű égőfej	a többfejes égőknél olcsóbbak
Előkevert lángú égő	hatékony égetést biztosít, de csak gáz tüzelőanyaggal és tiszta levegővel üzemel
Diffúziós égő	felhasználható folyékony és gáznemű tüzelőanyag és tiszta vagy használt levegő
Vortex égő	hatékony égetést és egy rövid lángot biztosít, de egy 500 mm vízoszlop szállítóképességű ventilátor szükséges, alacsony visszaforgatás és elszennyeződési hajlam
Olajégő	hosszabb lángot ad, drágább, több karbantartást igényel, korlátozottabb a visszaforgatás és általában nem olyan tiszta, mint egy gázégő.

3.15. táblázat Égőtípusok

- A keverő zóna [cww/tm/79]

Jó keveredés érhető el:

- turbulens áramlások közötti természetes diffúzióval
- gázáramok bizonyos szögben történő összeütköztetésével
- az áramlás irányának a változtatásával.

- Az égető kamra [cww/tm/79]

A méretezésénél figyelembeveendő körülmények:

- az átmérőnek biztosítani kell a turbulens áramlást
- elég nagyoknak kell lennie, hogy a láng ne oltódjon ki benne
- a hosszát a láng hossza, plusz a jó keveredés biztosításához szükséges hossz határozza meg
- ellen kell állnia a hőnek és a korrózióknak

- ellen kell állnia a gyakori nyomásváltozásoknak.
- A hulladékgáz előkezelő [cww/tm/79]
 - Amikor a termikus oxidálóba való belépés előtti előkezelés szükséges:
 - lekondenzáltatjuk a vízgőzt a nedves hulladékgázból
 - eltávolítjuk a szilárd és folyékony szennyezőket
 - a hulladékgázt töményítjük (pl. GAC vagy zeolit adszorpciót követő deszorpcióval), hogy csökkentsük a kezelendő gáz térfogatát
 - előmelegítünk, csökkentve ezzel a tüzelőanyag szükségletet.
- Biztonsági berendezések [cww/tm/79]
 - A szükséges biztonsági egységek:
 - láng visszagyulladását megakadályozó egységek, pl. síklemezes lángoltó, többszítés lángoltó, és/vagy vízzárak
 - a termikus oxidáló indítás égőjének kilevegőztetési periódusa
 - térfogatáramok elzárása a láng megszűnésekor
 - csúcshőmérsékletek határérték kapcsolói.

Alkalmazás

A termikus oxidálók az összes VOC forrásból, – beleértve a reaktorok, desztillálók, oldószerkezelők, kemencék, szárítók és pörkölők ventilációs gázait-, származó emissziók csökkentésére alkalmasak. A térfogatáramok kismértékű ingadozásait elviselik, de a nagymérvű ingadozásnál a fáklyázás alkalmazandó. A segéd tüzelőanyag szükséglet nagy lehet, amikor alacsony fűtőértékű hulladékgázt adagolunk, így legjobb az alkalmazás a közepes és magas VOC értékű hulladékgázoknál. A termikus oxidálókat az ipari folyamatok széles köréből származó VOC ellenőrzésére használják, pl.:

- kőolaj termékek és más illékony szerves folyadékok tárolása, feltöltése/lefejtése
- tartályok tisztítása (vasúti tartálykocsik, közúti tartálykocsik, tartályhajók)
- szintetikus szerves vegyipari folyamatok ventilációs gázai
- festékgyártás
- gumi – és műanyaggyártás
- rugalmas vinil – és uretán bevonatok
- veszélyes hulladék kezelők tároló és lerakó helyei

Az alkalmazás korlátai és megszorítások [cww/tm/70]

	Korlátok / Megszorítások
Tipikus gáz térfogatáram [Nm ³ /h]	900–86000 (egyutas és hőhasznosítóval ellátott termikus oxidáló) ^{1,2} 90–86000 (rekuperátorral ellátott termikus oxidáló) ³

Hőmérséklet [°C]	750–1000 ⁴ 980–1200 veszélyes vegyületekkel ^{1,2,3}
VOC koncentráció a hulladékgázban	<25 % LEL ^{1,2,3}
Tartózkodási idő [s]	0.5–2 ⁵ (hőmérsékletfüggő)
Anyagok	nem alkalmasak azok az anyagok, amelyek a gázmotorokban vagy a gőzkazánokban történő alkalmazáskor korrozív vegyületeket termelnek
¹ [cww/tm/120] ² [cww/tm/119] ³ [cww/tm/118] ⁴ [cww/tm/132] ⁵ [cww/tm/64]	

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> Nagy és állandó hatásfok Egyszerű működési elv Megbízható működés A rekuperátort és hőcserélőt alkalmazó oxidáció magasabb hőhasznosítású, kisebb mennyiségű segéd tüzelőanyag fogyasztás, így alacsonyabb széndioxid kibocsátás A hulladék hő vagy a fejlesztett gőz együttes alkalmazása lehetséges 	<ul style="list-style-type: none"> Szénmonoxid és nitrogénoxidok kibocsátása Klórozott vegyületek égetésekor dioxin képződési kockázat A kén és/vagy halogenid tartalmú szerves vegyületek esetében füstgáz tisztítás szükséges <p>Segéd tüzelőanyag szükséges legalább induláskor és ha a VOC koncentráció az öngyulladásérték alatt.</p>

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Hatásfok [%]			Megjegyzések
	Egyutas	Hőcserélővel ellátott	Rekuperátorral ellátott	
VOC	98->99.9 ¹	95-99 ²	98-100 ^{a,3}	
PM ₁₀	25-99.9 ¹		25-99.9 ³	Ásványolaj és szénipari termékek
	50-99.9 ¹		50-99.9 ³	Vegyszerek és kapcsolódó termékek
Paraméter	Kibocsátási határérték [mg/Nm ³]			Megjegyzések
	Egyutas	Hőcserélővel ellátott	Rekuperátorral ellátott	
VOC	<1-20 ^b			Oxigéntartalom 3 tf %
^a >99.9999 % ^b alacsony értékek a veszélyes anyagokra, magas határérték a kevésbé veszélyesekre ¹ [cww/tm/120] ² [cww/tm/119] ³ [cww/tm/118]				

A termikus oxidáció VOC csökkentő hatékonysága a katalitikus oxidációénál nagyobb.

Közegek közötti keresztzennyezés

A fő anyag és energiaigény:

Felhasznált anyag energia	Mennyiség	Megjegyzések
Tüzelőanyag induláskor és nem hőntartó körülmények alatt ^a		
Villamos energia [kWh/1000 Nm ³]	3–8 ^{1,2}	
Nyomásesés [kPa]	1–5 ¹	
^a hőfenntartó tartomány VOC-re 1–10 g/Nm ³ ¹		
¹ [cww/tm/70]		
² [cww/tm/96]		

A széndioxid emisszió mellett az elmenő gázban szénmonoxid és NO_x nyomok is vannak, a nyers hulladékgáz összetételétől és az oxidáció körülményeitől függően. A szénmonoxid tartalmat csökkentik, pl. egy megfelelő katalízis alkalmazásával; a keletkező NO_x csökkentése további kezeléssel történik (lásd 3.5.4.2. Fejezet). A kén és halogenidek jelenléte további füstgáztisztítást igényel, pl. vizes vagy lúgos elnyelés (lásd 3.5.1.4. Fejezet) a hidrogén-halogenidek megkötésére, mésztinjektálás (lásd 3.5.4.1. Fejezet) a kéndioxid megkötéséhez, vagy GAC adszorpció hogy csökkentjük a dioxinokat, ha a dioxin keletkezést az égetési folyamatban nem tudjuk megelőzni. A szerves szilikon-vegyületek jelenléte magas fokú szilíciumdioxid diszperziót okoz, amelyet a megfelelő porszűrési technológiával kell csökkenteni. A gázkezelés szennyvíz keletkezésével jár, amelyet kezelni kell, pl. ülepitéssel (lásd 3.3.4.1.2. Fejezet) vagy semlegesítéssel.

Szabályozás [cww/tm79]

A határérték túllépésre hangjelzéssel járó, folyamatosan mért paraméterek:

- égetési hőmérséklet
- szervesanyag koncentráció
- szénmonoxid koncentráció
- nyomás
- cseppfolyós gáz betáplálás
- nyomásalatti levegő betáplálás

Egy további fontos paraméter a távozó gáz oxigéntartalma, az égetés körülményeiről ad felvilágosítást. Ez nagyon lényeges adat a halogéntartalmú vegyületek égetésekor.

A rendszer hatékonyságát a VOC és szaganyagok termikus oxidáció előtti és utáni koncentrációjának a mérésével lehet meghatározni. A VOC-kat lángionizációs detektorral, mint összes szenet tudjuk mérni. Az emissziók minőségi elemzését a különböző mintavételi helyekről vett minták GC/MS vizsgálataival végezzük. A szagemisszió csökkentés hatásfokát a megfelelő mintavételi helyekről vett minták szagintenzitás (illékonyagsmérés) vizsgálatával határozzuk meg.

Az égőket bizonyos időközönként meg kell vizsgálni, és szükség esetén megtisztítani. Ha a lerakódás gyorsan kialakul, megelőző megoldást kell alkalmazni. Hatásos előkezelés is szükséges lehet a szennyezett hulladék gáz megtisztítására, mielőtt az az

égőbe belép. Ha a lerakódás várhatóan korom, ez jelezheti a nem megfelelő hulladékgáz/tüzelőanyag arányt és ilyenkor ellenőrizni kell a határérték beállításokat.

Gazdaságosság

Költségek típusa	Költségek			Megjegyzések
	Egyutas	Hőcserélővel ellátott	Rekuperátorral ellátott	
Beruházási költségek [per 1000 Nm ³ /h]	USD 2800-59000 ¹	USD 24000-89000 ³	USD 8900-77000 ⁴	
	EUR 10000-40000 ²	EUR 20000-30000 ²	EUR 10000-50000 ²	
		FIM 131000-174000 ⁵		
Éves üzemelési költségek [per 1000 Nm ³ /h]	USD 24000-45000 ¹	USD 2400-5900 ³	USD 2800-14800 ⁴	
		FIM 6500 ⁵		
szükséges munkaerő	0,5 nap/hét	2 nap/év		
Költség hatékonyság [egy tonna szennyezőanyagra évente]	USD 440-3600 ¹	USD 110-21000 ³	USD 110-2200 ⁴	
¹ [cww/tm/120] ² [cww/tm/70] ³ [cww/tm/119] ⁴ [cww/tm/118] ⁵ [cww/tm/96]				

Költségtényezők [cww/tm/80]:

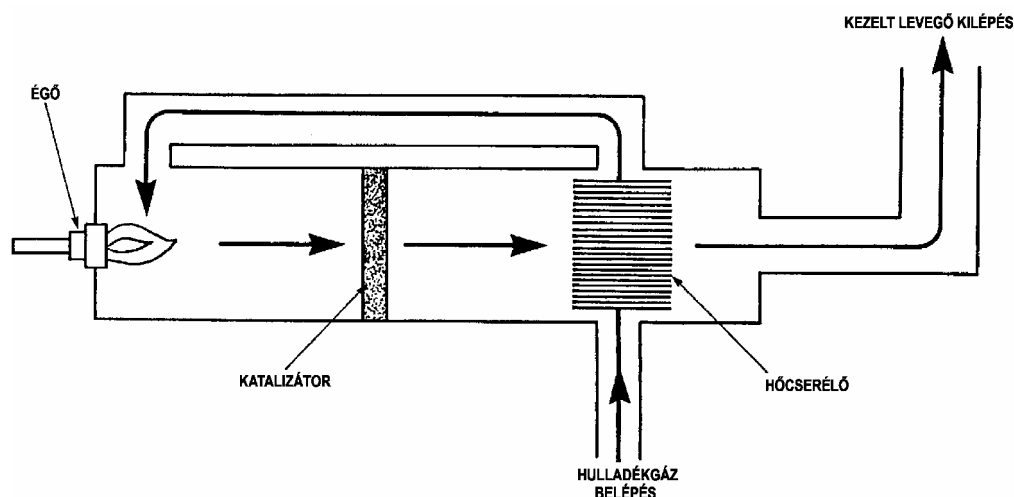
Tényezők	Befolyás / eredmény
Kezelt hulladékgázok térfogata	Égetőkamra méretei
Hulladékgáz hőtartalma	Égetőegységek, segéd tüzelőanyag igény tervezése
Égetési hőmérséklet	Szerkezeti anyag
Műszerezettség	
Hővisszanyerés választási lehetősége	
Elhelyezési követelmények (épületen belül, kívül, felszínen, fedetten, stb.)	

Cementégetőket és gőzkazánokat a VOC termikus oxidációja céljából használhatunk, ha a hőmérséklet és a tartózkodási idő korrekt tartományon belüli. Ez főleg akkor nagyszerű lehetőség, ha ezek már meglévő berendezések.

3.5.2.5 Katalitikus oxidáció

Leírás

A katalitikus oxidálók a termikus oxidálókhoz nagyon hasonlóan működnek, azzal a fő különbséggel, hogy a lángzónán keresztülvezetett gáz egy katalizátor ágyon is áthalad. A katalizátor növeli az oxidációs reakció sebességét, a termikus oxidációhoz képest alacsonyabb hőmérsékleten biztosítja ugyanazt a konverziót. A katalizátorok továbbá kevesebb oxidálószer használatát teszik lehetővé. A működési elvet a 3.68 ábra mutatja be [cww/tm/79].



3.68. ábra A katalitikus oxidáció működési elve

A hulladékgázt segédégőkkel kb. 300-500 °C-ra melegítik mielőtt a katalizátor ágyra lép. A katalizátor maximális hőmérséklete tipikusan 500-700 °C közötti értékre tervezett [cww/tm/116].

A katalitikus oxidációs rendszereket a gázáramnak a katalizátorral történő érintkeztetési módszer alapján osztályozhatjuk. Fix – és fluid-ágyas rendszereket egyaránt használnak.

A fix-ágyas katalitikus oxidálók használhatnak monolit vagy töltött ágyas katalizátorokat. A monolit katalizátor egy pórusos szilárd téglatest, amely a gázáram irányában elhelyezkedő párhuzamos, egymást nem metsző csatornákból áll. Előnye az indulás/leállítás alatti felfűtés/lehűlés okozta minimális kopás és az alacsony teljes nyomásesés. A töltött-ágyas katalizátorok csőben vagy alacsony peremű tálcákon elhelyezett részecskékből állnak, amelyeken keresztül a gáz áthalad. Összehasonlítva a monolit katalizátorokkal jóval nagyobb a nyomásesés és a katalizátor szemcsék az indulás/leállítás alatti katalizátorágy felmelegedés/lehűlés okozta hőváltozások miatt tördelődésre hajlamosak.

A fluidágyas katalitikus oxidálóknak előnye a nagyon nagy tömegátadási sebesség, bár a teljes nyomásesés valamivel nagyobb, mint a monolit katalizátoroknál. A fluid-ágy egy további előnye a nagy ágyoldali hőátadás, összehasonlítva a normál gáz hőátadási tényezővel. Egy újabb előny a fix-ágyas, vagy a monolit katalizátorokhoz képest a gázárambeli részecskék anyagával szembeni nagyobb tolerancia. Ez betudható a fluidizált katalizátor golyócskák állandó dörzsölődésének, amelyek

segítenek a részecskéket folyamatosan eltávolítani a katalizátor külsejéről. Egy hátrány a kopás okozta fokozatos katalizátor veszteség.

A VOC oxidáció tipikus katalizátorai vagy a nemesfémek, mint platina, palládium és ródium, kerámia vagy fémhordozón, vagy más fémek – úgymint a réz, króm, mangán, nikkel, kobalt, stb. oxidjai – kerámia golyóhordozókon, de lehetnek egyszerű, vagy kevert fémoxidok, gyakran szilárd mechanikai hordozón.

A króm/alumínium, kobaltoxid és rézoxid/mangánoxid katalizátorokat klórozott vegyületeket tartalmazó gázok oxidációjakor használnak. A platina-alapú katalizátorok kéntartalmú VOC oxidációjánál aktívak, ugyanakkor klór jelenlétében gyorsan dezaktiválódnak.

A hulladékgáz áramban lévő katalizátormérgek vagy maszkírozószerke jelenléte részecskék vagy reaktív vegyületek formájában, a katalizátorok élettartamára jelentős hatást gyakorolnak. A mérgezés lehet reverzibilis, pl. a katalizátor felületének olajokkal vagy zsírokkal történő bevonódása csökkenti annak hatékonyságát, de a bevonat a hőmérséklet emelésével leégethető. Ugyanakkor, ha bizonyos vegyületek vannak jelen, a katalizátor mérgezése irreverzibilissé válik. Ilyen katalizátormérgek:

- gyors hatású inhibitorok, mint foszfor, bizmut, arzén, antimon, ólom, higany, a katalitikus aktivitást irreverzibilisen csökkentve, a koncentrációtól és a hőmérséklettől függő mértékben
- lassú hatású inhibitorok, mint vas, ón, szilícium, irreverzibilis aktivitásvesztést okozva, de gyors hatású inhibitoroknál magasabb koncentrációkban is még tolerálható az aktivitás csökkenése
- reverzibilis inhibitorok, mint a kén, halogének, cink – a katalizátortól függően – a katalizátor aktív felületén a hőmérséklettől és koncentrációtól függő mértékű reverzibilis felületi bevonatot képeznek
- katalizátor felületét bevonó anyagok, mint szerves szilárd részek, az aktív felületen reverzibilis bevonatot képezve
- felületkárosító és felületbevonó anyagok, mint inert részecskék, amelyek az aktív felület befedését okozzák, plusz a katalizátor erózióját, a részecskemérettől, azok tömegáramától és a gáz sebességétől függő mértékben [cww/tm/80].

Mint a termikus oxidációnál, itt is különböző típusú oxidálók működnek:

- direkt katalitikus oxidáló
- regeneratív katalitikus oxidáló
- rekuperatív katalitikus oxidáló.

A katalitikus oxidálók általános működési körülményei:

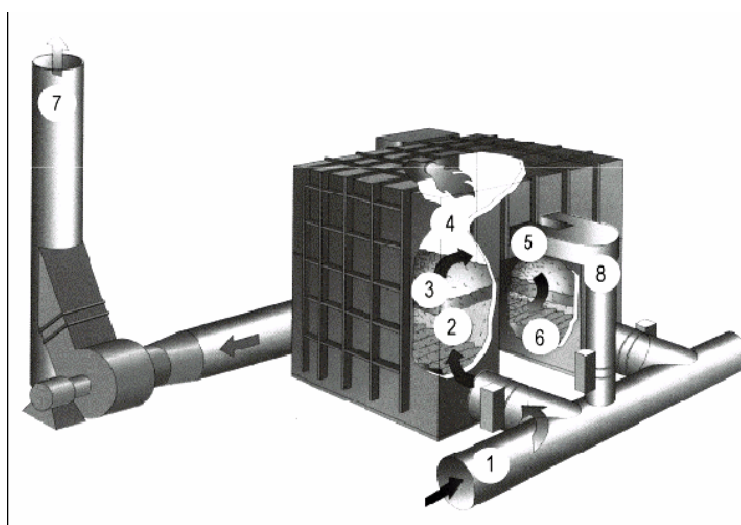
- földgáz, mint preferált tüzelőanyag (amikor támasztótüzelés szükséges)

- megosztott égő, mint alkalmas égő
- saválló vagy karbon acélból készült kamrák
- megfelelő hosszúságú égési zóna a katalizátor felületen történő áramok és hőmérséklet eloszlás biztosítására
- a katalizátor felületén keresztüli sík áramlási kép
- a hulladékgáz katalizátorágyon keresztüli dugószerű, visszakeveredés nélküli átvezetése
- 0,3-0,5 s tartózkodási idő.

Termikus oxidációval megegyezően néhány hulladékgáz előkezelése szükséges, úgymint a vízgőz lekondenzáltatása a nedves gázból, a szilárd és folyékony részek eltávolítása és – a katalitikus rendszerre jellemzően – a katalizátormérgek eltávolítása. A biztonsági követelmények csaknem ugyanazok, mint a termikus oxidációnál (lásd 3.5.2.4. Fejezet).

A katalitikus oxidáció tervezésénél ügyelni kell arra, hogy a katalizátor eltávolítása, mind tisztítási, mint pótlási célból egyszerűen megoldható legyen.

A regeneratív katalitikus oxidálóra mutat be egy példát a 3.69. ábra [cww/tm/132].



3.69. ábra Regeneratív katalitikus oxidáló

1., hulladékgáz belépés, 2., hőálló kerámia ágy, 3., katalizátor réteg, 4., égető kamra, 5., katalizátor beadagolása, 6., regeneráló kamra, 7., elvezető kémény, 8., átvezető cső

Alkalmazás

A katalitikus oxidálók a különböző stacioner források emisszióját csökkentik. A fő emissziós forrás az oldószer bepárlásból származó VOC, és sok iparág a katalitikus oxidációt széles körben alkalmazza ezekre a szerves anyagokra. A vegyipar és a kapcsolódó iparágakból néhány példa:

- kőolajtöltő állomások
- szintetikus szerves vegyipari folyamatok ventilációs eljárásai
- gumi – és műanyaggyártás
- polietilén, polisztirol és poliészter gyanta gyártása

A katalitikus oxidáció a legjobban illeszkedik az alacsonyabb hulladékgáz térfogattal járó rendszerekhez, amikor a VOC típusa és koncentrációja csak kismértékben változik, és ahol katalizátormérgek és más szennyező komponensek nincsenek a gázban jelen. Más komponensek – mint szénmonoxid és bizonyos mértékig a szilárd részecskék – csökkentésére speciális működésű egységek szükségesek.

Az alkalmazás korlátai és megszorítások:

	Korlátok / megszorítások
Tipikus gáz térfogatáram [Nm ³ /h]	1200–86000(egyutas és hőcserélővel ellátott oxidáló) ^{1,2} 90–86000 (rekuperátorral ellátott katalitikus oxidáló) ³
Hőmérséklet [°C]	300–500 katalizátor előtt 500–700 katalizátor után
VOC koncentráció a hulladékgázban	<25 % LEL ¹
Tartózkodási idő [s]	0.3–0.5 (a katalizátorágy hőmérsékletétől függően)
¹ [cww/tm/116]	
² [cww/tm/119]	
³ [cww/tm/118]	

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Jobban tömített, mint a termikus oxidáló • Alacsonyabb hőmérséklet és kevesebb segéd tüzelőanyag szükséges, mint a termikus oxidálónál • A légköri nitrogénből nem keletkezik NO_x, vagy csak kevés (kb. 20-30 %-a a termikus oxidációnál képződött mennyiségnek). • A hulladékgázbeli CO mennyiségét a katalizátor egyidejűleg csökkenti • Magas, állandó és megbízható működés lehetséges • A rekuperátorral és hőcserélővel ellátott oxidációnak nagy a termikus hatékonysága, alacsonyabb segéd tüzelőanyag szükséglettel és alacsonyabb széndioxid kibocsátással. • A hulladékhő vagy a fejlesztett gőz együttes alkalmazása lehetséges • Nem szükséges vagy alig kell szigetelésről gondoskodni • A termikus oxidációval összehasonlítva csökkentett gyúlékony veszélyes anyagok 	<ul style="list-style-type: none"> • A termikus oxidációhoz képest alacsonyabb VOC elégetési hatásfok • A gáz hőértékének a változására érzékeny rendszer • Klórozott vegyületek égetésekor dioxin képződési kockázat • Az összes katalizátor érzékeny a mérgező, szennyező és aktivitást csökkentő anyagokra • A szilárd részecskéket gyakran először kell eltávolítani • A nem regenerálható, kimerült katalizátort lerakóba helyezhetjük el.

Teljesíthető emissziós szintek / hatásfokok

Paraméter	Hatásfok [%]			Megjegyzések
	Egyutas	Hőcserélővel ellátott	Rekuperátorral ellátott	
VOC	95 ¹	90-99 ²		
	98-99 ^{a 1}			
PM ₁₀	25-99.9 ^{a 1}			Ásványolaj és szénipari termékek
	50-99.9 ¹			Vegyszerek és kapcsolódó termékek
CO		>98 ^{b 2}		
Szaghatás	80-95 ³			
Paraméter	Kibocsátási határérték [mg/Nm ³]			Megjegyzések
VOC	<1-20 ^b			
^a nagyobb katalizátor térfogat és/vagy magasabb hőmérséklet ajánlott ^b drága fémbázisú katalizátor ^c alacsony értékek a veszélyes anyagokra, magas határérték a kevésbé veszélyesekre ¹ [cww/tm/116] ² [cww/tm/119] ³ [cww/tm/70]				

Közegek közötti keresztzennyezés

A fő anyag és energiaigény:

Felhasznált anyag energia	Mennyiség	Megjegyzések
Tüzelőanyag indulásnál és nem hőtartó körülményeknél ^a [Nm ³ metán /1000 Nm ³]	0–100	
Villamos energia[kWh/1000 Nm ³]	1–2 ¹	
Nyomásesés [kPa]	1–5 ¹	
^a hőfenntartó tartomány VOC-re 1–2 g/Nm ^{3 1} (hőcserélővel ellátott rendszer) és 3–5 g/Nm ³ (rekuperátorral ellátott rendszer) ¹ [cww/tm/70]		

A környezeti emisszió magába foglalja a szénmonoxid nyomokat és, a termikus oxidációhoz képest a viszonylag alacsony hőmérséklet miatt, az alacsony NO_x tartalom. 15 mg/Nm³ emissziós értékek érhetők el.

A katalizátorok élettartama két év és valószínűleg több is. Azután azt regenerálni kell, vagy lerakni, mint vegyszert, esetleg veszélyes hulladékot.

Amikor az oxidált VOC-k ként és/vagy halogéneket tartalmaznak, további kéndioxid és/vagy hidrogén-halogenid emisszió várható. Ezek a megfelelő technikákkal csökkenthetőek.

Szabályozás [cww/tm/79]

A katalizátorágy hőmérséklete, az ágy nyomásesése, az égetési hőmérséklet, a távozó gázárambéli szénmonoxid és oxigén koncentráció folyamatosan mérendő az égetési körülmények ellenőrzése céljából.

A rendszer eltávolító hatékonysága meghatározható a VOC és a szaganyagok oxidáló előtti és utáni folyamatos mérésével. A VOC-kat lángionizációs detektorral, mint összes szenet tudjuk mérni. Az emissziók minőségi elemzését a különböző mintavételi helyek mintázását követő GC/MS vizsgálatokkal végezzük. A szagemisszió csökkentés hatásfokát a megfelelő mintavételi helyekről vett minták szagintenzitás (illékonyagsmérés) vizsgálatával határozzuk meg.

Az égőket bizonyos időközönként meg kell vizsgálni, és szükség esetén megtisztítani. Ha a lerakódás gyorsan kialakul, megelőző megoldást kell alkalmazni. Hatásos előkezelés lehet szükséges a szennyezett hulladék gáz megtisztítására, mielőtt az az égőbe belép. Ha a lerakódás várhatóan korom, ez jelezheti a nem megfelelő hulladékgáz/tüzelőanyag arányt és ilyenkor ellenőrizni kell a határérték beállításokat.

Gazdaságosság

Költségek típusa	Költségek			Megjegyzések
	Egyutas	Hőcserélővel ellátott	Rekuperátorral ellátott	
Beruházási költségek [per 1000 Nm ³ /h]	USD 14000-58000 ¹	USD 24000-89000 ³		
	EUR 10000-80000 ²	EUR 30000-40000 ²		
Éves üzemelési költségek [per 1000 Nm ³ /h]	USD 2800-21000 ¹	USD 3600-12000 ³		
szükséges munkaerő	0,5 nap/hét	2 nap/év		
Költség hatékonyság [egy tonna szennyezőanyagra évente]	USD 440-3600 ¹	USD 150-26000 ³		
¹ [cww/tm/116] ² [cww/tm/70] ³ [cww/tm/119]				

Költség tényezők [cww/tm/80]:

Tényezők	Befolyás / eredmény
Hulladékgáz térfogatárama	Égetőkamra méretei
Hulladékgáz hőtartalma	Égetőegységek, segéd tüzelőanyag igény tervezése
Oldószer elégetési hatásfok	Helyi áramlási sebesség és megfelelő mennyiségű katalizátor ajánlott
Katalizátor típusa	
Műszerezettség	
Hőcserélő típusa	

Elhelyezési követelmények (épületen belül, kívül, felszínen, fedetten, stb.)	
--	--

3.5.2.6 Fáklyázás

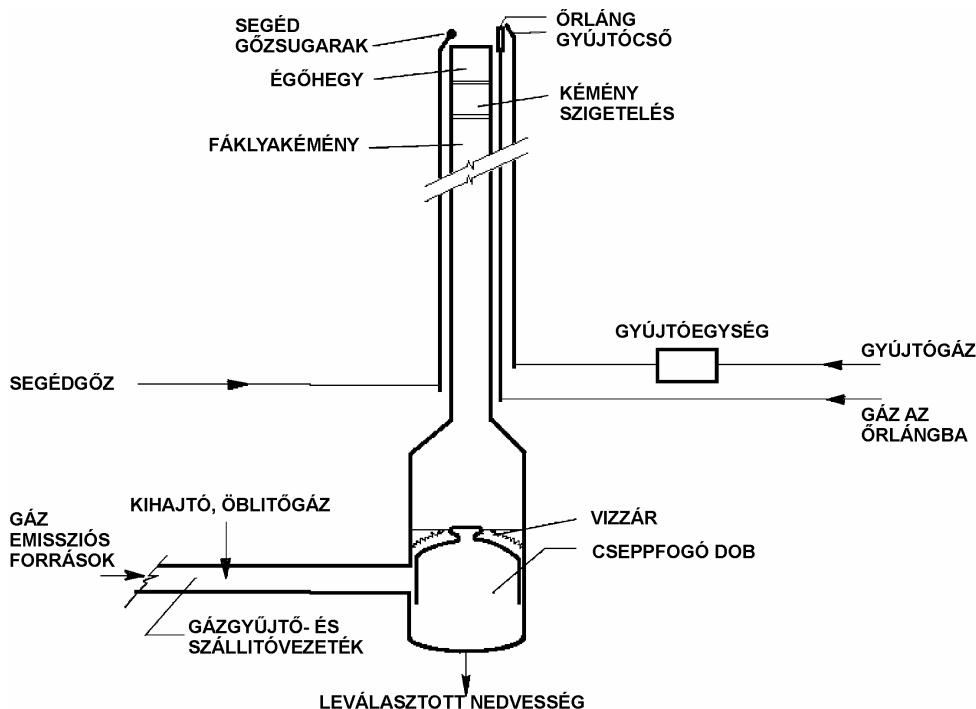
Leírás

A fáklyázás egy magas-hőmérsékletű oxidációs folyamat ipari folyamatokból származó hulladékgázok éghető komponenseinek az elégetésére. Két típusa:

- magas fáklya
- terepszintű fáklya

A magas fáklyák a leggyakoribb típusok, nagyobb kapacitásúak a terepszintű fáklyáknál. A magas fáklyákban a hulladékgáz áramot egy 10-100 m magas kéményen vezetik keresztül és a kémény tetején elégetik. A láng ki van téve a légköri viszonyoknak (szél, eső). A magas fáklyákat rendszerint nagy kapacitásúakra tervezik (több száz tonna óránként), és jobban alkalmazható a gázáramok nagy változásaira.

A tipikus magas fáklya rendszer (lásd 3.70. ábra [cww/tm/143]) az alábbi részekből áll [cww/tm/143]:



3.70 ábra Magas fáklyázó [cww/tm/143]

- gázgyűjtő tartály és csővezeték a termelő üzemekből történő gázok elvezetésére

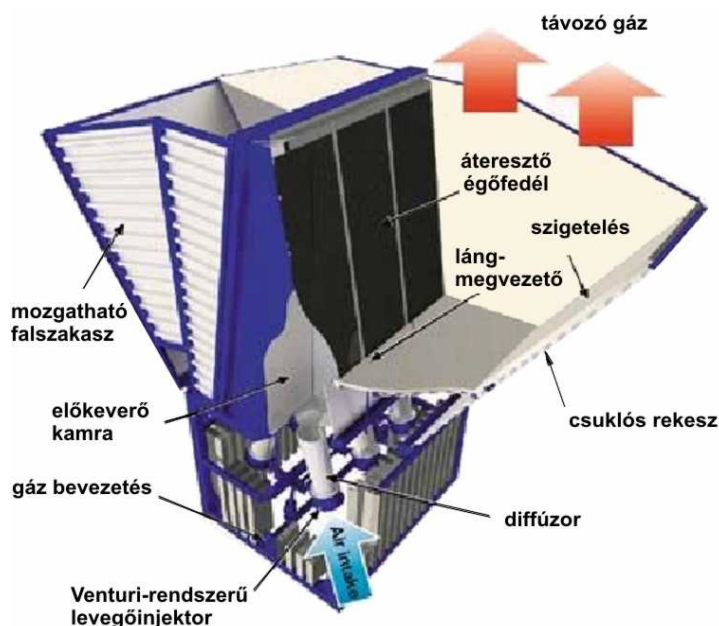
- ütköztető tartály a kondenzálható és a gázzal elszállított folyadékcseppek eltávolítására és tárolására
- biztonsági zár, vízzár vagy kihajtó (öblítő) gáz ellátó egység a visszagyulladás megakadályozására
- egyutas – vagy többutas égő egység és fáklya kémény
- gázvezeték és egy gyújtó egység a hulladékgáz és levegő elegyének a meggyújtására
- ha szükséges külső egységek (gőzinjektálás vagy préslevegő) a kormozó fáklya megakadályozására

Kihajtó gázként földgáz, füstgáz, inert gáz vagy nitrogén használható.

A terepszintű fáklya esetén az égetés talajszinten történik. Ezek eltérhetnek komplexitásban, és állhatnak vagy a hagyományos vízszintes kibocsátású fáklyaégőkből burkolat nélkül, vagy acél burkolatú többutas égőkből. Kisebb kapacitásúra (néhány tíz tonna óránként) tervezik és a keletkezett égetendő gázok valamennyi pontforrásból történő, fáklyarendszerhez történő kapcsolását követő kezelését biztosítja. Magába foglalja az áteresztő biztonsági szelepeket és néhány indító és leállító egységet.

A fáklya nagy átmérője lehetővé teszi több égő alkalmazását. Így a terepszintű fáklya az égők számának a változtatásával változó mennyiségű fáklyagáz elégetésére állítható be. Ezzel javítjuk az égetési körülményeket is, és magasabb égetési hatékonyságot érünk el.

Egy új típusú terepszintű fáklya előkevert felületi égető rendszerként működik (zárt égővel), ahol az előkevert gázt és levegőt egy áteresztő közegen égetik el. Az áteresztő közeg fémszálak rétegeiből áll és 1300 °C feletti hőmérsékletnek is ellenáll. A gázt az égető rendszer alján elhelyezett venturi injektorba adagolják, az injektor a sztöchiometrikus égetéshez szükséges levegő mennyiségről gondoskodik. A levegő arányt 1:12 és 1:19 között tudják beállítani. A venturi injektor tetején lévő diffúzorban az elegy sebessége lecsökken és ezáltal a nyomás megnő, amely megnöveli a venturi injektor hatásosságát és egy statikus nyomást ad a gázelegynek, hozzásegítve az áteresztő közegen való átáramlásához. A diffúzorból a gázelegy a keverőkamrába lép és átáramlik az áteresztő közegen, ahol azt egy segédégő begyűjtja. Az égés éppen az áteresztő közeg felett megy végbe. A fejlődő hő konvekcióval adódik át és egy alkalmas hőcserélőben ez az energia visszanyerhető. A zárt égetési zóna megakadályozza a hő és fény távozását. Az eljárás a 3.71. Ábrán [cww/tm/153] látható



3.71. ábra A zárt égető alapegységei

A fémszálakból készült hálót a gáz és a levegőáram állandóan hűti. Mivel a fémszálaknak a térfogatukhoz képest nagy a felületük, gyorsan lehűlnek. Ezzel is csökken a visszagyulladás veszélye. Sőt az alacsonyabb áramlási sebességnél a keverék árama is elegendő a háló olyan mértékű lehűtéséhez, hogy annak a keverő felőli oldala nem haladja meg a 150 °C-ot [cww/tm/153].

Egy egyszerű modul hat égőegységet foglal magába, párosával háttal egymásnak állítva, földgáz (Wobbe index 47,8 MJ/Nm³) esetén 90 MW teljes kapacitással. A láng leárnyékolt és a hőszigetelt fal felé irányított. A környezet felé irányuló hőszugárzás minimális és a helyi szobahőmérséklet emelkedése az 5 °C-ot nem haladhatja meg [cww/tm/153].

A fáklyával végzett "tökéletes" égetés elegendő égési levegőt és megfelelő levegő hulladék gázkeveredést kíván meg. Az égésből származhat füstölés a hulladékgáz összetételétől és az égési levegő mennyiségétől, eloszlásától függően. A metánt, hidrogént, szénmonoxidot és ammóniát tartalmazó hulladékgázok rendszerint füstölés nélkül égnék el. A nehéz szénhidrogéneket, mint metánnál nagyobb szénatomszámú paraffinokat, olefineket és aromás szénhidrogéneket tartalmazó hulladékgázok füstölést okoznak. A magas fáklyák esetében 10-15 %-os, a terepszintű fáklyáknál 100 %-os füstmentességet kívánnak meg. A füstölés csökkentésére külső behatásokat használnak, mint:

- gőz, 0,7 MPa mérőnyomásig, általában olyan helyen használják, ahol a gőz könnyen elérhető
- levegő, elterjedten alkalmazzák a kicsi és viszonylag olcsó berendezések miatt
- nagy nyomású gáz, nagyon költséges

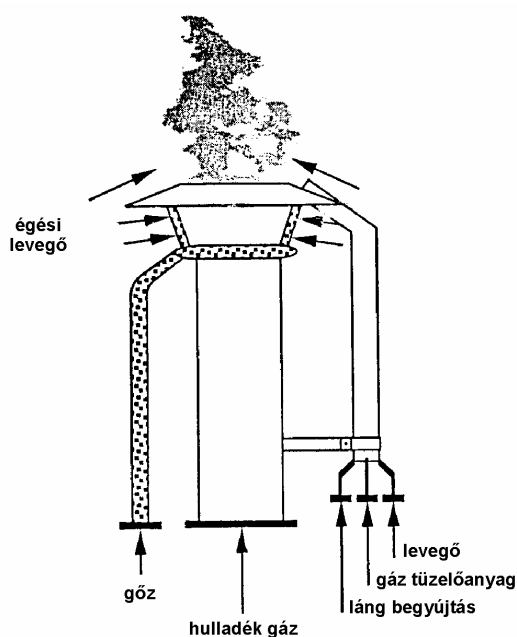
- víz, kb. 2 MPa mérőnyomásig, alkalmas, ahol a víz nagy mennyiségben szabadon áll rendelkezésre.

A fentiekre terepszintű fáklyák esetében ritkán van szükség.

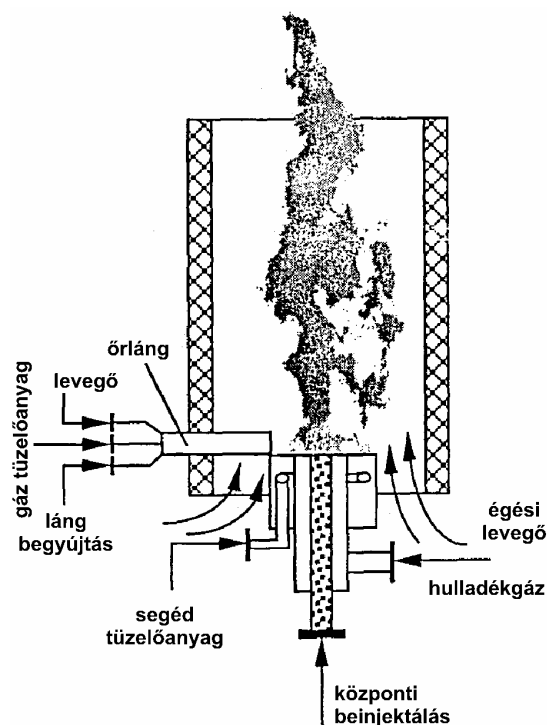
A fáklyázott hulladékgázok hőtartalmának legalább 11 MJ/Nm^3 -nek kell lennie a tökéletes égetéshez, egyébként segéd tüzelőanyag adagolása szükséges. Néhány esetben, annak ellenére szükséges a kiegészítő fűtés, hogy a hulladékgáz hőtartalma eléri a szükséges értéket. Ha nitrogén-kötésű tüzelőanyag van jelen, pl. a $13,6 \text{ MJ/Nm}^3$ hőtartalmú ammóniánál az NO_x csökkentése miatt nagyobb hőre van szükség.

Ipari területeken gyakran egy integrált fáklya rendszert működtetnek, mint pl. a szabályos üzemelések alatt keletkező hulladékgázokhoz egy optimális égőberendezéssel ellátott terepszintű fáklya és a veszélyhelyzetek, folyamat meghibásodások alatti nagy térfogatáramokra épített magas fáklya kombinálása.

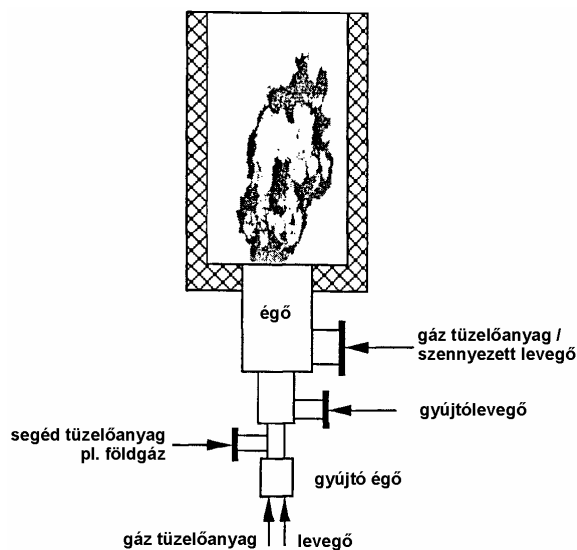
Különböző típusú fáklyákat mutatnak be a 3.72. – 3.74. Ábrák [cww/tm/64g.



3.72. ábra Injektor rudas fáklya



3.73. ábra Leárnyékolt fáklya



3.74. ábra Beburkolt fáklya

Alkalmazás

A fáklyákat elterjedten használják az olaj – gáz – és petrokémiai iparban, hogy biztonságosan elrendezzék azoknak az éghető gázoknak és gőzöknek a sorsát, amelyek használatára, újrahasznosítására nincs lehetőség. A ventilátorokból, szivattyúkból és kompresszorokból származó VOC-kat összegyűjtik és egy fáklyázóhoz továbbítják. A fáklyák egyik tipikus szerepe a nem kívánatos, nagyobb mennyiségű gyúlékony gázok – pl. veszélyhelyzetben – megjelenésének megakadályozása. Technikailag az összes éghető gáz felszabadulásának a kockázatával rendelkező vegyi üzemet a fáklyára kapcsolnak. A fáklyák normál

esetben nem, ugyanakkor vészhelyzetben folyamatos üzemben működnek. Azokat a szennyvíz és iszaprohasztókban keletkezett hulladékgázok elégetésére is használhatják.

Míg a magas fáklyákat általában biztonsági és segéd gáz fáklyázóként, addig a terepszintű fáklyákat egyre gyakrabban mint gyakorlati célokra alkalmas fáklyázókat használják, amennyiben biztosított, hogy a hulladékgáz nem tartalmaz mérgező vegyületet. A terepszintű fáklyák – ellentétben a magas fáklyákkal – a nagy gázáram ingadozásokat nem képesek kezelni. Ez esetben a magas fáklyával történő kombináció ajánlott.

Amint leírták [cww/tm/153], az előkevert felületi égető a mérgező és veszélyes gázok, pl. kénhidrogén tartalmú gázelegyek, esetében is alkalmazható.

Az alkalmazás korlátai és megszorítások:

	Korlátok / megszorítások
Általánosan használt gázáramok	0–1800000 Nm ³ /h 1 (felső határ a magas fáklya esetén) 600-210000 Nm ³ /d (Wobbe Index tartomány 15-52 MJ/Nm ³) előkevert felületi égető típusú földi fáklya esetén
Égetési hőmérséklet [°C]	>800 ² 900-1260 °C (előkevert felületi égető típusú földi fáklya esetén)
Tartózkodási idő az égetőkamrában [s]	1–2 ²
Nyomástartomány [kPa]	0-0.73 (előkevert felületi égető típusú földi fáklya esetén)
A hulladékgáz VOC koncentrációja	0–100 % LEL biztonsági rendszerrel ² 0–50 % LEL biztonsági rendszer nélkül ²
Égetés utáni oxigén koncentráció	>5 % ³ (Beburkolt fáklya esetén)
Fáklya áramlási sebesség [m/s]	0–20 ³ (visszagyulladás megakadályozására)
¹ [cww/tm/117] ² [cww/tm/132] ³ [cww/tm/64]	

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<u>Általánosságok</u> <ul style="list-style-type: none"> Hatékony csökkentő rendszer fölös éghető és nem visszavezethető gázokra vagy hirtelen felszabaduló nagymennyiségű gáz esetén. Megszakított vagy ingadozó hulladékgáz áramok esetében szabályozásra alkalmazható 	<u>Általánosságok</u> <ul style="list-style-type: none"> A fáklya felett nincs szennyezőanyag (SO_x, NO_x, szénmonoxid, hidrogén-halogenidek) csökkentés Füstcsökkentő szükséges Az égéshő nem visszanyerhető Magas költségek utóillesztés esetén
<u>Magas fáklya</u> <ul style="list-style-type: none"> Nagymennyiségű hulladékgáz gyors és biztonságos elengedése 	<u>Magas fáklya</u> <ul style="list-style-type: none"> Fény kellemetlenség Zaj kellemetlenség

<ul style="list-style-type: none"> Tartalék berendezés biztonsági célokra 	<ul style="list-style-type: none"> Nehézségek kis térfogatáramok kezelésénél Koromképződés a fáklyacsúcs eldugulását okozhatja
<p><u>Terepszinti fáklya</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Biztonságos fáklya begyűjtés (szél kevéssé befolyásol) Rugalmas, kisebb tartományban a gázáram változások kezelhetők 	<p><u>Terepszinti fáklya</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Korlátozott kapacitás A nagy gázáram változások nem kezelhetők, magas fáklyával történő kombinálás ajánlott Növekvő egészségi és biztonsági kockázat balesetnél A rossz minőségű tüzelőanyag alapvetően csökkenti a hatékonyságot Szag kellemetlenség
<p><u>Előkevert felületi égetésű terepszinti fáklya</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Tökéletes égés Modul egységekből összeállítható rendszer a gyors felépítésre és könnyű szállításra Nagyon széles visszaforgatási arány (15-52 MJ/Nm³ Wobbe-Index esetén 1 – 30) Felfűtési periódus nélküli közvetlen indulás teljes kapacitással Alacsony NO_x kibocsátás Energia visszanyerés is választható Alacsony fénny és hő kibocsátás 	<p><u>Előkevert felületi égetésű terepszinti fáklya</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Új technológiai eljárás, így világszerte még nem ismert <p>A hagyományos fáklyákkal összehasonlítva magas költségek</p>

Teljesíthető emissziós szintek / határfokok

Paraméter	Magas fáklya		Terepszinti fáklya	
	Működési határfok [%]	Kibocsátási értékek [mg/Nm ³]	Működési határfok [%]	Kibocsátási értékek [mg/Nm ³]
VOC	>98 ^{a 1} 80-86 ³		>99 ^{a 2} 99,9 ^{c 3}	
NO _x		400 (200 ppm)		400 (200 ppm) 11.6 (3.9 ppm) ^{b,c}
NO				8.6 (2.9 ppmv) ^{b,c}
Szénhidrogének (beleértve BTEX)				<2.8 (<1 ppmv) ^{b,c}
CO				-
Zaj				73 dB(A) ^{b,d}

^a optimális körülményeknél: a hulladékgáz hőtartalma >11 MJ/Nm³¹, alacsony áramlási sebességek és alacsony hőtartalom kisebb égetési határfokokkal jár

^b előkevert felületi égető rendszer

^c 3 % oxigéntartalomra átszámítva

^d 50 m-nél szabadban

¹ [cww/tm/117]

² [cww/tm/84]

³ [cww/tm/153]

A táblázatbeli elérhető kibocsátási értékek a légszennyezők (VOC és szénhidrogének) fáklyázással történő lebontási fokát mutatják. Az egyéb paraméterek (NO és NO_x) a fáklyázási emissziókra vonatkoznak. A fáklya nincs ellátva véggázkezelő berendezéssel, ezért a kén és/vagy halogén tartalmú hulladék gázok égetési folyamataiból származó szennyezőanyagok, az NO_x, a szénmonoxid, a korom, stb. emissziókat nem ellenőrzik. Ezen okok miatt a földi (felszíni) fáklyák nem alkalmazhatók mérgező és veszélyes gázokra. A dioxinok keletkezési reakciója nem kedvezményezett a megfelelő hőfoktartomány és a katalizáló fémfelületek hiánya miatt.

A fáklyázás csökkent hatékonysága, mint a fenti táblázat mutatja, csak az optimális körülményektől eltérve jelentkezik. Nem optimális körülményeknél a hatékonysági tartomány 0-98 % [cww/tm/84], ami azt jelenti, hogy a fáklyázás nagyon érzékeny ezeknek a körülményeknek a változására. Ez a mindennapi használatnál a fáklyázást egy nagyon megbízhatatlan emissziócsökkentő eljárássá teszi.

Közegek közötti keresztzennyezés

A fő anyag és energiaigény:

Felhasznált anyag energia	Mennyiség	Megjegyzések
Füstölés csökkentők (gőz, levegő, víz, földgáz)		
Szikragáz a gyújtóláng begyűjtésére (propán vagy bután)		
Öblítőgáz (nitrogén vagy tüzelőanyag) hogy a rendszert túlnyomás alatt tartsa		
Gyújtógáz		
Villamos energia [kWh/1000 Nm ³]		
Nyomásesés [kPa]	1 ¹	
¹ [cww/tm/64]		

A fáklyázás zaj kibocsátással járhat. A legjellemzőbb zajforrások [cww/tm/84]:

- füstöléscsökkentő injektálás
- égési folyamat
- légszállítás

Néhány gőzadagolású fáklya zajt bocsát ki, a nagynyomású gőzsugár és injektorok és a szénhidrogénnel történő égési reakció zaja miatt. A nagynyomású gőz magas frekvenciájú zajt generál, amelyik az ember számára a legveszélyesebb, és az égetés hatékonyságát is növeli, így növekszik a felszabaduló energia és az égési sebesség, ami ismét nagyobb égési zajt eredményez. Az égési zaj tipikusan alacsony frekvenciájú zaj, összehasonlítva a hulladékgáz és levegő turbulens bekeverőjéből származó áramlási zajjal.

A zajcsökkentés komoly környezeti kérdés, és így fontos tervezői megoldások válnak szükségessé. A zaj elkerülésének szempontjai:

- a nagyfrekvenciás gőzsugár zajnak a csökkentése vagy felerősítése több fűvókás gőzinjektorok használatával, amelyek egyrészt a kokszképződés növekedéséhez vezethetnek; nyílás megtervezése is alapvető
- injektorok elhelyezése olyan módon, hogy a sugár árama tudjon kölcsönhatásba lépni és tudja csökkenteni a kevert zajt
- a zajcsökkentők hatékonyságának növelése a jobb és többféle ellenőrzési formával
- 0,7 MPa alá korlátozni a gőznyomást
- zajfogót elhelyezni a gőzinjektorok köré
- légfűvású, vagy zárt terepszintű fáklyák használata.

További befolyásolók:

- fény kellemetlenség a magas fáklyákról
- kellemetlen szag a tökéletlen égetés miatt (főleg a terepszinti fáklyáknál)

Meg kell azt is említeni, hogy a fáklyázás számos vegyi és petrokémiai üzembeli tüzeset és robbanás okozója, amint azt a Francia Környezetvédelmi Minisztérium megállapítja. Az eredmények az AIDA adatbázisában fellelhetők.

Szabályozás [cww/tm/94]

A fáklya tetejéhez csatlakozó füstölés csökkentők térfogatáramait ellenőrizni kell, hogy biztosítsuk az elegendő füstelnyomó bevezetését, de nem többet, mint az a füstölés megelőzéséhez szükséges. Ez háromféleképpen oldható meg:

- egy legalább 1000 °C-ig alkalmas termoelem sorozattal
- egy földelt bázisú infravörös detektorral
- a fáklya gázáramának és a füstelnyomó fáklya gázáramhoz viszonyított arányának a mérésével. A térfogatáram szabályozása rendszerint szabályozó szelepekkel történik, vagy a levegő befűvása fáklyák esetében a szellőzőrács, a belépőrács nyílásának és a befűvő ventilátor szállításának a változtatásával.

Egy szigorúbb ellenőrző rendszer ajánlott a terepszinti fáklyák esetében egészségügyi és biztonsági kockázatok miatt.

Az ellenőrző rendszer gyors válasza alapvető fontosságú, különös tekintettel a fáklya ellenőrző pontjai és a kontroll helyiség közötti ellenőrző jeleknek az elektromos átvitelére. A lángnak a kontroll szobából, képernyőn keresztül történő megfigyelése alkalmas lehet a szükséges kézi beavatkozás megítélésére.

Az irányításra, a műveleti ellenőrzésre szolgáló berendezések magukba foglalják:

- a termoelemeket (de vigyázni a hibás jelekre)
- az ellenőrzött láng közvetlen megfigyelését (pl. TV-n keresztüli megfigyelés)
- az infravörös monitoringot (figyelmeztetés: víz elnyeli az IR sugarakat), néha módosítva optikai monitorral a víz IR abszorpciója környékén
- a fényesség mérését
- UV monitorozást
- az ionizációs tesztek
- a kis nyomású riasztást
- az öblítőgáz áramlási sebességének mérését

Egy berendezés szükséges a láng meglétének folyamatos ellenőrzésére.

Gazdaságosság

Költségtípusok	Magas fáklya	Terepszinti fáklya	Megjegyzések
Beruházási költségek [1000 Nm ³ /h-ra vonatkoztatva]	USD 8300-560000 ¹		
Üzemeltetési költség [1000 Nm ³ /h-ra vonatkoztatva]	USD 420-36500 ¹		
Költség hatékonyság [egy tonna szennyezőanyagra évente]	USD 14-6400 ¹		
¹ [cww/tm/117]			

A figyelembe vett fáklyák 2,5 cm és 2,3 m átmérőjű csúcsban végződnek, közel 17 MJ/Nm³ hőtartalmú 100 %-osan elégethető hulladékgázzal évente 1 – 100 óra közötti időtartamban működnek. Az alacsonyabb beruházási és üzemelési költséggel működő fáklyák nagyobb kapacitásúak (kb. 30000 Nm³/h), a fáklyacsúcs átmérője 2,3 m is lehet és évente 100, vagy több órát üzemel. A magasabb költségvonzatú fáklyák kisebb kapacitásúak (kb. 36 Nm³/h), a fáklyacsúcs átmérője 2,5 cm körüli és 10 óránál kevesebbet üzemel évente.

Mivel a fáklyák elsődlegesen inkább biztonsági berendezések, amelyek rövid időtartamú gáz kiáramlásokat (általában túlterheléses esetekben, vagy egy folyamatból eredő baleset esetén) égetnek el, és csaknem úgy működnek, mint egy folyamatos hulladékáramot kezelő szabályozó, mégsem teljesen helyes, ha a fáklyák költség hatékonyságát más szabályozó egységekkel hasonlítjuk össze. Az egy tonna ellenőrzött szennyezőanyagra vonatkoztatott költség nagymértékben függ az éves működési órák számától. A fáklya nem gyakori használata egy tonna ellenőrzött szennyezőanyagra vonatkoztatva nagyobb költségeket eredményez, míg a gyakori használatú fáklyáknál alacsonyabbakat.

3.5.3 Szilárd részecskék visszanyerése és eltávolítása

Hulladékgázok, füstgázok, a vegyipar különböző véggázai, számos egyéb anyag mellett, gyakran tartalmaznak szilárd részecskéket, mint pl. por, nehéz fém és annak különböző vegyületei, aeroszol-köd, korom, pernye. Szilárd részecskék főleg akkor kerülnek a gázáramba, ha szilárd anyagokkal vagy porokkal dolgoznak, azokat átalakítják, tárolják valamint égés melléktermékeként, pl. hulladékégető, erőművek, hőközpontok. Ködök, aeroszokok képződhetnek vegyi üzemekben is reakciók vagy egyéb műveletek hulladékaként. Ezeket a szilárd szennyezéseket tartalmazó gázokat is kezelni kell.

3.5.3.1 Szeparátor (ülepítő kamra)

Leírás

A szilárd részecskéket tartalmazó gázt egy kamrába vezetik, ahol annak sebessége lelassul és a gravitáció hatására a szilárd részecskék kiülepsznek. A tervezésnél gondoskodni kell az egyenletes áramlási sebesség kialakulásáról, mert nagysebességű áramlási csatornák kialakulása káros az elválasztásra. Az ülepedést terelőlemezekkel, hálókkal, lamellákkal lehet elősegíteni. Ilyenkor nagyobb áramlási sebesség is megengedhető, ami csökkenti a berendezés méretét az egyszerű ülepítő kamráéhoz képest. Hátránya a nagyobb nyomásesés.

Alkalmazás

A szeparátor alkalmazása a gázkezelési műveletek első lépése, mely megelőzi a különböző porszűrőket, mosókat, hűtőtornyokat stb. Durva, koptató részecskék eltávolíthatók, de a szeparátor nem használható füstgázok tisztítására.

Alkalmazási korlátok:

	Korlát
Hulladékgáz [Nm ³ /h]	100-100 000
Portartalom	nincs korlát
Részecskeméret	>10-50 μm (aerodinamikai átmérő)
Hőmérséklet	általában 540°C körül, de függ a berendezés anyagától
[cww/tm/70,108]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> nincs mozgó alkatrész, csekély karbantartás kicsi nyomásesés magasabb hőmérsékleten is üzemel 	<ul style="list-style-type: none"> kicsi eltávolítási határfok, főleg kisméretű részecskékénél nem működik, ha a részecskék és a fluidum közti sűrűségkülönbség kicsi

Emissziós értékek

	Hatékonyság [%]	Emissziós érték [mg/Nm³]	Megjegyzés
Aerodinamikai átmérő	10-90		az aer. átmértől függ
Cseppek		100	cseppeválasztókban
[cww/tm/70]			

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés

Víz, tisztításhoz	100-200 l/m ²	
Energia [kWh/1000Nm ³]		csak ventilátor
Nyomásesés [kPa]	<0,5	
[cww/tm/70]		

Ha a kiválasztott részecskéket nem lehet újrafelhasználni, akkor deponálni kell. A részecskék jellegétől, veszélyességüktől és/vagy mérgező voltuktól függően a kiülepedett szilárd anyagot kezelni kell.

Gazdaságosság

Alacsony beruházási költségű művelet, összetett technológia része.

3.5.3.2 Ciklon

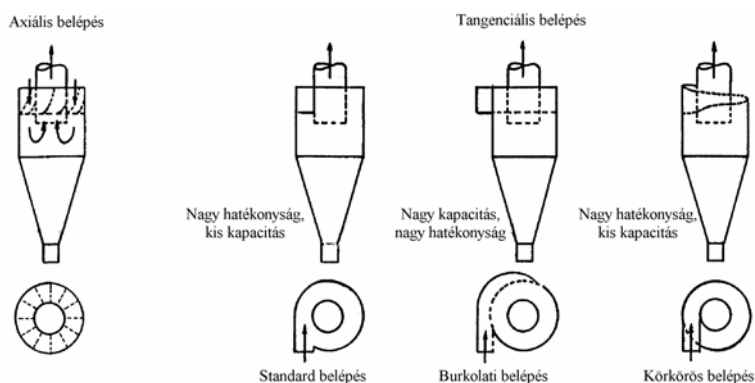
Leírás

A ciklonok a részecskék centrifugális erővel szembeni tehetetlenségét használják ki azok kiülepitésére egy kúpos kamrában. A ciklonok belső terében egy kettős örvény alakul ki. A ciklonba belépő gáz keringő mozgásba jut, majd annak alján belép a ciklon közepén lévő csőbe, és abban ugyancsak körkörösén és egyidejűleg felfelé haladva hagyja el a ciklont. A részecskéket a centrifugális erő a ciklon falához kényszeríti, de ugyanakkor a keringő gáz közegellenállása a részecskéknek ezt a mozgását fékezi. Nagyobb részecskék eléri a ciklon falát, és a ciklon kúpos alján összegyűlnek, de az apró részecskéket a gáz magával viszi.

Nedves ciklonok hatékonysága nagyobb, mint a száraz ciklonoké, mert a bepermetezett víz rátapad a részecskékre, megnöveli azok tömegét, és így az apró részecskék is nekicsapódnak a ciklon falának és kiülepsznek.

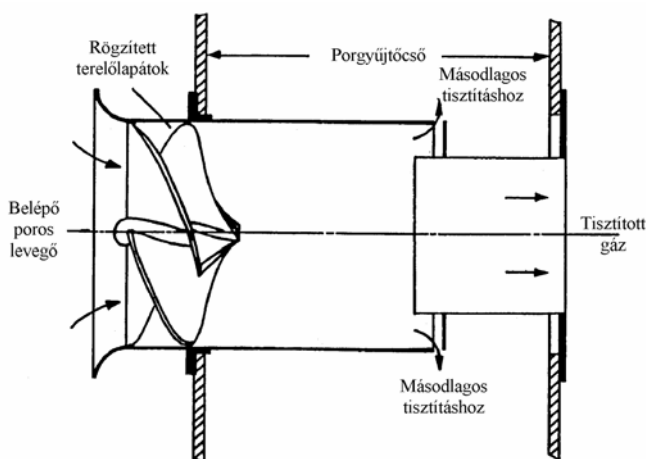
A ciklonoknak két fő típusa van: hagyományos, vagy irányváltoztatásos, ciklonok és az átáramlásos ciklonok. A hagyományos ciklonok (3.75 ábra) fő alkotó részei:

- hengeres, alul kúpos test,
- porgyűjtő garat,
- levegő belépés, tangenciális vagy axiális,
- levegő kilépés.



3.75. ábra, Hagyományos, az áramlási irányt megváltoztató ciklonok

Az átáramlásos ciklonokban (3.76 ábra) egy álló vagy mozgó lapátkerék kényszeríti forgómozgásra a gázt. A részecskék az áramlási cső fala felé haladnak a tiszta gáz pedig közepén áramlik, és így azok egymástól elválaszthatók.



3.76 ábra, Átáramlásos ciklon

Alkalmazás

A ciklonokkal megtisztíthatjuk a szilárd részecskéktől a gázokat. Az eltávolított részecskék aerodinamikai átmérője $PM > 10 \mu m$, de speciálisan tervezett ciklonok $PM = 2.5 \mu m$ -es részecskéket is leválasztanak. A ciklonok önmagukban még nem alkalmasak a környezetvédelmi előírások betartásának teljesítésére, de nagyon jól alkalmazhatók költségesebb műveletek előtti (pl. szűrők, elektrosztatikus porleválasztók) előtisztításra. A ciklonok jól alkalmazhatók minden szilárd anyaggal végzett művelet után ill. csepp-, ködmentesítésre is. Fosszilis energiaforrások elégetésével üzemelő technológiák után több ciklont alkalmaznak, melyek hatékonysága meghaladja egy ciklon hatékonyságát és jó porleválasztás, $PM < 2.5 \mu m$ is elérhető.

Alkalmazási korlátok:

	Korlát
Hulladékgáz [Nm ³ /h]	1-100 000 (egy ciklon), <180 000 több párhuzamosan üzemelő ciklon
Portartalom (g/Nm ³)	1-1600
Részecskeméret	<PM _{2,5} - <PM ₂₀₀ (aerodinamikai átmérő, μm)
Hőmérséklet	függ a berendezés anyagától, 1200°C is lehet
[cww/tm/132,107]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> egyszerű beépítés nyersanyag visszanyerhető nincs mozgó alkatrész, csekély karbantartás, alacsony üzemelési költség száraz anyag nyerhető vele, kivéve nedves ciklonokat csekély helyigény 	<ul style="list-style-type: none"> kicsi eltávolítási határfok, főleg kisméretű részecskénél PM<10μm axiális belépésű ciklonok eróziót okozó anyagoknál nem alkalmazhatók ragadó, tapadó anyagra nem alkalmazható nedves ciklon szennyvizet bocsát ki zaj

Emissziós értékek

A ciklonok nagy szennyező koncentrációnál hatékonyak, ha nem lép fel eltömődés. Hatékonyságuk a részecskeméret-eloszlás és a tervezés függvénye, így függ a következőktől:

- részecskeméret és/vagy sűrűség
- belépési sebesség
- ciklon testmagasság
- gáz forgások száma a ciklonban
- ciklon átmérőjének és a gáz kilépés átmérőjének aránya
- porterhelés
- a ciklon belső falának érdessége ill. simasága.

A porleválasztási hatékonyság romlik, ha

- nagy a gázsebesség,
- nagy a gázsűrűség,
- nagy a gázbevezető-cső átmérője,
- levegő szivárog be a por kilépésénél.

aerodinamikai átmérő [μm]	Hatékonyság [%]			Megjegyzés
	Hagyományos	Nagy-hatékonyságú	Nagy-kapacitású	
PM	70-90	80-99	80-99	
PM ₁₀	30-90	60-95	10-40	
PM ₅		90		80-95
PM _{2,5}	0-40	20-70	0-10	
[cww/tm/107]				

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Víz, nedves ciklonhoz		
Energia [kWh/1000Nm ³]	0,25-1,5	
	0,5-1	kis hatékonyságú (nagy kapacitás)
Nyomáskereső [kPa]	1-1,5	hagyományos
	2-2,5	nagy hatékonyságú
[cww/tm/64,107]		

Ha a kiválasztott részecskéket nem lehet újrafelhasználni, akkor deponálni kell. A részecskék jellegétől, veszélyességüktől és/vagy mérgező voltuktól függően a kiülepedett szilárd anyagot kezelni kell.

A ciklonok működése erős zajjal jár, ezért célszerű azokat a hangszigeteléssel ellátni és/vagy elkülönített, zárt térben elhelyezni.

Monitoring

A kilépő és belépő gázok részecsketartalmát ellenőrizni kell, és abból a porleválasztás hatékonysága megállapítható. A méréshez a megfelelő analitikai módszert ki kell választani, pl. UV/látható opálosság, bétasugárzás.

A ciklonok nem igényelnek sok karbantartást, a nyomáskeresőt, korróziós hatásokat, és a kiülepedett por akadálytalanságát kell elsősorban ellenőrizni.

Gazdaságosság

	Költség		Megjegyzés
	Hagyományos egyedi ciklon	Multiciklonok	
Beruházási költség / 1000 Nm ³ /h	1200-1500 USD 900 EURO	1100-1400 USD	
Éves üzemeltetési kgt. / 1000 Nm ³ /h	700-7800 USD 200 EURO	450-750 USD	
Költség hatékonyság /tonna szennyezés/ év	0,45-460 USD	0,32-50 USD	
[cww/tm/70, 107]			

A hagyományos egyedi ciklonoknál a gázáram 1800-43000Nm³/h. Részecskék 2,3-230 g/Nm³, hatékonyság 90%. Multiciklonok esetében a gázáram 36000-180000 Nm³/h, a többi jellemző változatlan.

Kisebb gázáramok és alacsony részecsketartalom esetén a ciklonok ára fajlagosan drágább.

3.5.3.3 Elektrosztatikus porleválasztó (ESP)

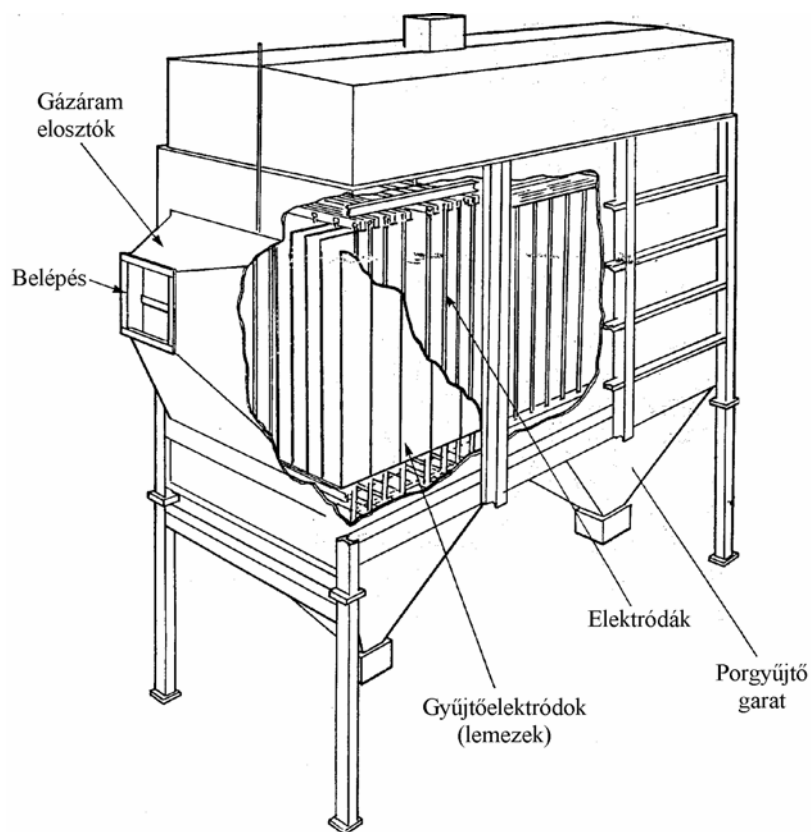
Leírás

Az ESP az elektromos erőteret használja arra, hogy a részecskék gyűjtő lemezeknek ütközzenek és kiváljanak. A részecskék elektromos töltést kapnak, amikor egy gyűrűn áthaladnak. Az áramlás központjában lévő nagyfeszültségű elektródák elektromos mezőt generálnak, melyek a részecskéket a gyűjtőfalhoz kényszerítik. A váltakozó egyenáram megkívánt feszültsége 20-120 kV.

Az ESP típusai:

- száraz huzal-lemez megoldás
- száraz huzal-cső megoldás
- nedves huzal-lemez megoldás
- nedves huzal-cső megoldás.

A huzal-lemez ESP-ben (3.77 ábra) a gáz vízszintesen áramlik párhuzamosan a függőlegesen elhelyezett lemezek mellett. A nagyfeszültségű elektródák huzalok, melyek a lemezek közt helyezkednek el. A gáznak az összes nagyfeszültségű huzal mellett el kell haladnia.



3.77 ábra, Huzal-lemez ESP

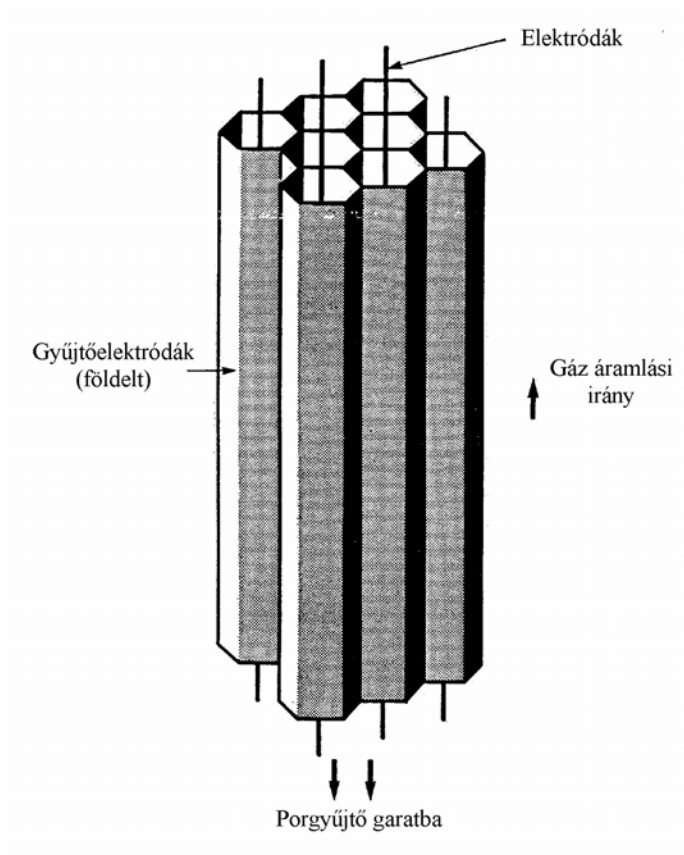
A huzal-cső ESP-ben (3.78 ábra) a gáz függőlegesen áramlik a csöveken át. Általában több cső üzemel párhuzamosan, melyek közepében helyezkednek el a nagyfeszültségű huzalok.

A száraz ESP-ben a kicsapódó por egy gyűjtőgaratba jut. A por mozgását ütögetéssel segítik. Az ütögetés hatására a por egy része visszakerülhet a gázáramba, és azok így elhagyják az ESP-t. A huzal-lemez ESP kiképzésénél ügyelni kell arra, hogy a tisztítandó gáz ne kerülhesse ki elkerülő utakon az elektromos porleválasztó zónát.

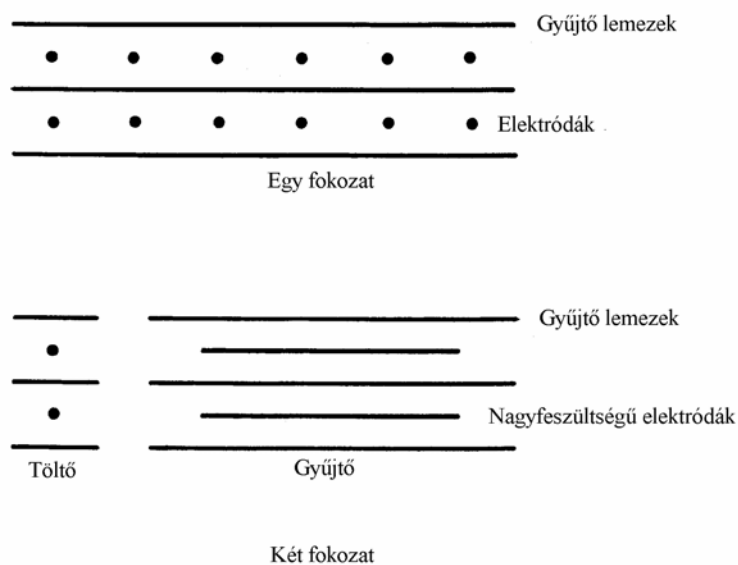
A száraz huzal-cső porleválasztókat akusztikusan lehet üríteni megfelelő hangfrekvencia generátorokkal, kürtökkel. A huzal-cső ESP-ben nem alakulnak ki „elkerülő utak” a poros gázelegy számára, de elektromos mező egyenetlenségek kialakulhatnak.

Nedves ESP-nél, a rázogató és az akusztikus tisztítás helyett, vízzel mossák szakaszosan vagy folyamatosan a kivált részecskéket. A garatok helyett szennyvízgyűjtő rendszert alakítanak ki. A szennyvizet kezelni kell, a megfelelő mosóvízről szintén gondoskodni kell. A kezelés során visszanyert mosóvizet recirkuláltatni lehet.

Az ESP lehet egy vagy kétfokozatú. Egy fokozat esetében az elektromos mező létrehozás és kisütése valamint a porleválasztás egy térben történik, míg kétfokozatú ESP esetében külön van a töltés és a részecskék szeparálása. A második rész tisztán eletrosztatikus működésű (3.79. ábra).



3.78 ábra, Huzal-cső ESP



3.79 ábra, Egy és kétfokozatú ESP sematikus ábrája

Az ESP működésében fontos szerepet játszik a specifikus gyűjtő terület, mely nem más mint a gyűjtő elektródok aránya a gázáramhoz képest. Nagyobb gyűjtőterület jobb hatékonyságot, de ugyanakkor nagyobb készülékeket is jelent. A specifikus gyűjtő terület értéke 40-160s/m.

Robbanás és tűzveszély lehetősége esetén az ESP-t el kell látni biztonsági berendezésekkel.

Alkalmazás

ESP-t a PM 2.5 μm és annál kisebb aerodinamikai átmérőjű részecskék eltávolítására használják. Ezzel a módszerrel a veszélyes szennyezések is eltávolíthatóak, mint pl. fémszennyezések, kivéve a higanyt.

Alkalmazási területek:

Terület	ESP típus
Kazánok	száraz huzal-lemez
Vegyipari technológiák, pl. kénsavgyártás	száraz és nedves huzal-lemez száraz és nedves huzal-cső
Kőolajfinomítók	száraz huzal-lemez
Hulladékégetés	száraz huzal-lemez száraz és nedves huzal-cső

Nedves ESP-t akkor alkalmazzák, ha a száraz megoldás nem alkalmazható:

- nedves és ragadós anyagnál
- gyúlékony / robbanásveszélyes anyagnál
- nagy fajlagos ellenállású anyagoknál,
- nagy eltávolítási hatások szükséges
- savas szemét ellenőrzésére.

Az egyfokozatú ESP-t nagy füstgázkezelő rendszerek részeként alkalmazzák, pl. erőműveknél, hulladékégetőknél, por és pernye eltávolítására. A por mellett nehézfémek és vegyületeik is kiválnak. Az ESP-t aeroszol-ködök megtisztítására is alkalmazzák.

A kétfokozatú ESP-t akkor alkalmazzák, ha kis gázáramokat ($<25\text{Nm}^3/\text{s}$) kell nagy hatékonysággal (mikron alatti részecskeméret) megtisztítani, pl. füstök, finom porszennyezések és olajszemcsék eltávolítására használják. Szűrés alternatívája is lehet (HEPA-szűrő, lsd. 3.5.3.8 pontban).

Alkalmazási korlátok:

	Korlátok
Hulladékgáz áram [Nm ³ /h]	360 000-1,800 000 (száraz huzal-lemez)
	1800-180 000 (száraz huzal-cső)
	180 000-900 000 (nedves huzal-lemez)
	1800-180 000 (nedves huzal-cső)
Hőmérséklet [°C]	700°C-ig száraz ESP
	<80-90 (nedves ESP)
Tipikus portartalom [g/Nm ³]	2-110 (huzal-lemez)
	1-10 (huzal-cső)
Ellenállás [Ω cm]	5000-2*10 ¹⁰ *száraz ESP
Részecskeméret	>PM ^{1,0} (száraz ESP)
[cww/tm/125,124,127,126]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • nagy hatékonyság kis részecskénél is • széles nyomás, hőmérséklet és gázáram tartományban alkalmazható • alacsony nyomásesés, kis energiaigény • nedves ESP alkalmas ragadós, ellenálló és robbanásveszélyes anyagokra 	<ul style="list-style-type: none"> • száraz ESP robbanásveszélyes • száraz ESP hatékonysága függ a porszemcsék ellenállásától • por visszakeveredése előfordulhat nagy gázsebesség és rossz rázkódtatás (pormozgatás) miatt • nedves ESP korrózióknak kitett levegő-beáramlás és savas kondenzáció esetében • érzékeny az elektródák pontos geometriájának betartására (karbantartás) • érzékeny a gázáram fluktuálására • viszonylag nagy helyigényű • speciális érintésvédelem • száraz ESP nem ajánlott ragadós vagy nedves részecskék eltávolítására

Emissziós értékek

Az ESP mérete a fő tényező a hatékonyság megállapításában. Egyéb befolyásolók:

- por ellenállás
- por és gáz összetétele
- hőmérséklet
- részecskeméret eloszlása

	Hatékonyság [%]		Megjegyzés
	Száraz ESP	Nedves ESP	
összes PM	99-99,2	99-99,2	
PM ₁₀	97,1-99,4	97,1-99,2	
PM _{2,5}	96,0-99,2	97,4-99,2	
	Hatékonyság [%]		Megjegyzés
	Száraz ESP	Nedves ESP	
por	5-15		jól méretezett és üzemeltetett ESP esetén

[cww/tm/125,127]

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Víz (nedves ESP)		
Energia [kWh/1000Nm ³]	0,5-2	
Nyomás esés [kPa]	0,05-0,3	Egyfokozatú ESP
	0,5	Kétfokozatú ESP

[cww/tm/64/70]

A száraz ESP hulladéka por, a nedves ESP hulladéka viszont szennyvízként kezelendő.

A feladattól függően a por lehet veszélyes hulladék, pl. hulladékégetők porában lehet dioxin, nehézfém és/vagy vegyületeik. Ez a porfajta veszélyes hulladékként kezelendő.

Monitoring

A be- és kilépő gáz részecsketartalma megfelelő analitikával, pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés. A leválasztó feszültség, a pormozgatáshoz szükséges rázás-kopogtatás, valamint a hőmérséklet rutinszerűen rögzítendő. A por eltávolításnak akadálymentesnek kell lennie, hogy a garat ne tömődjön el, és rövidzárlat ne alakulhasson ki az ESP-ben.

Állandóan ellenőrizni kell a korróziós hatásokat, elektródákat, szigetelést, rázkodtató egységet. Ezért az ESP-knek biztonságosan (nagyfeszültség) elérhetőeknek kell lennie.

Gazdaságosság

	Költségek			
	Száraz huzal-lemez	Nedves huzal-lemez	Száraz huzal-cső	Nedves huzal-cső
Beruházási költség [€/1000Nm ³ /h]	8500-28000 USD	18000-36000 USD	18000-120000 USD	35000-180000 USD
Éves üzemelési kgt. [€/1000Nm ³ /h]	2400-24000 USD	3500-27000 USD	2800-5600 USD	4200-7000 USD
Költség hatékonyság [€/tonna szennyező/év]	45-280 USD	60-600 USD	55-950 USD	90-950 USD

[cww/tm/125,127,126,124]

A költségek a bemutatott értékeknél lényegesen nagyobbak is lehetnek, ha a szennyezések miatt a berendezések speciális szerkezeti anyagot (pl. saválló acél, titán)

és/vagy nagy leválasztási hatékonyságot kívánnak meg. Az általános elv igaz, a kisebb kapacitású berendezések fajlagos költsége nagyobb lesz, mint a nagyobb kapacitású berendezéseké.

3.5.3.4 Nedves por eltávolítás mosással (pormosás)

Leírás

A por kimosása gázokból a gázmosás egy alternatívája (ld. 3.5.1.4), mely ahhoz hasonló technikán alapul.

Szálas töltetes mosó

Alkalmas részecskék kimosására, de csak a kisméretű és/vagy oldódó részecskéket tartalmazó elegyek, aeroszolok, ködök tisztításra alkalmas. Durva és/vagy oldhatatlan részecskék eltömik a mosó töltetét.

Mozgóágyas mosó

Leírást ld 3.5.1.4

Tányéros mosó

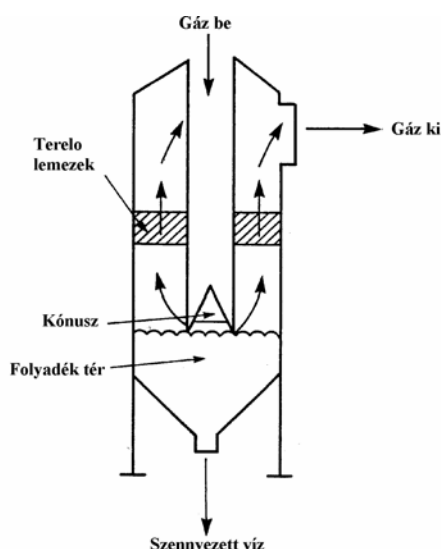
Leírást ld 3.5.1.4, poreltávolítás a cél.

Permetezéses mosó

Leírást ld 3.5.1.4. Nem hajlamos elszennyeződésre, de nagy folyadékáramot igényel ($>3\text{l/m}^3$) a finom részecskék megkötésére.

Ütköztetési és folyadékfelragadásos mosó

A mosóba belépő gázt felgyorsítják és egy folyadékfelülethez ütköztetik. A gáz magával is ragadhatja a folyadékot. A megtisztított gáz cseppleválasztás után lép ki. Ez a mosó nem alkalmas kismértékű szennyezések eltávolítására, de jól kezeli a változó gázáramokat, és kicsi a nyomásesése (3.80 ábra). A por a folyadékban marad, szennyvizet képezve.



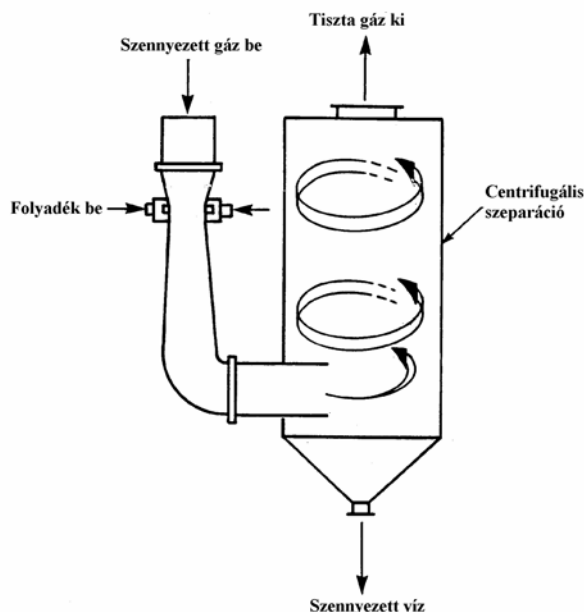
3.80 ábra, Ütköztetési és folyadékfelragadásos mosó

Venturi mosók

A mosó lényege a csővezeték beszűkítése – Venturi torok – mely a gázsebességet megnöveli. A folyadékot a Venturi torokba porlasztják be, és a folyadékot a gázfázis energiája oszlatja el. A Venturi cső után ciklonszerű egységben választják le a folyadékot a benne oldódó szennyeződésekkel együtt. A Venturi mosó jól alkalmazható és nagy hatékonyságú részecskeeltávolító, alkalmas kiskoncentrációjú gázzennyezések, reaktív iszapok eltávolítására (3.81 ábra).

A módszer hátránya az erózió, mely a nagy toroksebesség miatt lép fel, ezért speciális hőálló béléssel látják el, mely ellenáll a részecskék dörzsölő hatásának. Egy elárasztott könyök is csökkenti a dörzsölő részecskék koptató hatását. A Venturi mosó korrózió ellenálló anyagból készül, melynek nagy a várható élettartama. A szerkezeti anyag kiválasztása függ:

- hőmérséklettől,
- koptató hatástól,
- korróziótól,
- kémiai hatástól.



3.81 ábra, Venturi mosó

A mosó hatásfoka a gáz sebességével és a nyomáseséssel nő. Eddig már különböző Venturi mosókat terveztek, melyek célja a más és más torokmérettel az áramlási sebesség befolyásolása. Általában a gázt nem kell előkezelní a Venturi mosó előtt, de a forró gázokat kevéncseléssel lehítik olyan mosók előtt melyek anyaga hőre túlságosan érzékeny. A Venturi mosóval előkezelnést is végeznek, mert a szilárd részecskék jól eltávolíthatók, pl. egy töltött oszlopos abszorberes mosó előtt.

Alkalmazások:

3.16. táblázat, Alkalmazási példák

	Szálas töltet	Mozgó ágy	Tányéros	Permetezős	Ütköztetéses	Venturi
	finom és/vagy oldható porok, korlátolt alkalmazás szerves, szerveslen köd, aeroszol, megszüntetése vegyigyárak, aszfalt üzem, kénsavgyár, felületkezelési ipar		$\leq PM_{10}$, $\leq PM_{2.5}$ veszélyes hulladékok, szerveslen ködök, párák, illékony szerves hulladékok	$\leq PM_{10}$, $\leq PM_{2.5}$ veszélyes hulladékok, szerveslen ködök, párák, illékony szerves hulladékok, gyakran füstgáz kén-telenítés, limitált finom poroknál	$\leq PM_{10}$, $\leq PM_{2.5}$ gyógyszeripar, vegyszercsomagolás, műanyag-, kerámia-, műtrágyaipar, Szárítók, főzők (olajfürdők), aprítás, permetezés, ventilláció, anyagkezelés	$\leq PM_{10}$, $\leq PM_{2.5}$ mikron alatti részecskék is, ipari és lakossági olaj, szén, fa, hulladék égető kazánok füstgázai, vegyi- és rokoniparok füstgázai, Nagy hatékonyság, kis porszemcséknél is
Gázáram [Nm ³ /h]	1800-170 000		1700-130 000	2500-170 000	1700 90 000	720-100 000
Hőmérséklet [°C]	<60		4-370 (por) 4-38 (gázok)	4-370 (por) 4-38 (gázok)	150-ig	4-370
Porterhelés [g/Nm ³]	0,2-11		nincs korlát	nincs korlát	23-ig	1-115
[cww/tm/110,111,112,114,115]						

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<p>Általában</p> <ul style="list-style-type: none"> robbanás- és tűzveszélyes anyagokat is képes kezelni kis kockázattal hűti a gázt korrózív gázokat közömbösíteni lehet por és szerves szennyezések egyidejű eltávolítása 	<p>Általában</p> <ul style="list-style-type: none"> kibocsátott folyadék szennyvíz-problémát jelent hulladék nedves fagyvédelem szükséges összegyűlt por lehet veszélyes és/vagy nem recirkuláltatható kibocsátott gázt újra kell néha fűteni
<p>Szálas töltet</p> <ul style="list-style-type: none"> ködöt is kezel kis nyomásesés 	<p>Szálas töltet</p> <ul style="list-style-type: none"> korrózióra hajlamos csak finom és/vagy oldható porrészecskékre alkalmas
<p>Tányéros</p> <ul style="list-style-type: none"> gázabszorpció és portalanítás egyszerre ködökre is alkalmas hatékonyság változó jó hatékonyságú anyagérinkeztetés, pl. SO₂ eltávolításánál 	<p>Tányéros</p> <ul style="list-style-type: none"> hajlamos a korrózióra
<p>Permetező</p> <ul style="list-style-type: none"> gázabszorpció és portalanítás egyszerre nem érzékeny eldugulásra kis helyigény kicsi nyomásesés üvegszálas műanyag szerkezeti anyag esetén korrózív anyagokra is alkalmas 	<p>Permetező</p> <ul style="list-style-type: none"> kis anyagátadás hatások finom porok eltávolítására nem alkalmas üvegszálas műanyag szerkezeti anyag esetén érzékeny a magas hőmérsékletre
<p>Ütközéses</p> <ul style="list-style-type: none"> ködöket is kezel kis vízrecirkulációs arány hatékonyság változó 	<p>Ütközéses</p> <ul style="list-style-type: none"> korróziós problémák jelentősek
<p>Venturi mosó</p> <ul style="list-style-type: none"> ködöket is kezel csékély karbantartás egyszerű tervezés és üzembehelyezés változó hatékonyság reaktív gázszennyezőket is eltávolít akadálymentes 	<p>Venturi mosó</p> <ul style="list-style-type: none"> korróziós problémák jelentősek viszonylagos nagy nyomásesés, nagy energiaigény, zajos csak jól oldódó gázok és porrészecskékre alkalmas

Hatékonyság

Erősen függ a rendszer jellemzőitől.

3.17. táblázat, Mosók összehasonlítása

	Hatékonyság [%]					
	Szálas töltet	Mozgó ágyas	Tányéros	Permetező	Ütközteses	Venturi
Por részecske-méret	70-99		50-99	70-99	80-99	70-99
Illékony szerves szennyezések	70-99 (kód)			50-95		
Kéndioxid			80-99	80-99		
HCl						90
HF						90
NH ₃						94-99
Energiaigény						

Víz [l/Nm ³]				>3		0,5-5
Energia [kWh/1000Nm ³]					1-2	<0,5-6
Nyomásesés [kPa]					1,5-2,8	2,5-20
	Költségek					
Beruházási ktg [1000 Nm ³]	600-1800 USD		1300-7000 USD	500-2200 USD	2800-10000 USD	1900-17000 USD 5000 EURO*
Éves üzemelési ktg. [1000 Nm ³]	1000-21100 USD		1500-41100 USD	800-28100 USD	2200-42000 USD	2400-70000 USD **
Költség hatékonyság [tonna szennyező]	40-710 USD		51-1300 USD	28-940 USD	88-1400 USD	84-2300 USD
[cww/tm/70,110,111,112,114,115,132,138]						
* 10000 Nm ³ /h esetén léptéknövelő faktor kitevője 0,3						
** 2500+100*(áram/1000) EURO						

Általános környezeti hatás

Az energiaigényt a fenti táblázat tartalmazza. A mosók után távozó iszapot kezelni kell, ami pótlólagos beruházást igényel. Az eltávolítandó anyag jellegétől függően, pl. ha a hulladékgetőből származó por dioxinnal és/vagy nehézfémekkel és oxidjaikkal szennyezett, akkor az veszélyes hulladéknak minősül.

A mosók általában zajosak, ezért telepítésükkor erre ügyelni kell.

Monitoring

A hatékonyság megállapításához szükséges a be- és kilépő gáz részecsketartalmának megfelelő analitikával történő megállapítása, pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés. A nyomásesés és a tápáramok folytonosan rögzítendő paraméterek. Folyadék-gáz arány, pH, folyadék kibocsátás, betáplálás nyomása rendszeresen ellenőrzendő. A mosóknak megközelíthetőnek kell lenniük, mivel a korróziós problémák miatt rendszeres ellenőrzést kívánnak.

Gazdaságosság

A költségadatokat a táblázat tartalmazza. A becsült költségek 7g/Nm³ részecsketartalom esetére vonatkoznak. Speciális esetek, pl. drága vegyszerek alkalmazása, egyedi árbecslést igényelnek, ahol is az ár nagyobb lesz, mint a táblázatban felsorolt értékek. A kisebb egységek fajlagos költségei nagyobbak, mint a nagyobb kapacitású egységek hasonló értékei.

3.5.3.5 Szövet szűrők

Leírás

Egy szövet szűrőben a gáz egy szorosan szőtt vagy nemezelt szöveten halad át, amelyben a szilárd részecskék kiválnak szűrés vagy egyéb mechanizmus szerint. A szövet szűrő különböző típusú lehet, így pl. lemezes, kompakt (cartridge), vagy zsákos, mely utóbbi a leggyakoribb. Egy szűrőbe több szövet szűrőt helyeznek. A szöveten kivált porréteg jelentősen növeli a szűrés hatékonyságát.

3.18 Táblázat, A lehetséges szűrők és jellemzőik:

	Kémiai ellenállás		Üzemelési hőmérséklet nedves melegben [°C]	Üzemelési hőmérséklet [°C]	Maximum csúcs hőmérséklet [°C]	Az anyag támogatja-e az égést
	savaknak	lúgoknak				
Poliészter	jól	közepesen	94	132	150	igen
Akril kopolimer	jól	közepesen	110	120	130	nem
m-Aramid	jól	jól	177	200	240	nem
Polifenilén-szulfid	kiválóan	kiválóan	190	190	232	nem
Etilénkloro-trifluoro-etén	kiválóan	kiválóan	177	177	190	nem
Politetra-fluoretén	kiválóan	kiválóan	260	260	290	nem
Polimid	jól	jól	240	260	280	nem
Üveg	nagyon jól	közepesen	260	260	290	nem
Saválló acél	jól	kiválóan	550	550	600	nem
Kerámia	nagyon jól	jól	760	760	1204	nem

A szűrők gyakorlati alkalmazása nagy felületet kíván, hogy ne legyen nagy a nyomásesés. Egy nem várt nagy nyomásesés hibát okozhat a szűrő működtetésében, poremissziót eredményez. A szűrő házának méretét a levegőáram és a szövet felületének aránya szabja meg (a/c arány). Az a/c arány kiválasztása a tisztítandó gázáram portartalmától és a választott szövettisztítási eljárástól függ. Nagy portartalom esetén nagyméretű szűrőket kell alkalmazni, hogy a kiváló porréteg ne okozzon túl nagy nyomásesés növekedést.

A szűrő tisztítása ill. a tisztítás gyakorisága fontos paraméterek a poreltávolítás hatékonyságának megállapításában, ugyanis a kivált porréteg fontos szerepet játszik az apró részecskék kiszűrésében. A gyakori tisztítás rontja ezt a hatékonyságot, a túl ritka tisztítás esetén pedig megnő a szűrőn a nyomásesés.

Szövetszűrők típusai az alkalmazott tisztítási módszer alapján:

- **ellenáramú légbefúvós tisztítás** - Enyhe ellenáramú levegővel tisztítanak, ami kevésbé hatékony, mint a rázásos megoldás. A porzsákok alul nyitottak, felül zártak, a por vagy belülről vagy kívülről válik ki az egyedi megoldás szerint. Tisztításkor a szűrőt lekapcsolják a tisztítandó légáramról és az ellenáramú tisztítólevegővel, eltávolítják a kivált porréteget. A porréteg egy surrantó tölcserbe jut. A tisztítás ideje általában kevesebb, mint 5 perc. Csak

akkor hatékony ez a megoldás, ha porréteg könnyen leválik a szövetről. A módszert kombinálják más megoldásokkal is, pl. rázás, pulzálás, hangfrekvencia generátorok, kürtök.

- **mechanikus rázással tisztított szűrők** - Működési elvük egyszerű és hatékony. A tisztítandó gáz először egy terelőlemezen ütközik, ahol a nagyobb részecskék kiválnak és a surrantóba hullanak, a gáz pedig egy cellából alulról felfelé halad át a szűrőn. A részecskék a szűrőzsák belső felületén válnak ki. A szűrő tetejét egy rázó mechanizmus élénk mozgással tisztítja.
- **pulzáló lefúvatással tisztított szövetszűrők** - Egy viszonylag új módszerrel üzemelnek, mely nagy porterhelésekre is alkalmazható. Állandó nyomásesés mellett működnek, és helyigényük kisebb, mint a többi szűrőtípusé. A szűrőzsák alul zártak és felül nyitottak és rögzítettek. A tisztítandó gáz diffuzőrökön át, -ahol a nagyobb részecskék kiválnak-, áramlik kívülről befelé a szűrővásznon át a szűrőbe, miközben a finom porszemcsék a szűrő külső felületén rakódnak le. A pulzáló áramlással történő tisztítás egy rövid ideig tartó (kb. 0,03-0,1 sec) komprimált, kb. 0,4-0,8 Mpa nyomású levegőnek a szűrőzsákba történő befúvásával érik el. A módszer előnye, hogy a tisztítandó gáz áramát nem kell leállítani a tisztítás alatt. Csak nemezelt, tehát nem szövött, típusú szűrővásznak esetében használják, ahol nem szükséges a szűrőre kiváló porréteg tisztítóhatást növelő jelenléte. A szövött szűrők a pulzáló befúvatás után a por egy részét átengedik.

A hangfrekvencia-generátorokat, kürtöket növekvő mértékben használják a mechanikus rázással és az ellenáramú légbefúvással tisztított szűrők esetében a tisztítás hatékonyságának növelésére. A kürtöket komprimált levegővel (0,3-0,6 Mpa) üzemeltetik. A kürtök alkalmazásával kevesebb a szűrőkön visszamaradt por, mintegy 30-60%-al csökken a szűrők nyomásesése. A szűrők mechanikus igénybevétele is kisebb, ami hosszabb használati élettartamot eredményez.

A korrózió problémát jelent a szűrőkre és a szűrőházra is, különösen ha a gáz harmatpont alatti hőmérsékletű. A 3.18. táblázat összefoglalja a különböző szűrőanyagokat.

A szövetes szűrőkhöz hasonló egyéb megoldások:

- **Kompakt szűrők** - Kazettás vagy borítékos szűrőként is ismert. A szűrőszövetet ráncokba szedik, mint a harmonikát, és ezzel nagyobb fajlagos szűrőfelületet érnek el. A kisebb helyigényt viszont lerontja, hogy ennek a típusnak a szűrőszövet terhelése kisebb.
- **Fejlesztett kompakt szűrő (Spirot szűrő, sintamatic)** - A kompakt szűrőhöz hasonló módon, de zsugorított és ráncokba szedett anyaggal végzik a szűrést. Hosszú élettartamú szűrő, csekély karbantartási igénnyel

A szűréskor a gázáram a harmatpontja felett kell, hogy legyen, mert a szűrő eltömődhet és a szűrés leáll. Ezért a szűrőházat hőszigetelik, esetleg fűtik. Ha

robbanásveszély áll fenn, a szűrőberendezést biztonsági berendezésekkel kell ellátni (locsolás, robbanási rács). A gázbelépési oldalon biztonsági szelep kell, ami a szabadba fúj le. Forró részecskék számára csapda szükséges, hogy a szűrőszövet ne sérülhessen meg. Szikrák, nyílt láng nem megengedett.

Alkalmazás

A szövet szűrőket szilárd részecskék eltávolítására használják, melyek aerodinamikai átmérője 2.5µm-ig (PM_{2.5}) terjed. Alkalmas részecske formában jelen lévő veszélyes anyagok kiszűrésére is (PM_{HAP}), kivéve a higanyt. Ha a szűrőházba injektálnak száraz, félszáraz meszet vagy száraz nátriumbikarbonátot, és a szűrést adszorpcióval kombinálják, speciális gázszennyezéseket is el lehet távolítani.

Szövet szűrők hasznosak olyan részecskék eltávolítására, melyek ellenállása az ESP-k számára túl magas vagy túl alacsony. Így pl. alacsony kéntartalmú szenek pernyéje, vagy olyan pernyék kiválasztására, amelyek jelentős mértékben tartalmaznak el nem égett szenet. Az ESP-k kilépő áramába beépített szűrő nagyon lecsökkenti a kibocsátott gáz portartalmát.

Ha a gázban sok a viszonylagosan nagyméretű részecske, akkor a szűrő előtt más mechanikai tisztítás szükséges (pl. ciklon, ESP, permetező mosó) a szűrő terhelésének csökkentésére, különösen, ha a gázban magas a portartalom.

Alkalmazási korlátok:

	Korlátok
Hulladékgáz árama [Nm ³ /h]	300-1 800 000
Hőmérséklet [°C]	fenti táblázatban harmatpont felett <70 (fejlesztett kompakt szűrő)
Nyomás [kPa]	-6,4 ÷ +6,4 kPa az atmoszférikus nyomáshoz képest
Portartalom [g/Nm ³]	1-23 (tipikus) 0,1-230
Részecskék tulajdonsága	ragadós port nehéz eltávolítani a szűrőről, kerülendő
a/c arány (levegőáram és a szövet felületének aránya) [m/min]	≤1 (ellenáramú légbefúvás) <0,5 (mechanikus rázásos) 1-1,5 (2,0) (pulzáló lefúvatásos)
[cww/tm/70,123]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> nagy hatékonyság durva és finom részecskékre hatékonyság és nyomásesés nem nagyon érzékeny a belépő porterhelésre a por az elválasztás során száraz marad, így közvetlenül újrafelhasználható a maradék emissziója látszólag független a belépő 	<p>nedves és/vagy ragadós szennyezések eltávolítására nem alkalmas</p> <p>elektrosztatikus feltöltődés akadályozhatja a kivált porréteg leválasztását a szűrőszövetről, robbanásveszélyes</p>

<ul style="list-style-type: none"> • koncentrációtól egyszerű működtetés 	tűz lehetséges, ha forró és/vagy öngyulladó (pirofór) részecskék lépnek be
---	--

Hatékonyság, emissziós szintek

Egy adott szűrő és por esetében a kilépő porkoncentráció közel állandó, de a hatékonyság valószínűleg változik a részecsketerheléssel. Ezért a szövet szűrőket inkább állandó emisszióval rendelkező egységeknek tekintik, mint állandó hatékonyságúaknak.

	Szövet szűrő		Kompakt szűrő		Fejlesztett kompakt szűrő	
	Hatékonyság [%]	Emisszió [mg/m ³]	Hatékonyság [%]	Emisszió [mg/m ³]	Hatékonyság [%]	Emisszió [mg/m ³]
PM	99-99,9	2-10 1 (kerámia szűrő)		1-10		<1
[cww/tm/70,123]						

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Szövet szűrő [m ² /1000Nm ³ /h]	11-17	a/c arány 1-15 m/min
Bevonó anyag (opcionális)		ragadós vagy elektrosztatikusan feltöltődő anyaghoz, szűrő anyagának védelmére
Komprimált levegő [(Nm ³ /h)/(1000Nm ³ /h)]		szűrő tisztítása
0,3-0,6Mpa (hangkürt)		
0,4-0,8MPa (pulzáló lefűvátás)	2-2,5	
Energia [kWh/1000Nm ³]	0,2-1,2 0,5-2	
Nyomásesés [kPa]	0,5-2,5 0,5-1,8 5-50	szövet szűrő kompakt szűrő, fejlesztett komp. szűrő kerámia szűrő
[cww/tm/70,64]		

A kiválasztott por, esetleg a bevonóanyaggal keveredve, az egyetlen hulladék. Minősége a belépő gáz portartalmának függvénye. A por eredetétől függően lehet szennyezett, pl. hulladékegetőből távozó porok dioxinnal és/vagy nehézfémekkel és oxidjaikkal szennyezettek. Ez a fajta por veszélyes hulladékként kezelendő.

Monitoring

Működés és karbantartás pontosan követendők. A kilépő gáz portartalmát megfelelő analitikai módszerrel, pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés, ellenőrizni kell, a szűrő hatékonyságának nyomon követése érdekében.

Hőmérséklet, nyomásesés rutinszerűen ellenőrzendők. Az utóbbi indikálja a tisztítás szükségességét. A szűrőket és a házakat is ellenőrizni kell, hogy esetleges károsodásokat időben észlelni lehessen. Ezért a szűrőházaknak megközelíthetőnek kell lennie. A szűrőházakat riasztással egybekötött szivárgás detektálással kell ellátni.

Gazdaságosság

Szövet szűrő élettartama kb. 5 év, kompakt és fejlesztett kompakt szűrőké nyolc év.

	Költségek				
	Ellenáramú levegős	Mechanikus rázásos	Pulzáló lefuvatásos	Kompakt	Fejlesztett kompakt
Beruházás [/1000Nm ³ /h]	5300-50000 USD 30000-55000 EURO	4500-42000 USD	3700-15000 USD	1000-4000 EURO	2500-4000 EURO
Hangkürt	300-400USD	300-400USD			
Ellenáramú levegős berendezés	600-1200 USD				
Éves üzemi ktg [/1000Nm ³ /h]	4000-16000 USD A	2600-14000 USD	3200-14000 USD	B	Í C
Költség hatékonyság [/tonna szennyezés]	58-372 USD	41-334 USD	46-293 USD		
A	350+240*áram/1000 EURO				
B	2500+300*áram/1000 EURO				
C	350+240*áram/1000 EURO				

A költségbecslés konvencionális tervezést tételez fel, tipikus működési feltételek között, nem foglalva magába a kiegészítő berendezéseket. A költségek 3500-1700000 Nm³/h, ill. 9g/Nm³ szennyezésre vonatkoznak.

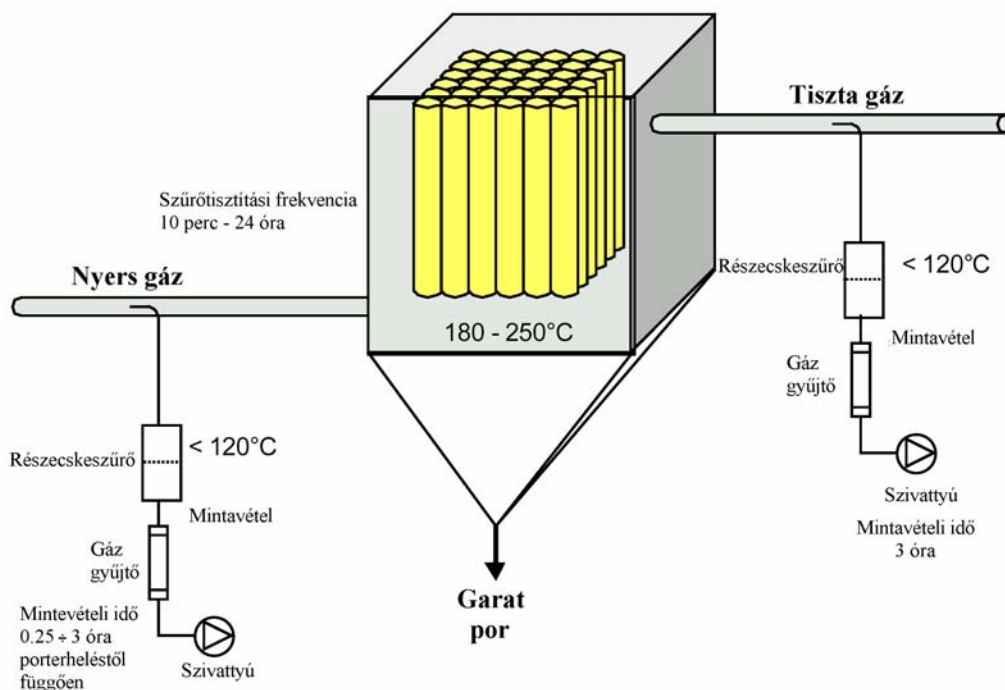
Speciális igények, anyagtisztítás hatékonysága stb., növelik a költségeket.

3.5.3.6 Katalitikus szűrés

Leírás

A katalitikus szűrés a részecskeleválasztás után még a gázban maradt komponensek eltávolítására szolgál. Működése hasonló a szövet szűrőkéhez. A különbség a szűrő anyaga, ugyanis a katalitikus szűrő katalizátorral töltött (titán/vanádium rendszer), mely katalitikus gázreakcióban szétrombolja a szennyezéseket. A katalitikus szűrőben (KSZ) kiválasztott port külön kell kezelni.

A KSZ egy feszített politetrafluoretilén (PTFE, teflon) membránból áll, amelyet rárétegeznek egy katalizátorral nemezelt hordozó rétegre. A katalizátor a nemezelt anyagban van. A KSZ-t szűrő modulonként installálják (3.82 ábra), így könnyű utólag bárhova beépíteni.



3.82 ábra, Katalitikus szűrő modul, mintavevőkkel

Alkalmazás

KSZ-t a gázfázis részecskéinek és szennyezéseinek eliminálására használják. Fő alkalmazási területe a dioxinok és furánok (PCDD, poliklórozott dibenzodioxinok, PCDF, poliklórozott dibenzofuránok) eltávolítása, de más szennyezések eltávolítására is alkalmas, pl. poliaromás szénhidrogének (PAH), poliklórozott benzolok (PCBz), poliklórozott bifenilek (PCB), illékony szerves komponensek (VOC) és klórozott fenolok (PCP).

Alkalmazási korlátok:

	Korlátok
ajánlott hőmérséklettartomány [°C]	160-200
ammónia koncentráció [ppm]	<200
kéndioxid koncentráció [ppm]	<50
nedvesség tartalom %	5-35
szűrési sebesség [m/h]	48-84
kritikus, dezaktiváló, anyagok	arzén, kálium, kalcium, kén

A hőmérséklet tartomány felső értékét a szűrő anyagának hőállósága szabja meg, kb. 255°C, alsó határát pedig a dioxin-eltávolítási reakció sebessége, vagyis az a hőmérséklet tartomány ahol a dioxint teljesen el lehet távolítani, kb. 155°C.

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> veszélyes anyagok eltávolíthatóak visszamaradó hulladék nélkül utólag is könnyen üzembe helyezhető nincs üzemeltetési és karbantartási költség nem változtatja meg a folyamat működését költségében összehasonlítható az aktív szén alkalmazásával 	<ul style="list-style-type: none"> maximális üzemeltetési hőmérséklete 260°C a veszélyes anyagok (dioxinok, furánok) hatékony eltávolításának alsó hőmérséklete 155°C, ennél alacsonyabb hőmérsékleten azok adszorbeálódnak a katalizátoron

Hatékonyság

	Hatékonyság [%]	Emisszió	Megjegyzés
Por		<1 mg/Nm ³	tipikus
Dioxinok, furánok	>99-99,8	<0,004-0,04 ng/Nm ³	hulladékégetők
		<0,075 ng/Nm ³	

Általános környezeti hatás

A kiválasztott por, pernye esetében savas szennyezőkkel, az egyetlen visszamaradó hulladék. A kiszűrt por 90%-al kevesebb dioxinokat és furánokat tartalmaz, mint amikor aktív szenet használnak. A port általában nem veszélyes hulladékként sorolják be.

A katalizátor üzemi élettartam min. 5 év.

Monitoring

Működés és karbantartás pontosan követendő. A kilépő gáz portartalmát, a szűrő hatékonyságának nyomon követése érdekében, megfelelő analitikai módszerrel kell ellenőrizni pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés. A katalizátor aktivitásának ellenőrzését egy, a szűrőmodulból kivett, szűrő zsákon végzik el. A gázból vett mintán keresztül dioxinokra és furánokra külön ellenőrzik a katalizátor aktivitását.

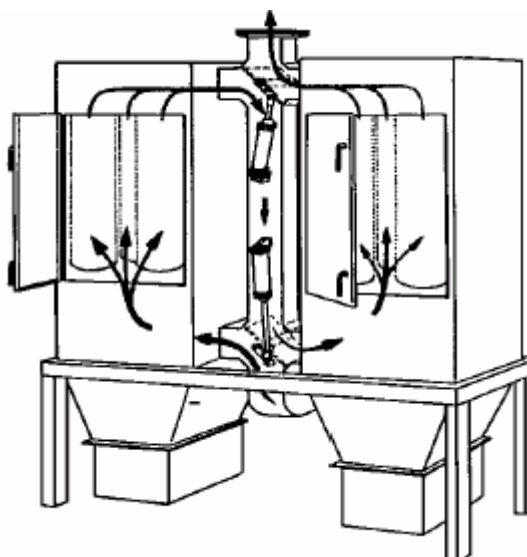
Hőmérséklet, nyomásesés rutinszerűen ellenőrzendők. Az utóbbi indikálja a tisztítás szükségességét. A szűrőket és a szűrő modulokat is ellenőrizni kell, hogy esetleges károsodásukat időben észlelni lehessen. Ezért a szűrőházaknak megközelíthetőeknek kell lenniük.

3.5.3.7 Kétfokozatú porszűrő

Leírás

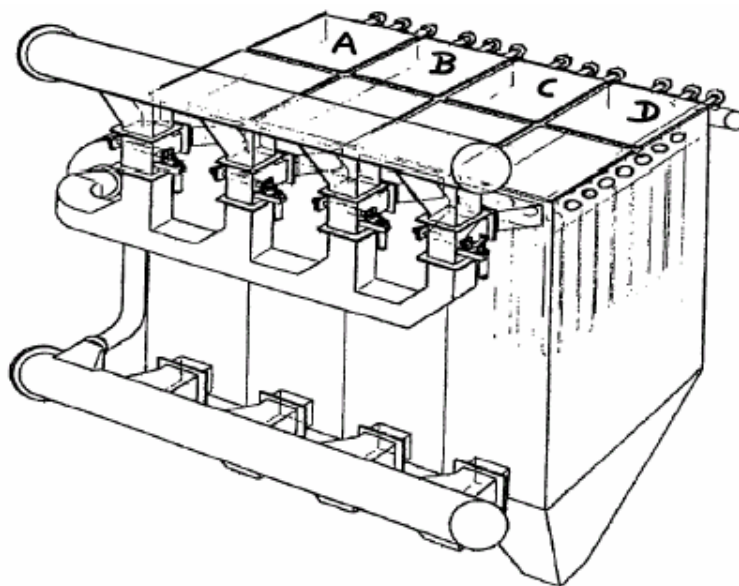
A kétfokozatú porszűrőben fém szűrőhálót használnak szűrőként. A szűrőlepeny az első egységben képződik és az aktuális szűrés pedig a második egységben történik. A nyomáseséstől függően a második egységet tisztítják és a rendszer kapcsol a két egység között oly módon, hogy az első lépcső lesz a második és fordítva. A kiszűrt port a rendszerbe integrált mechanizmus távolítja el. A por lehullik a szűrőkamra aljára, ahonnan eltávolítják (3.83 ábra).

Mivel a fém szűrőháló terhelhetőségi kapacitása nagyobb, mint a szöveteké ezért, kisebb szűrőfelület (kevesebb szűrőháló) szükséges. Ez az előny azonban a két egység miatt nem jelentős.



3.83 ábra, Kétfokozatú porszűrő

Egy speciális változata a fém szűrőhálós szűrőnek, amikor a szűrőt egy ú.n. újrarétegezési eljárással egészítik ki. Ennek lényege, hogy a szűrők hatékonysága a tisztítás után mindig leesik, amíg egy vékony porréteg a szűrő felületén ki nem alakul, ugyanis a porréteg is szűri a gázt, sőt jóval hatékonyabban, mint a szűrővászon ill. fém szűrőháló. Ezért a fém szűrőhálós szűrő újrarétegezéssel (3.84 ábra) úgy működik, hogy a szűrőháló tisztítása után a szűrőkamrában poros gázt recirkuláltatnak egészen addig, amíg a szűréshez szükséges porréteg ki nem alakul, és csak utána helyezik a szűrőkamrát üzembe. A szűrő több elemből áll, melyeket felváltva működtetnek.



3.84 ábra, Fém szűrőhálós szűrő, újrarétegezéssel

Robbanásveszély esetén gondoskodni kell a megfelelő biztonsági berendezésekről.

Alkalmazás

Elsősorban szilárd anyagok eltávolítására alkalmazzák, de injektálással (adszorpcióval, félszáraz mész injektálásával) kombinálva gázszennyezéseket is képes eltávolítani.

	Korlátok
Tipikus hulladékgáz-áram [Nm ³ /h]	max 75000/modul
Hőmérséklet [°C]	max. kb. 500
Nyomás [kPa]	atmoszférikus
Portartalom [g/Nm ³]	nincs korlát

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
----------------	------------------

<ul style="list-style-type: none"> • nagy hatékonyság porra • szilárd anyag kinyerése lehetséges • keringetett levegő is használható légbeszívásra • moduláris • nincs extra szűrőanyag, csak az acél • a szűrő terhelhetősége nagyobb, mint a szövet vagy kompakt szűrő esetében • nedves, ragadós, szálas, sztatikus porra jó • tűzkárnak ellenáll • használatával lehetséges a hővisszanyerés (magas hőmérsékleten is üzemeltethető) 	<ul style="list-style-type: none"> • költségesebb mint a szövet vagy kompakt szűrők, ha a környezeti hőmérséklet alatt használják, magasabb hőmérsékleteken nem igaz • gyakori kapcsolás a két egység között (kétfokozatú szűrő esetében) • szelepes szabályozás szükséges poros környezetben • robbanásveszélyes
--	---

Hatékonyság

A por emissziója látszólag független a belépési terheléstől. Értéke kb. 1mg/Nm³.

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Szűrő anyaga, fém szűrőháló		
Komprimált levegő (0,3-0,7 MPa)		szűrő tisztítására
Energia [kWh/1000Nm ³]	1,5	
Nyomásesés [kPa]	0,5-2,5	

A kiválasztott por az egyetlen hulladék. Minősége a belépő gáz portartalmának függvénye. A por eredetétől függően lehet szennyezett, pl. hulladékegétöből távozó porok dioxinnal és/vagy nehézfémekkel és oxidjaikkal szennyezettek. Ez a fajta por veszélyes hulladékként kezelendő.

Monitoring

A működés és a karbantartás pontosan követendő és rögzítendő. A kétfokozatú szűrő hatékonyságának nyomon követése érdekében a kilépő gáz portartalmát megfelelő analitikai módszerrel, pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés, ellenőrizni kell.

Hőmérséklet, nyomásesés rutinszerűen ellenőrzendő. Az utóbbi indikálja a tisztítás szükségességét. A szűrőket és a házakat is ellenőrizni kell, hogy esetleges károsodásukat időben észlelni lehessen. Ezért a szűrőházaknak megközelíthetőnek kell lennie. A szűrőházakat riasztással egybekötött szívárgásdetektálással kell ellátni.

Gazdaságosság

	Költségek	Megjegyzés
Beruházási ktg. [/1000 Nm ³ /h]	30000 EURO	rendszer 1700Nm ³ /h

Éves üzemeltetési kgt. munkaerő [/év] energia [/1000 Nm ³ h]	2000+350*áram/1000 EURO 2000 EURO 350EURO	1,5 óra/hét
---	---	-------------

3.5.3.8 Abszolút szűrő (High Efficiency Particle Air, HEPA szűrő)

Leírás

A szűrőanyag papír vagy összekuszált üvegszálak, nagy sűrűségben. A hulladékgáz áthalad a szűrőn miközben a szilárd részecskék a szűrő anyagán kiválnak. A kiváló porréteg növeli a szűrés hatékonyságát. A szűrő anyagát harmonikaszerűen helyezik el, növelve a levegőáram és a szövet felületének arányát (a/c arány).

A legegyszerűbb kivitelezésűek a dobozos vagy a hengeres megoldások. A gáz a dobozosnál az elejétől a vége felé áramlik, míg a hengeresnél középről kifelé. A szűrőt közvetlenül a csővezetékbe vagy külön, saját szűrőházba, is szerelik. Előszűrés szükséges, hogy a nagyobb részecskéket eltávolítsuk, ugyanis a HEPA szűrő a kis részecskék kiszűrésére szolgál.

Az alkalmazott szűrők száma az a/c aránytól függ, mely mindig az adott feladat függvénye (gázáram, portartalom, részecskeeloszlás, nyomásesés). A HEPA szűrők nyomásesése a többi, szövetes szűrőkéhez képest nagy, ezért csak kis gázáramok esetén használják. Nem tisztíthatók, mert a tisztítás tönkreteszi a szűrőközeget, és ezért a szűrőket inkább cserélik.

Alkalmazás

HEPA szűrők mikronnál kisebb részecskéket is kiszűrnek (PM_{0,12}-PM_{0,3}) valamint a por formájában jelenlévő nehézfémeket is, kivéve a higanyt.

HEPA szűrőket ezért olyan finom porok, toxikus és/vagy veszélyes anyagok kiszűrésére használják, ahol más szűrők nem hatékonyak. A portalanító technológiák utolsó eleme, ESP és szövetes szűrők után.

	Korlátok
Gázáram [Nm ³ /h]	100-3600 / modul
Hőmérséklet [°C]	<200, kereskedelmi HEPA <530, kerámia vagy üveg töltet hulladékgáz harmatpontja felett
Nyomás [kPa]	atmoszférikus
Portartalom [g/Nm ³]	1-30 <2
Relatív páratartalom [%]	<95
[cww/tm/70,64,106]	

HEPA szűrők alkalmazása előtt a részecskéket 2.5 µm aerodinamikai átmérőig (PM) ki kell szűrni. Erre a célra ciklonok, Venturi mosók, szövetes szűrők szolgálnak.

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • kisátmérőjű szemcsék is eltávolíthatók • nagy hatékonyság, kevés visszamaradó szennyezés • kilépő levegő tiszta, recirkuláltatható • moduláris felépítésű • nem érzékeny a hulladékgáz kisebb áramlási ingadozásaira • viszonylagosan egyszerűen működtethető • általában nincs korróziós probléma 	<ul style="list-style-type: none"> • robbanásveszély • sok karbantartás, gyakori szűrőcsere • nem alkalmas nedves gázokra • nagy portartalom esetében nem használható • üvegszálal szűrő alkáli tartalom esetében nem alkalmazható

Hatékonyság

	Hatékonyság [%]	Emissziós szint [mg/Nm ³]
PM		>0,0001
PM _{0,01}	>99,99	
PM _{0,1}	>99,999	
[cww/tm/64,106]		

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Szűrőanyag, papír, üvegszál		
Energia [kWh/1000Nm ³]	<0,1	
Nyomásesés [kPa]	0,05-0,25	
[cww/tm/70]		

A használt szűrőelemeket hulladékként deponálni kell. Egy egység kb. 1 kg port szűr ki.

Monitoring

A működés és karbantartás pontosan követendő. A kilépő gáz portartalmát, a szűrő hatékonyságának nyomon követése érdekében, megfelelő analitikai módszerrel, pl. UV/látható opálosság, béta sugarak, részecske visszaverődés, ellenőrizni kell.

Hőmérséklet, nyomásesés rutinszerűen ellenőrzendő. Az utóbbi indikálja a szűrőbetét szerjének szükségességét. A szűrőket hulladékként deponálni kell.

Gazdaságosság

	Költség	Megjegyzés
Beruházási ktg. [/1000Nm ³ /h]	1800-2400 USD	
Éves üzemeltetési ktg.	2500+60*gázáram/1000 EURO	alkalmazás specifikus
munkaerő/év energia [/1000Nm ³ /h]	2500 EURO 60-120 EURO	2 óra/hét
[cww/tm/70,106]		

3.5.3.9 Nagyhatékonyságú légszűrő (High Efficiency Air Filter, HEAF)

A szűrő egy lapos ágy formájú szűrő, melyben az aeroszokok cseppecskékké egyesülnek. Nagyviszkózitású anyagok a szűrőn maradnak és esetenként eltömíthetik a szűrőt. Ha a nyomásesés elér egy értéket a szűrőt ki kell cserélni. A cserét el lehet végezni a folyamatos működés alatt is, mert a szűrő anyaga egy hengeren van. A kezelt gáz egy ködszűrőn át hagyja el a rendszert, amelynek szeparálnia kell a levegő által magával ragadott viszkózus cseppeket is.

Kisviszkózitású cseppek leválasztásáról egy lamellás szeparátor vagy egy ködszűrő beépítésével kell gondoskodni.

Alkalmazás

A nagyhatékonyságú légszűrőt aeroszokok, pl. olaj, plasztikálószerke és kondenzálódó illékony szerves komponensek (VOC) eltávolítására használják.

	Korlátok
Tipikus hulladékgáz áram [Nm ³ /h]	25000-ig
Nyomás	atmoszférikus
[cww/tm/70]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> folyamatos nagyviszkózitású cseppekre is alkalmas 	<ul style="list-style-type: none"> nagy nyomásesés

Hatékonyság

	Hatékonyság [%]	Megjegyzés
Cseppek	99	
Aeroszolok	99	
[cww/tm/70]		

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Szűrő anyaga		
Energia [kWh/1000 Nm ³]	<0,1	
Nyomás esés [kPa]	8	
[cww/tm/70]		

A használt szűrőanyagot, a kiszűrt anyag jellegétől függően deponálni kell.

Gazdaságosság

	Költség	Megjegyzés
Beruházási ktg. [/1000Nm ³ /h]	5700-8000 EURO	
Éves üzemeltetési ktg. [/1000 Nm ³ /h] munkaerő	3000 EURO	kb. 2.5 óra/hét

3.5.3.10 Ködszűrő

Leírás

A legközségeesebb ködszűrők a hálós anyagokból készült párnák, plasztronok. A ködszűrőkben rendszerint szőtt vagy kötött fém vagy szintetikus anyagból készült monofil szál van, mely specifikus vagy véletlenszerű konfigurációban a szűrő teljes mélységében helyezkedik el. A ködszűrők ütközéses elven működnek, és működésük függ az áramlási sebességtől. Terelőlemezes szeparátorokat szintén használnak ködszűrőként.

A ködszűrőket speciális méretű részecskék eltávolítására tervezik. Míg a szilárd porrészecskék szűréskor porrészecskék a szűrő egységben maradnak addig, a ködszűrőknél a megkötött folyadék ki is csöpöghet az általa kialakított csatornákon át.

Mivel a ködszűrő plasztronok elszennyeződésre hajlamosak, ezért rendszeresen mosni kell azokat. Ha a mosást elhanyagolják, a szűrő belsejében a szennyezések szilárd formában kiválhatnak, és utána a mosás már nem használ. A legtöbb ködszűrőben van

bejáratú ajtó, hogy a tisztítás egyszerűbb legyen. A szűrőközeg utólagos beépítésénél vagy cseréjénél ügyelni kell a szűrő és a szűrőház falának pontos illeszkedésére, hogy ne alakulhassanak ki csatornák a fal és a szűrő között, mert a ködszűrő plaszonok nyomásesése nagy, és ezért a legkisebb résen is jelentős gáz tud áthaladni, megkerülve a szűrőt.

Alkalmazás

Ködszemcsék eltávolítására használják. Ha szűrőt üzem közben tisztítják, folyadékban oldódó szilárd részecskék eltávolítására is használható. Mivel elszennyeződésre hajlamos, ezért kevésbé alkalmas szilárd por és nyálkás gázok eltávolítására. A ködszűrők megvédik a berendezéseket a szilárd/folyadék részecskéktől, hogy azok ne koptassák és súrolják a mechanikusan mozgó alkatrészeket.

A nagyhatékonyságú ködszűrők elsődleges elemek. Fontos elemek olyan technológiáknál, ahol köd képződik, pl. kénsav, nikkel vegyületek, nátrium hidroxid, salétromsav, krómvegyületek. A köd megszűrésével javítják a folyamatok gazdaságosságát, nyersanyag nyerhető vissza, víz spórolható meg. Multi ködszűrőket is alkalmaznak. A multi ködszűrők első elemeiben eltávolítják a részecskék legnagyobb részét, és ezáltal tehermentesítik a többi egységet, ahol a kisebb részecskéket szűrik ki. Egy jó megoldás erre a három-vagy négyfokozatú egység, ahol szűrőrétegeket és hézagokat kombinálnak. Fokozatonként csökkentik a felhasznált monofil méretét és a hézagterefogatot is. Mindegyik egységet vízzel öblítik. A fokozatok után a mosóvizet el kell vezetni, hogy az ne folyhasson rá a következő tisztítandó szűrőegységre.

Ködszűrőket alkalmaznak vizes mosók után, az elragadott vízcseppek, melyek szennyezőanyagot is tartalmaznak magukban, kiválasztására. Így azok nem jutnak ki a levegőbe. A ködszűrőt a kolonna tetejére építik, hogy a kiszűrt cseppecskék visszacsöpögjenek a kolonnába. A ködszűrők akkor is fontosak, ha csak alacsony szennyezőanyag-kibocsátás engedett meg, és ha oldószer ill. anyagvesztéséget kell abszorberek, mosók, desztilláló oszlopok esetében csökkenteni.

Alkalmazási korlátok:

	Korlát
Tipikus hulladékgáz-áram [Nm ³ /h]	150 000-ig
Hőmérséklet [°C]	<170
Portartalom [mg/Nm ³]	<1
Aeroszolok	néhány g/Nm ³
[cww/tm/70]	

Előnyök, hátrányok

Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> öntisztuló a megkötött folyadékokra folyadékok megkötésére alkalmas, elsődleges 	<ul style="list-style-type: none"> a mosásnál szennyezett folyadék képződik nagy nyomásesés

egységként is	• elszennyeződési veszély
---------------	---------------------------

Hatékonyság

	Hatékonyság [%]	Megjegyzés
Por	99	
Aeroszol	99	
[cww/tm/70]		

Kisebb monofil és nagyobb hézag jobb hatékonyságú a kisebb (1-3 µm) részecskék eltávolítására, de ezek hajlamosabbak az elszennyeződésre. Ezért a monofil és a hézag kialakítása fontos tényezők a hatékonyságnál, lényeges a monofil szál átmérője és a kellően nagy hézag, hogy ne alakulhasson ki elszennyeződés. Ezek a ködszűrők kb. 5-10 µm-re hatékonyak.

Általános környezeti hatás

	Mennyiség	Megjegyzés
Szűrő anyaga		
Mosó folyadék		tisztításhoz
Energia [kWh/1000Nm ³]		
Nyomáskeresés [kPa]	2,5 9,0	normál nagy terhelés
[cww/tm/70]		

A maradék a mosófolyadék, melyet a szűrő által kiválasztott anyagok jellegének megfelelően kell kezelni, pl. deponálás, ártalmatlanítás, veszélyes hulladék, stb.

Ha a ködszűrő mosó- ill. desztilláló oszlopban kerül felszerelésre, a kicsöpögő folyadék visszahullik a kolonnába.

Monitoring

A ködszűrőn kialakuló nyomáskeresést a mérni kell.

Gazdaságosság

	Költségek	Megjegyzés
Beruházási ktg. [/1000Nm ³ /h]	2300 EURO	kis rendszerekre, 2000Nm ³ /h-ig
Éves üzemeltetési ktg. [/1000Nm ³ /h]	2500+450*gázáram/1000	
munkaktg.	2500 EURO	2 óra/hét
egyéb [/1000Nm ³ /h]	250-600 EURO	
[cww/tm/70]		

3.5.4 Véggázokban lévő gáz halmazállapotú szennyezőanyagok visszanyerési és csökkentési eljárásai

A nagy-hőmérsékletű (pl. termikus és katalitikus oxidáció) és vegyi folyamatokból származó füstgázbeli szennyezőanyagok lehetnek szilárd részecskék és gázok, mint pl. kéndioxid, NO_x , hidrogén-halogenidek és speciális körülmények között dioxinok. A füstgázbeli szilárdanyag és NO_x csökkentését más fejezetek tartalmazzák (lásd a 3.5.3. Fejezet a szilárdanyagra és 3.5.4.2. Fejezet az NO_x -re). A sósavgáz és a kéndioxid ugyanakkor újrahasznosítható. A sósav és kéndioxid kezelése gyakran kétfélelépcsős folyamat:

- nedves elnyeletés vízzel (lásd 3.5.1.4. Fejezet) tömény sósavoldat előállítására
- különböző kénmentesítési folyamatok (lásd 3.5.1.4. és 3.5.4.1. Fejezet) gipsz vagy kénsav oldat előállítására.

A következőkben a nedves gázelnyleteléssel kiegészített (lásd 3.5.1.4. és 3.5.3.4. Fejezet), vegyiparban elterjedt füstgáztisztítási eljárásokat tárgyaljuk.

3.5.4.1 Szorbens injektálás, mint füstgáz kéntelenítési (FGD) eljárás

Leírás

Az FGD szorbens injektálás alapelve a reaktív anyag hulladékgáz áramba történő bejuttatása és szétosztatása abban. Ez az anyag reakcióba lép az SO_x komponenssel, szilárd anyagot képezve vele, amelyet a gázáramból a későbbiekben el kell távolítani. A leggyakoribb szorbensek:

- mész
- nátrium-hidrogén-karbonát (nátrium-bikarbonát)
- nátrium-karbonát (szóda)

A szorbens kiválasztása annak hatékonyságától függ, de a legtöbb esetben természetes anyag, mint mészkő, dolomit vagy ezen nyersanyagokból előállított hidratált vegyületek.

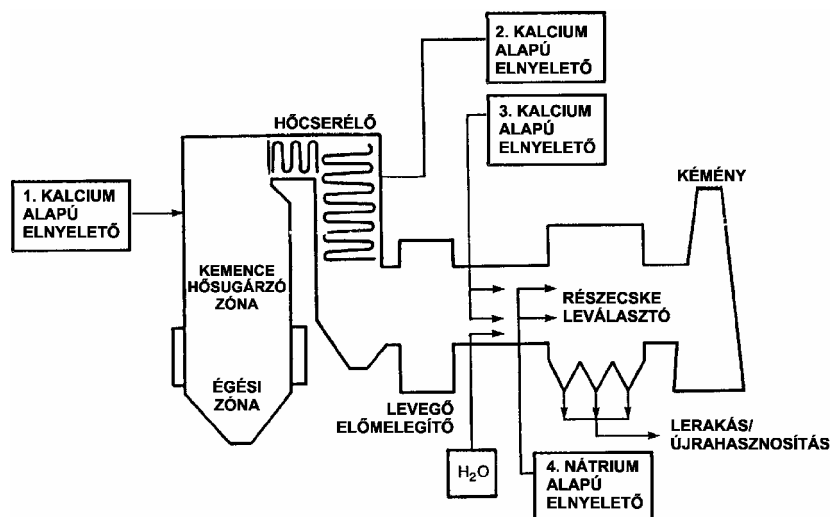
Ezek a szorbensek más savas gázok, mint sósav és hidrogén-fluorid, eltávolítására is hatásosak. Ha ezeket a savas gázokat valójában újrahasznosítani akarjuk, akkor a hulladékgázt előkezelni (vizes elnyeletés, lásd 3.5.1.4. Fejezet) kell.

Háromfajta szorbens injektálási eljárás létezik:

- száraz szorbens injektálás
- félszáraz (vagy félnedves) injektálás

- mésztej nedves injektálása

A száraz szorbens injektálással a finoman porított szorbent vagy a füstgáz áramba injektáljuk, vagy a reakciós toronyba adagoljuk; az utóbbi hatékonyabb megoldás. Amikor a szorbent a gázáramba injektáljuk, ezt különböző helyeken tehetjük meg, a hőmérséklettől és a legkreatívabb körülményektől függően. Ezt mutatja be a 3.85. ábra [cww/tm/79].



3.85. ábra Száraz szorbens injektálás kéndioxid eltávolítására (injektálási elhelyezések)

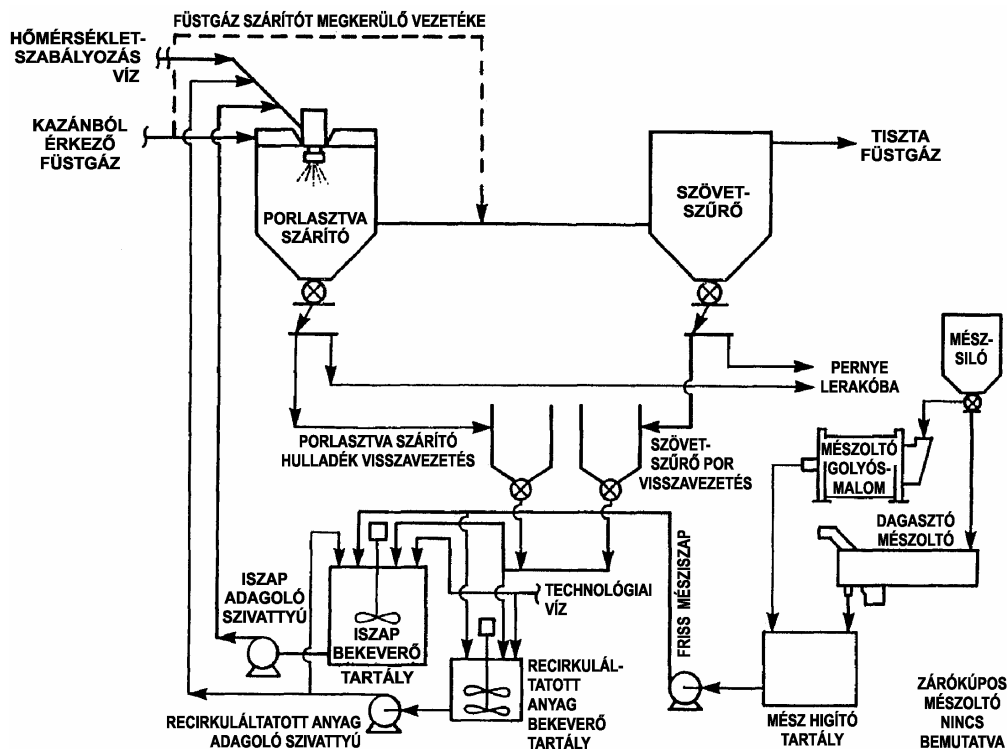
Az általánosan használt injektálási elhelyezések és a megfelelő szorbensek [cww/tm/79]:

- mészkő égetőkemencébe történő beinjektálása 1100-1250 °C közötti hőmérsékleten
- oltott mész injektálása a hőcserélőbe kb. 550 °C-on
- viszonylag nagy víztartalmú oltott mész utóégetőbe történő injektálása a gáz telítési hőmérsékleténél 5-15 °C-al magasabb hőmérsékleten
- nátriumalapú vegyületek, pl. nátrium-bikarbonát utóégetőbe történő injektálása a hőcserélő és a porleválasztó közötti 130-180 °C közötti hőmérséklettartományban, vagy ha a szűrőközeg lehetővé teszi 400 °C feletti hőmérsékleten.

A félszáraz szorbens injektálásnál a szorbent szuszpenzió vagy oldat (cseppek) formájában adagoljuk a reakciós kamrába oly módon, hogy a reakció közben a folyadék folyamatosan elpárologjon. A végeredmény egy száraz termék, amely a kamra alján vagy a porleválasztóban gyűlik össze. Az eljárást a 3.86. ábra mutatja be [cww/tm/79], amelyik ESP-vel helyettesíthető szövetzsűrőt használ a porleválasztásra.

A félszáraz berendezés főbb egységei .

- a porlasztva szárító, mint porlasztó és reakciós kamra (egy torony vagy hengeres cső, cseppek és füstgáz folyamatos áramlására)
- zagy/oldat előállító berendezés (meszes zagy vagy nátrium-karbonát/bikarbonát oldatok)
- részecske gyűjtő egység
- részecske újrahasznosító egység.



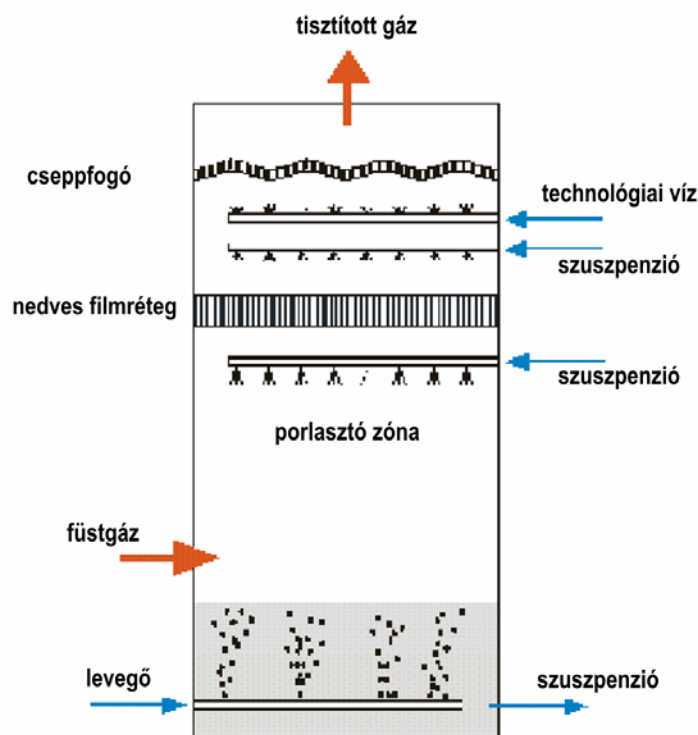
3.86. ábra Porlasztó vagy félszáraz FGD rendszer

A nedves injektálással a kéndioxidot távolítják el a füstgázból az FGD abszorberben finomra porított mészkő vizes szuszpenziójával (mésztej) érintkeztetve, miután a szuszpenzió szemcseméretét ellenőrizték és egy hőcserélőn vezették keresztül. Az elnyeletett füstgáz egy cseppfogón halad át és egy kéményen vagy hűtőtornyon keresztül a szabadba távozik. A reakció termékeket az abszorberből kinyerik és víztelenítik, majd hasznosítják.

A folyamat az alábbi részekre bontható:

- a kéndioxid elnyeletése az elnyelető folyadékkal pH 4-5,5 tartományban, a fő termék kalcium-biszulfít [$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$]
- a biszulfít szulfáttá oxidálása
- képződött gipsz ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) kristályosítása
- a gipsz kristályok oldószerrel történő elválasztása

Az eljárást a 3.87. ábra mutatja be.



3.87. ábra Nedves FGD rendszer: Mésztejes elnyelető

Az elnyeletési fázis szilárd maradéka alapvetően gipsz, 100-120 g/l koncentrációval. A modern égető-berendezések viszonylag kis oxigénfelesleggel működnek, ezért a füstgáz oxigéntartalma gyakran nem elegendő a biszulfid teljes oxidációjához, amit az elnyelető iszapgyűjtőjén keresztül történő levegő befúvással pótolnak. A tisztított gáz csöveinek eldugulását azzal előzik meg, hogy a FGD egységet cseppfogóval látják el.

A kénmentesítés mértéke a folyadék és a gáz térfogatáramainak arányától (L/G) függ. A gáz áramlási sebességével növelhető folyadék és gáz közötti áramlási turbulencia javítja a tömegátadást, így a kénmentesítési hatásfokot is. Másrészt a segédáram egységekre az is jellemző, hogy a magasabb gázárammal csökken a tartózkodási idő és ezzel együtt a kénmentesítési hatásfok is.

A mosófolyadékbeli klorid koncentráció 30 g/l alá csökkentése érdekében az elhasznált mosófolyadékot elkülönítik a folyamattól és kezelik, egyben a nehézfémeket és a KOI-t is eltávolítják. A veszteségek pótlására friss mésztejet adagolnak.

A kezelt füstgáz többé vagy kevésbé telített állapotban hagyja el az FGD egységet. A harmatponti hőmérséklet túllépése érdekében egy újramelegítési lépcső (általában egy hőcserélő típusú gáz előmelegítő) és elegendő kéményhuzat, vagy hűtőtorony ajánlatos.

A megfelelő szilárdanyag csökkentő eljárás a szárazanyag csökkentésére mind a száraz, mind a félszáraz eljárásnál az ESP vagy szövetzsűrők alkalmazása. A szövetzsűrők alkalmazásánál a füstgázt általában hűteni kell, vagy hőcserélővel, vagy hideg levegővel a hőmérséklet 200 °C alatt tartása érdekében (kivételet képeznek a magasabb hőmérsékleten is alkalmazható szűrőszövetek, mint a kerámia vagy fémbetétesek).

A maximális eltávolítási hatásokhoz tartozó hőmérséklet komponensenként változik. Továbbá a hulladékgáz szennyezőinek a reaktivitása is különböző az abszorbensektől függően és egymás mellett, párhuzamos reakciók játszódnak le a különböző anyagrészek között, főleg akkor, ha a reagensnek a savas gázhoz való viszonya viszonylag alacsony. Megemlítendő, hogy a különböző elnyelési hatások az abszorpciós közeg fajlagos mennyiségétől, a hulladékgáz összetételétől (úgy mint szennyezőanyagok, nedvesség, oxigéntartalom) és a reakció hőmérsékletétől függenek. A gáz/szilárd reakció természetétől befolyásolt elnyelési hatások nagymértékben függenek az abszorbens aktív fajlagos felületétől és a tartózkodási időtől. Meg kell említeni, hogy az abszorbenseket a sztöchiometrikus arányt meghaladó mennyiségben alkalmazzák.

A sósav és SO₂ eltávolítási hatások nagymértékben csökken a hőmérséklet csökkenésével és a minimális értéket 200-280 °C között veszi fel. 200 °C alatt a hatások nő és a legtöbb szennyező anyagra jó eredmények érhetők el.

Alkalmazás

A száraz és félszáraz szorbens injektálást általában savas gázok emissziójának csökkentésére használják. A száraz eljárás kisebb üzemek számára is alkalmas, vagy olyan utólagos beillesztéseknél, ahol más rendszerek beruházási költsége túl magas lenne. Az egyéb szennyezőanyagok csökkentésére a száraz szorbenshez granulált aktív szén (GAC) adagolnak.

Az alkalmazás korlátai és megszorítások [cww/tm/70]:

	Korlátok / megszorítások
Általános hulladékgáz térfogatáram[Nm ³ /h]	10000–300000 (száraz szorbens)
	1000000 ¹ (félszáraz szorbens)
	50-500000 ¹ (nedves eljárás)
SO _x koncentráció	széles tartomány
Hidrogén-halogenid koncentráció	széles tartomány
¹ [cww/tm/70]	

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
Száraz eljárás	Száraz eljárás

<ul style="list-style-type: none"> Nincs szükség extra berendezésekre, mivel egy porleválasztó rendszerint rendelkezésre áll Egy jól megtervezett reakciós kamra és torony esetén nagy hatékonyság Más eljárásokkal összehasonlítva alacsony költségű rendszer 	<ul style="list-style-type: none"> Az adagolt szorbens kölcsönhatásba léphet a szálló pernyével és a hőcserélő felületén lerakódásokat okozhat A nagy főlöslégben adagolt szorbent el kell helyezni
<p><u>Félszáraz eljárás</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Viszonylag egyszerű berendezés Olcsóbb a nedves elnyeletésnél Nincs szennyvíztermelés 	<p><u>Félszáraz eljárás</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Alacsony részecskeleválasztási hatások a reakciós kamrában A nedvesség zavaró lehet, ha a szilárdanyag tartalom csökkentése vászonszűrőkkel történik
<p><u>Nedves eljárás</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Nagyon magas hatások Illeszthető készülék Viszonylag magas hőmérsékleten (50-80 °C) működhet Közvetett ellenőrzés a vegyszerek sztöchiometrikus adagolásán keresztül (ha a pH ellenőrzött) Újrahasznosítható termék, ha mésszel dolgozunk (gipsz) 	<p><u>Nedves eljárás</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Növekszik a víztartalom <p>A száraz és félszáraz eljárásokhoz képest nagy vízfelhasználás</p>

Teljesíthető emissziós szintek / hatások

Amint azt a korábbiakban említettük az elérhető szennyezőanyag eltávolítás különböző tényezőktől függ, magába foglalva a hulladékgáz hőmérsékletét, a szorbens és a szennyező közötti molarányt és a szorbens elosztatását. A különböző körülmények között elérhető hatásokokat tartalmazzák a 3.19.-3.22. táblázatok.

Szennyezőanyag	Eltávolítási hatások [%]		
	ESP		Zsákszűrő
	kb. 400 °C	200–280 °C	130–240 °C
SO ₂	50	10	10
SO ₃	80	90	95
HCl	70	35	80
HF	95	95	95

Ref.: VDI Guidelínes 2578, Nov. 1997

3.19. táblázat Száraz eljárásnál mért eltávolítási hatások mészadagolás esetén különböző hőmérsékleteken és porleválasztó rendszereknél

Ca/S molarány	SO _x csökkentési hatások [%]	
	130–140 °C	170–180 °C
1	30	22
2	50	40
3	70	55

Ref.: Ipari folyamatok kéntelenítési eljárásai, ADEME 1999

3.20. táblázat Száraz eljárásnál mért SO₂ eltávolítási hatások mészadagolás esetén különböző hőmérsékleteken és Ca/S molarányánál

Ca/S mólarány	SO _x csökkentési hatások [%]
1	80
1.5	90
2	92

Ref.: Ipari folyamatok kéntelenítési eljárásai, ADEME 1999

3.21. táblázat Fél-száraz eljárásnál mért SO₂ eltávolítási hatások mészadagolás esetén különböző Ca/S mólarányoknál

Szennyezőanyag	Eltávolítási hatások [%]	
	Száraz eljárás ^a	Félszáraz eljárás
SO ₂	<50	90–95
SO ₃	90	
HCl	50–75	>90
HF	10-40	>85

^a 300–400 °C közötti hőmérséklettartomány

3.22. táblázat Száraz és fél-száraz eljárásnál mért eltávolítási hatások nátrium-karbonát adagolás esetén

Normál körülmények között elérhető emissziós szintek / eltávolítási hatások

Szennyezőanyag	Száraz eljárás		Félszáraz eljárás		Nedves eljárás	
	Eltávolítási hatások [%]	Emissziós koncentráció ^a [mg/Nm ³]	Eltávolítási hatások [%]	Emissziós koncentráció [mg/Nm ³]	Eltávolítási hatások [%]	Emissziós koncentráció [mg/Nm ³]
SO _x	40-80 ^{1b}	<40	85->90 ^{1,2}	<40	90-97 ^c	<40 ²
HCl		<10 ²	>99 ¹	<10 ²		<10 ²
HF		<1 ²		<1 ²		<1 ²

^a elérhető kibocsátási koncentráció, de a száraz eljárást ilyen alacsony koncentrációknál nem használják, ahol a nedves mosás vagy szorpció előnyösebb eljárás lehet
^b szövetzsűrők alkalmazása 10 %-al növelheti az eltávolítási hatásokat
^c az L/G aránytól függően (90 % 8 l/Nm³-nél, 95 % 14 l/Nm³-nél, 97 % 20 l/Nm³-nél)
¹ [cww/tm/79]
² [cww/tm/70]

Egy NO_x kibocsátásra vonatkozó hatást a nátrium-karbonát, vagy hidrogén-karbonát félszáraz alkalmazásánál közöltünk és nátrium-hidrogén-karbonátra az optimális tartományban a 120-160 °C közötti értéket javasoltuk. A hatékonyság az SO₂/NO_x aránytól függ. Az eltávolítási hatások kedvező a magas arányban és közepes hőmérsékletnél [BREF on Glass Manufacturing Industry, 2000].

Közegek közötti keresztzennyezés

Felhasznált anyag energia	Mennyiség		
	Száraz eljárás	Félszáraz eljárás	Nedves eljárás
Szorbens ^a [Ca/S mólarány]	3 és több (mészre)	1,5-3 (mészre)	<1.1 ¹
Víz [l/Nm ³]	-	0.027–0.04 ²	8-20 ^c
Villamos energia	a porleválasztó	1 ³	

[kWh/1000 Nm ³	rendszerrel függően		
Nyomáskeresés [kPa]	a porleválasztó rendszerrel függően	2.5 ³	
^a nátrium-hidrogén-karbonát ajánlott egy elfogadható kisebb feleslegben ^b L/G arány ^c 8 l/Nm ³ megfelel 90 %, 14 l/Nm ³ 95 % és 20 l/Nm ³ 97 % kéneltávolításnak ¹ [cww/tm/132] ² [cww/tm/79] ³ [cww/tm/70]			

A száraz és félszáraz szorpciós eljárások esetén az eredeti és a reakciós termék keveréke a melléktermék és ha nem újrahasznosítható, vagy nem visszaforgatható, akkor lerakóban kell elhelyezni. Ez tartalmazza az összes olyan szennyezőanyagot, amelyik az égetési folyamat alatt nem bomlott el, úgymint nehézfém-vegyületek és/vagy dioxinok, az égetőbe belépő anyagok minőségétől függően. Néha a leválasztott port is részben újra felhasználják.

A nedves eljárásnál keletkező nagy tisztaságú (99 %-nál nagyobb CaSO₄ a szilárd anyagban) gipszet [cww/tm/132] más területen lehet felhasználni.

Szabályozás [cww/tm/94]

A száraz és félszáraz szorpciós injektációs rendszerek működését a savas gáz koncentrációjának és a részecske csökkentés hatásfokának meghatározásával felügyeljük.

A hőmérsékletet és a (zsák)szűrőn keresztüli nyomáskeresést (és a folyadék/gáz áramlási sebesség arányt a félszáraz eljárásnál) rutinszerűen mérik. Amikor ESP-t alkalmaznak az elektromos áram és a télerősség nagyságát ellenőrzik, és a porleválasztó meghibásodása esetén figyelmeztető jelzést adnak.

Gazdaságosság

Költségek típusa	Költségek		
	Száraz eljárás	Félszáraz eljárás	Nedves eljárás
Beruházási költségek [1000 Nm ³ /h-ra vonatkoztatva]		EUR 11000 ^{1c}	
Éves üzemelési költségek [1000 Nm ³ /h-ra vonatkoztatva]	a ¹	d ¹	
Éves munkabér	EUR 2500 ^{1b}	EUR 20000 ^{1c}	
Éves működési költség	EUR 150 + szorbens ¹	EUR 250 + szorbens ¹	
^a éves összes üzemelési költség EUR 2500 + 300*térfogatáram/1000 + szorbens ^b heti 2 órát feltételezve ^c 100000 Nm ³ /h-t alapul véve ^d éves összes üzemelési költség EUR 20000 + 400*térfogatáram/1000 + szorbens ^e heti 1 napot feltételezve ¹ [cww/tm/70]			

3.5.4.2 A NO_x szelektív csökkentése (SNCR és SCR)

Leírás

A NO_x szelektív csökkentésének alapelve az NH₂-X vegyületek (ahol X = H, CN, vagy CONH₂) füstgázáramba történő injektálása azért, hogy a nitrogénoxidokat nitrogénné és vízzé alakítva csökkentsük. A legáltalánosabb redukálószer ammónia 25 %-os oldata, vagy tiszta ammónia. Gyakori reagens a karbamid oldat, mésznitrogén (kalcium-ciánamid) vagy ciánamid.

A NO_x szelektív csökkentése különböző módon történhet:

- szelektív nem katalitikus csökkentés (SNCR)
- szelektív katalitikus csökkentés (SCR)

Az SNCR esetében a redukálószer abba a zónába injektáljuk, ahol a véggázok hőmérséklete elérte a 930-980 °C közötti hőmérsékletet, ugyanez karbamid injektálásánál 950-1050 °C. Az injektálás az égetés után és más kezelések előtt történik. Az optimális redukciós hatások fő paraméterei a hőmérséklet, az NH₃/NO_x molarány és a tartózkodási idő. Az említett hőmérséklet tartományok alatt el nem reagált ammónia emisszióval (ammónia slip) kell számolni; hőfok túllépésnél pedig az ammónia NO_x-é történő oxidációjával. Az SNCR 0,5-0,9 NH₃/NO_x molarány tartományban működik jól. Nagyobb értéknél (>1,2) ammónia elengedés (slip) jelentkezik ammónium-klorid és szulfát aeroszolatok eredményezve, amelyek a szűrőkön áthaladnak és látható fehér füstöt okoznak a kémény tetején. A tartózkodási idő és az elkeveredés jósága döntő hatású a reakció hatékonyságára. A túl rövid tartózkodási idő ammónia slipet fog okozni.

Az SCR esetében a véggázáram és az abba injektált reagens egy katalizátor felett halad át, 200 és 500 °C közötti üzemelési hőmérsékleten, ami a katalizátortól függ. A katalizátor feletti optimális keverék, pl. adott NH₃/NO_x molaránynál nagyon fontos. A molarányt rendszerint 1,1 alatt tartják, hogy az ammónia slip lehetőségét csökkentsék.

Az SNCR-nél alacsonyabb üzemi hőmérséklet lehetővé teszi, hogy az SCR-t más kezelőegységek, mint porleválasztó és FGD után telepítsük. Ennél a "hideg" Denox eljárásnál a levegő (az optimális oxigéntartalmat ellenőrizni kell) ammónia keverékét az FGD után adagolja. A kénmentesített füstgázoknál a gázt újra fel kell melegíteni a szükséges reakció hőmérsékletre. Ennek az eljárásnak az az előnye, hogy nincs a poron adszorpció és az ammónia slip lehetősége is kicsi.

Az SNCR és SCR berendezés az alábbi egységekből áll:

- vizes ammónia (vagy más reagensek) tárolótartálya
- a porlasztó
- egy vivőgáz ellátó, gőz vagy préslevegő
- injektor fúvókák
- katalizátor ágy (SCR-nél)

A katalizátorok fő alkotója a titándioxid, vanádium, wolfram és molibdén vegyületekkel.

Léteznek más olyan eljárások is, amelyek a kéndioxidot és a nitrózus-gázokat vagy egymásután, vagy párhuzamosan távolítják el, úgymint [cww/tm/50]:

- Desonox eljárás, ahol a portalanított füstgázt ammóniával bekeverik és 450 °C-on NO_x csökkentő katalizátoron áramoltatják keresztül, azután egy SO₂-t SO₃-á alakító katalizátoron, amelyik azután kénsavvá reagál.
- az NO (a füstgázbeli NO_x 90 %-a NO) és SO₂ abszorpciója kelát-tartalmú (hogy megkösse az NO-t) nátrium-bikarbonát oldatokban és az NO-komplex szulfittal történő redox reakciója, amelyik az NO-t nitrogénné alakítja.

Alkalmazás

Az SNCR és SCR a vegyi gyártás, égetés vagy hevítéssel járó folyamatokból származó nitrogénoxidok csökkentésére alkalmas. Nagy ill. alacsony portartalomnál egyaránt és a füstgázáram végén történő elhelyezésnél az SCR használható.

Az alkalmazás korlátai és megszorítások:

	Korlátok / megszorítások	
	SNCR	SCR
Tipikus hulladékgáz térfogatáram [Nm ³ /h]	>10000	1000000-ig ¹
NO _x koncentráció	g/Nm ³ ¹ tartományban	g/Nm ³ ¹ tartományban
Hőmérséklet [°C]	800–1100 (vegyszerfüggő)	200–500 (katalizátortól függ)
Nyomás	léggöri ¹	léggöri ¹
Tartózkodási idő [s]	1–2	
NH ₃ /NO _x molarány	<1.2	<1.1
¹ [cww/tm/70]		

Előnyei és hátrányai:

Előnyök	Hátrányok
<u>Általános szempontok</u> <ul style="list-style-type: none"> • Mind az SNCR, mind az SCR általánosan kipróbált eljárások 	<u>Általános szempontok</u> <ul style="list-style-type: none"> • Mindenekfelett fontosabb biztonság a folyékony ammóniás rendszer alkalmazásánál
<u>SNCR</u> <ul style="list-style-type: none"> • Korrekt körülmények között jó NO_x-csökkentés érhető el • Viszonylag egyszerű berendezés, bár nagy szakértelem szükséges az ammónia injektorok megfelelő elhelyezéséhez • A lehetőségekkel összehasonlítva alacsony beruházási költség • Alacsony energiaigény 	<u>SNCR</u> <ul style="list-style-type: none"> • Magas hőmérséklet szükséges • A szálló pernye ammóniatartalmú • A nem megfelelő működtetés (hőfok, NH₃/NO_x molarány, tartózkodási idő) ammónia kiszivárgást vagy emisszió növekedést okoz

<p>SCR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagyon magas NO_x csökkentési hatások, magasabb, mint SNCR-nél, és alacsonyabb NO_x emissziók • Nemcsak a füstgázból, hanem minden forrásból származó NO_x csökkentése • Alacsony hőmérséklet és így alacsonyabb energiafogyasztás a fűtéshez • A kevesebb portartalom miatt kevesebb ammónia távozik a szálló pernyével, mint az SNCR-nél 	<p>SCR</p> <p>A nem megfelelő működtetés (hőfok, , NH₃/NO_x mólarány, tartózkodási idő) ammónia kiszivárgást, alacsonyabb NO_x lebontást eredményez vagy emisszió növekedést okoz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tekintetbe veendő nyomásesés • Nagy helyigény • Az SNCR-hez képest viszonylag magas beruházási költségek
---	--

Teljesíthető emissziós szintek / hatások

Paraméter	SNCR		SCR	
	Eltávolítási hatások [%]	Kibocsátott koncentráció [mg/Nm ³]	Eltávolítási hatások [%]	Kibocsátott koncentráció [mg/Nm ³]
NO _x (gázbojlerek/fűtőkészülékek)	40-70	150-200	90-94	<20
Nox (folyékony tüzelőanyagú boiler/fűtőkészülékek)	40-70	150-300	90-94	55-150
NO _x (salétromsav gyártásból)	–	–	80-97 ¹	74-100 ³
NH ₃		<5 ²		<5 ²

¹ az alsó értékek holland adatok, a felső céladat [cww/tm/137]-ből
² osztrák mérési adatok, új katalizátorral mérve, de magasabb NH₃-emissziók, mint régi katalizátorral
³ az alsó értékek holland adatok, a felső adat [cww/tm/137]-ből

Közegek közötti keresztzennyezés

A szükséges anyag – és energiaigény:

Felhasznált anyag energia	Mennyiség	
	SNCR	SCR
Ammónia [kg/tonna eltávolított NO _x]	570 ¹	370–450 ^{1,2}
Gőz az ammónia elpárologtatásához (vizes oldatból)		
Villamos energia [kWh/1000 Nm ³]		
Nyomásesés [kPa]	-	0.1-1 ¹

¹ [cww/tm/70]
² felső értékek Olaszországból

A katalizátorok ajánlott élettartama normál körülmények között 5-10 év, vagy 10 évnél nagyobb, amikor tiszta gáz átalakítása történik, pl. salétromsav gyártás véggázai esetén. Az élettartam végén a katalizátor nem regenerálható, de a gyártó által újrahasznosítható.

Szabályozás

Az SNCR/SCR rendszerek üzemelését a kezelés előtti és utáni nitrogénoxid tartalom és a kilépő gázárambeli ammónia és oxigén tartalom mérésével lehet ellenőrizni.

A hőmérsékletet és a nyomásesést (SCR-nél) automatikusan ellenőrzik.

Gazdaságosság

Költségtípusok	Költségek	
	SNCR	SCR
Beruházási költség [1000 Nm ³ /h-ra vonatkoztatva]	EUR 2300–3900 ¹	EUR 7500–32000 ¹
Üzemelési költségek [tonna eltávolított NO _x -re vonatkoztatva]	EUR 700–1200	EUR 500–5000 ^{1,2}
¹ [cww/tm/70]		
² [comment]		

Az SCNR esetében az ammónia vagy karbamid fogyás, az SCR-nél pedig a katalizátor szükséglet a költségnövelő tényező. Az SNCR meglévő berendezésekhez történő utólagos hozzáillesztése viszonylag egyszerű, mivel az injektoron és a reagens tárolótartályon kívül más berendezésre nincs szükség. Ugyanakkor az SCR meglévő berendezésekhez történő utólagos hozzáillesztése, a füstgáz kilépés elrendezése radikális átalakításokkal jár együtt, így magas beruházási költségekkel kell számolni.

4 A legjobb Elérhető Technikák a vegyipar szennyvizeinek és véggázainak kezelésénél

4.1 Bevezetés

Hivatkozva az Előszóban írt módszertani útmutatásra, a BAT-ra jellemző kibocsátási és fogyasztási szinteket értékelő következtetéseket e fejezetben az alábbi logikai menet szerint iteratív eljárás alapján állítottuk össze:

- a vegyipar fő környezeti problémái
- ezeknek leginkább megfelelő technológiák és teljesítményszintjeik
- e teljesítményszintek eltérésének feltételei, főleg: **költségek és a környezeti közegek közötti szennyezésáttétel kritériumai, mint legfontosabbak**
- a BAT eljárások, jellemző kibocsátási, és fogyasztási szintjeikkel együttes kiválasztása.

Fontos újra tisztázni, hogy a BAT technológiákkal összefüggő teljesítményszinten az értendő, hogy ezek **elvárhatók az iparágban alkalmazott konkrét technológiáktól figyelemmel a költségek és előnyök BAT szerinti arányosságára.**

Lehetnek ugyanis jobb teljesítményszinteket elérő megoldások/technológiák a BAT-nál ezek azonban nem felelnek meg a költségek/vagy szennyezésáttétel kívánalmainak.

A dokumentumban közölt fajlagos költségszintek tájékoztató jelegűek és értelemszerűen a hely – és konkrét technológiafüggő körülményekre nem lehetnek tekintettel.

E fejezet szerinti „**BAT általában**” megfogalmazás olyan referencia pontrendszer fölállítást kísérli meg, aminek alapján értékelhető egy meglévő létesítmény teljesítménye, vagy egy új létesítményre vonatkozó ajánlattétel, azaz:

- új technológiák teljesítményszintje a BAT-nak megfelelő vagy annál jobb legyen, ill.
- meglévőké közelítse meg azt.

Megjegyzések:

- E kötet ún. **horizontális dokumentum**, amely az egész vegyiparra kiterjed, így szükségszerűen kevésbé pontosan definiálhatók követelményei, mint a szűkebb körű, **egy-egy gyártási folyamatot tárgyaló (ágazati) vertikális dokumentumé.**
- E kötet **nem rögzít törvényesen kötelező értékeket és előírásokat**, inkább átfogó tájékoztatást ad az ipar képviselőinek, a tagországoknak és a közönségnek a BAT szerinti technológiák teljesítményszintjeiről.

E fejezet kétféle BAT követelményt fogalmaz meg:

- az **általános** környezetgazdálkodási módszerekre és

- **speciális** szennyvíz és véggázkezelési technológiákra.

A vegyipari tevékenység jellege és mérete rendkívül változatos, az egyetlen gyártó folyamattal néhány terméket előállító kisüzemtől a széles változatosságú nagyipari kombinátokig, ami meghatározza a szennyezőkibocsátás komplexitásának fokát is – mindazonáltal e fejezet a BAT-ot a **vegyiparra mint egységes egészre** igyekszik megfogalmazni.

- **A BAT követelmények megvalósítása** viszonylag egyszerű új létesítményeknél, de meglévőknél több körülmény nehezíti, mindazonáltal e dokumentum **nem tesz különbséget** e két eset között, elsősorban azért, hogy ösztönözze a meglévők üzemeltetőit azonos követelmények teljesítésére.
- A dokumentum **szerkesztői elismerik, hogy nem járható út** a BAT technológiák és követelmények **egyszeri és teljes** megvalósítása, meglévő létesítmények rekonstrukcióinál, ill. távlati fejlesztési terveiben viszont kitüntetett szerepet kell kapjon.

4.2 A BAT általánosságban

A környezetgazdálkodási/irányítási tevékenység elemei:

- definiálni az üzemeltető tevékenységének környezeti céljait
- biztosítani e tevékenységek környezetileg optimális vitelét és ennek állandó fejlesztését
- ellenőrizni a kitűzött környezeti céloknak megfelelést.

Ezek értelmében is BAT, amely:

- megvalósítja, ill. csatlakozik egy vagy több **környezetgazdálkodási, (EMS) irányítási rendszerhez**, vagy egészség-, biztonság-, környezetvédelmi (HSE) rendszerhez a 2.1. pontban írtak szerint, úgymint ISO 9001/14001, a Környezetirányítási, és Auditálási Rendszer (EMAS), A (CEFIC) – féle „Felelősségteljes Gondoskodás” rendszer követelményei, az ICC Üzleti Szabályzata a Fenntartható Környezetért, az Európai Vegyipari Tanács (CEFIC) Környezetvédelmi Irányelvei, amelyekben fontos elemek:
 - A személyzet átlátható felelősségi hierarchiája
 - Éves környezeti teljesítményjelentés készítése (EMAS vagy ISO 9001/14001 szerint mind a nyilvánosság mind a szakmai információcsere számára)
 - A belső (vállalati) környezetvédelmi célkitűzések lefektetése és a 2 éves jelentésben nyilvánosságra hozatala (audit) rendszeres felülvizsgálat EMS szerinti elvégzése.
 - Rendszeres (környezeti) teljesítményvizsgálat és az EMS tökélyteljesítésre való törekvés
 - Kockázatfelmérés a veszélyes események lehetőségének tisztázására

- Összehasonlító értékelés készítése a technológiák víz – és energiafogyasztására, szennyezőkibocsátására és szennyezésáttételi hatására vonatkozóan (benchmarking)
- A személyzet és alvállalkozók rendszeres képzése és felvilágosítása a HSE követelményeiről, ill. a szükséghelyzetben követendő előírásokról
- „Jó Karbantartási Gyakorlat” elveinek alkalmazása a berendezések megfelelő üzeme érdekében.

BAT a Szennyvíz – és Véggáz Tisztításban

A szennyvíz és gázkezelő létesítmények feladata, hogy megfeleljenek a törvényi és engedélyokirat szerinti követelményeknek, biztosítsák a környezet egészének állandóan javuló védelmét (CEFIC „Felelősségteljes Gondoskodás” programjában is részletezve)

Eredményeként az alábbiakat kell előirányozni:

- a gyártási folyamat szennyezőkibocsátásának csökkenését
- egyébként szennyezetlen víz – és gázáramok szennyezésének elkerülését
- a legmegfelelőbb hulladékgyűjtés kialakítását
- a legmegfelelőbb tisztítási technológiák kialakítását
- a legmegfelelőbb üzemellenőrzés kialakítását

Mindezek alapján BAT-nak minősítendő

- a szennyvíz és véggáz kibocsátások egész vegyi üzemre történt rendszeres felmérése az alábbi elemek megfelelő kombinációjával
 - a hely és kezelendő áram szerinti mérlegek leltárszerű elkészítésével (1. 2.2. fejezet)
 - komponensek tömegáramának alapján történő pontos mérlegkészítés (1. 2.2. fejezetben tömeg – és energiaáram EMFA – elemzés)
 - mindkét közeg (víz, gáz) tekintetében legjelentősebb kibocsátások felmérése és nagyságuk szerinti nyilvántartása
 - a befogadó közegek érzékenységének és terhelhetőségének felmérése a tisztítás szükséges mértékének meghatározására ill. a kezelhetőség eldöntésére
 - a kibocsátott komponensek mérgező, bomlászéptelenségi, ill. élőszervezetekben felhalmozódást mutató tulajdonságainak azonosítása a befogadó előrendszerének veszélyeztetettségét eldöntendő (2.2. fejezet)
 - egyes gyártási folyamatok vízigényének felmérése és nagyság szerint sorbaállítása, amely csökkentési intézkedések alapjául is szolgál
 - javítási intézkedések, alternatíváinak kidolgozása (szennyezésmegelőzés/csökkentés, gyártás/csatornázásfejlesztés a gyártási folyamatok módosítása) különös tekintettel a

legszennyezettebb közegáramokra, maximális befogadó veszélyeztetésére

- alternatívák hatékonyságának értékelése főleg szennyező eltávolítási hatások, szennyezésáttétel elkerülése, szervezeti és gazdasági megvalósíthatósága tekintetében
- a felmérés alapjául szolgál az áramok szétválasztásához kibocsátás csökkentéshez, gyártó folyamatmódosításhoz

Mindezek a konkrét adatok a „vertikális” (ágazati) BREF dokumentumok alapján állnak rendelkezésre, általános irányelv lehet, hogy vegyipari szennyvíztisztítás esetén **kívánatos cél a 90 %-os KOI eltávolítás.**

- Új gyártási tevékenység tervezésekor vagy módosításnál/rekonstrukciónál meghatároznák ezek környezeti hatását (a meglévőkhöz képest)
- szennyezőkibocsátás csökkenést irányoz elő (áramszétválasztással, gyűjtés/csatornázás módosításával)
- összeveti a gyártás anyagmérlegét és kibocsátását, és ha eltérés van felülvizsgálatot/korrekciót kezdeményez
- szennyvízáramok kezelését keletkezésükhöz lehető legközelebb irányozza elő a terjedés korlátozása érdekében. Alapelv, hogy legkoncentráltabb állapotukban célszerű a szennyvizek kezelése, tehát hígulása, keveredése előtt egyszerűbb, és olcsóbb előkezelési megoldások általában hatékonyabbak mint a központi szennyvíztelepre vezetés.
- minőségellenőrzési rendszert működtet (2.2. fejezet) a tisztítás ellenőrzés érdekében.
- Jó Gyártási Gyakorlat (GMP) előírásait alkalmazza berendezés tisztítás környezetterhelésének csökkentésére
- intézkedéseket fogantat és felszereléseket használ a tisztítómű üzemzavarainak korai érzékelésére, hogy lehetséges legyen víz/gázáramok elterelése vészárózkodók/ későbbi kezelési lehetőségek vagy elfaklyázás felé
- központi veszélyjelzőrendszert üzemeltet, ami arra is alkalmas, hogy, ha a haváriahelyzet környezeti veszélye fenyeget, az illető hatóságok megfelelően gyorsan értesülhessenek intézkedéseik érdekében.
- a tisztítóművek üzemellenőrzési programját megvalósítja, főleg a befogadó közegek védelmére
- az üzemellenőrzés információit a nyilvánosság rendelkezésére bocsátja. Programját a legfontosabb szennyezőkomponensek környezeti kockázatának megfelelően készíti el.
- stratégiát alkalmaz a tűzvíz és véletlen elfolyások kezelésére és környezeti hatásuk csökkentésére (2.2. fejezet)
- haváriaszerű szennyezések esetére intézkedési tervet dolgoz ki és alkalmaz (2.2. fejezet)
- a szennyvíz/gáz tisztítás költségeit a gyártási folyamattal összhangba hozza (azokra ráterheli).

4.3 A legjobb rendelkezésre álló technológia alkalmazása

Miután lefektettük az integrált szennyezés megelőzés és szabályozás alapjait, a következő lépés a műszaki jellegű intézkedések megtétele:

4.3.1 Szennyvíz

Ebben a fejezetben egy vegyipari üzem szennyvízkezelésének példáján keresztül mutatjuk be a BAT alkalmazását a megelőzéstől kezdve a csökkentésen keresztül az utólagos tisztításig bezárólag.

A BAT a gyártási folyamatba integrálva

Ahogy azt már az 1.3.1. és 3.3.1. fejezetekben is említettük, a szennyvíz keletkezés megelőzésének ill. a (szennyezőanyag) mennyiség csökkentésének elsődleges módja a gyártási folyamat megfelelő vezetése. Az alkalmazható módszerek általában eljárás specifikusak, egyedi átgondolást igényelnek, ezért itt most csak az ilyen intézkedések fontosságát emeljük ki és olyan általános folyamatokra (termék mosás, készülék tisztítás, vákuum előállítás és hűtés) térünk csak ki, melyeket széles körben alkalmaznak.

A BAT ebben az esetben az alábbiak megfelelő kombinációját jelenti:

- Ha lehet, gyártási folyamatba integrált ill. szennyvíz – vagy szennyezőanyag visszanyerő lépéseket kell alkalmazni a csővégi szennyvíztisztítás helyett.
- Fel kell mérni a meglévő rendszerek módosítási lehetőségeit, melyeket a lehető leghamarabb, de legkésőbb a következő (más okból végzett) jelentősebb átalakítás alkalmával alkalmazni kell.
- A felhasznált vizet a gazdaságosság és a termék minőség által megengedett határig recirkuláltatni kell (lásd 3.3.1.2. fejezet)
- Optimalizálni kell a termékek mosását, lehetőség szerint elkerülve a víz egyszeri felhasználását (lásd 3.3.1.1.).
- Kerüljük a közvetlen érintkezéssel végzett hűtést (lásd 3.3.1.3.)
- Zárt vákuum rendszereket használjunk a víz – vagy gőzsugár szivattyúk helyett, ha ennek használatát korróziós vagy biztonsági megfontolások lehetővé teszik (lásd 3.3.1.4.)
- Fel kell mérni a vizes gázmosók vagy közvetlen érintkeztetésű vizes gázhűtők kiváltásának lehetőségét (lásd 3.3.1.5.). Így például száraz eljárást alkalmazzunk lebegő anyagok és SO_x leválasztására.

A BAT a szennyvíz gyűjtésében

A megfelelő, a szennyezett és a tiszta vizeket elválasztó csatornahálózat alapvető fontosságú a szennyvízkezelés szempontjából. A BAT célja ebben a tekintetben:

- A szennyvíz elválasztása a nem szennyezett csapadék – és más vízáramoktól. A hidraulikus terhelés csökkentésével ez hozzájárul a szennyvíztisztítás hatékonyságának növeléséhez. Az elkülönített csatornarendszert legalább részlegesen és legkésőbb a soron következő nagyobb átalakításnál a régebbi telepeken is ki kell építeni.
- Az eltérő típusú (szerves-, szervesetlen – ill. csekély szennyezettségű) szennyvizek elválasztása. Ezzel biztosítható, hogy a tisztítóműre csak az annak megfelelő szennyezés kerüljön.

- A potenciálisan (véletlen kiömléssel, szivárgással) szennyezhető területek tetővel történő takarása. Ezzel megelőzhető, hogy a csapadékkal további szennyezést vigyünk a csatornarendszerbe.
- A potenciális szennyezésforrások ellátása megfelelő szennyezésfogó aknával (lásd 3.3.4.4. fejezet). Az itt összegyűlt csapadék ellenőrzés után bocsátható vagy a tiszta csapadékvízhez, vagy megfelelő kezelésre a szennyvízhez.
- A csatornarendszer olyan kialakítása, mely lehetővé teszi állapotának könnyű megfigyelését, javítását és szükséges módosítását. (Pl. külön csatornaalagútban.)
- Vésztározási lehetőség kialakítása a szennyezőanyag és a tűzoltóvíz befogadására az alábbi lehetőségek ill. azok kombinációja szerint:
 - Decentralizált kármentő rendszer kialakítása a lehető legközelebb a keletkezés helyéhez. A kármentő képes legyen a szennyezés teljes egészét befogadni, annak csatornába kerülését megakadályozni.
 - Központi vésztározó a csatornába került rendkívüli szennyezések fogadására, hogy az ne juthasson a szennyvíztisztítóba (lásd 3.3.3. fejezet). Bár erre több megvalósítási lehetőség is kínálkozik, a legbiztonságosabb a csak havária esetén töltésre kerülő tározó (lásd 3.2. ábra), vagy a felváltva töltött tartályok módszere (3.1. ábra).
 - A tűzoltóvíz visszatartása vagy külön, vagy a közvetlen helyi kármentővel. A gyakorlat azt mutatja, hogy a tűzoltóvíz mennyisége igen nagy (akár pl. 15 000 m³ erősen szennyezett víz) is lehet, melyet a szennyvíz és csapadékvíz gyűjtő rendszer védelmében megfelelően tározni kell.
 - Külön csatornahálózat a veszélyes és gyúlékony anyagoknak (pl. a tűz közeléből történő elvezetésükre).

Döntési algoritmus a szennyvízkezelésre egy vegyipari üzemben

A BAT a szennyvíztisztításban

A vegyiüzemek szennyvíztisztítása legalább négyféle módon oldható meg:

- Helyi központi biológiai szennyvíztisztító
- Központi tisztítás a települési szennyvíztisztítón
- A szerves szennyezőket tartalmazó szennyvíz kémiai-mechanikai szennyvíztisztítóban történő tisztítása
- Egyedi szennyvízáramok decentralizált tisztítása

A fenti módszerek bármelyike tekinthető legjobb rendelkezésre álló technikának, ha az adott szennyvíz helyzetre megfelelően alkalmazzák. Ha ez nem így történik, egyik módszer sem nevezhető annak.

A **Döntési algoritmus** a szennyezőanyagok szerinti megfontolásokat az alábbi kategóriák szerint rendszerezi:

- szerves szennyező (jelentős mennyiségben)
- nehézfém
- (nagy) szervesen sóterhelés
- lebontásnak ellenálló, vagy mérgező szervesanyag

Feltételezzük, hogy az összes korábbi beavatkozási lehetőség és a befogadó terhelhetősége is számításba lett véve, azaz itt most csak a „csövégi” tisztítási lépésekkel foglalkozunk.

Hangsúlyozva, hogy bizonyos helyi körülmények egyedi megoldásokat tehetnek szükségessé, az alábbi megközelítési mód jelenti a legjobb rendelkezésre álló módszert:

Általános:

- Az egyes szennyvízárámok elkülönítése szennyezőanyag terhelésük szerint. A szervesanyaggal nem szennyezett szervesetlen sókat tartalmazó szennyvíz külön kezelésre kerül (lásd az alább részletesebben tárgyalt nehézfém és szervesetlen só eltávolítási módszereket). A szervesetlen és biológiailag nem bontható ill. toxikus komponenseket tartalmazó szennyvíz speciális előkezelésre kerül (lásd alább a nehézfémekről, szervesetlen sókról és a biológiai tisztítóra nem vezethető anyagokról írottakat).

Csapadékvíz:

- A nem szennyezett csapadékvíz bevezetése közvetlenül a befogadóba
- A szennyezett területekről származó szennyvíz tisztítása a 3.3.4.1.1., 3.3.4.4.1. és 3.3.4.4.2. fejezetekben foglaltak szerint.

Bizonyos esetekben környezetvédelmi szempontból hasznos lehet a csapadékvíz nyers technológiai vízként történő felhasználása.

Olaj / szénhidrogének:

Az olajok / szénhidrogének eltávolítása és visszagyűjtésük maximális kihasználása az alábbi módszerek megfelelő kombinációjával:

- Olaj/víz elválasztás ciklonnal, nagy mennyiség esetén MF vagy API alkalmazásával, míg más esetekben PPI és CPI jöhetnek szóba (részletesen lásd a 3.3.4.1.6. fejezetben).
- MF, granulált szűrők, flotálás (lásd rendre a 3.3.4.1.5., 3.3.4.1.4. és 3.3.4.1.3. fejezetekben)
- Biológiai tisztítás (lásd a biodegradálható anyagokról szóló fejezetet), központi üzemi, települési, vagy egyedi szennyvíztisztítóban.

A 4.1. táblázat az olaj/szénhidrogén eltávolítással elérhető kibocsátást foglalja össze.

Jellemző	Koncentráció ^{a 1} [mg/l]
összes szénhidrogén (TPH)	0,05-1,5
BOI ₅	2-20
KOI	30-125
^a havi átlag ^b vitatott az analitikai módszer (oldatóság) ¹ Draft BREF for Mineral Oil and Gas Refineries, October 2001	

4.1. táblázat (Table 4.2) BAT alkalmazásával elérhető olaj/szénhidrogén kibocsátás közvetlenül befogadóba

Emulziók:

- Emulzióbontás a forrásnál és az elválasztott alkotók hasznosítása. Szükség lehet koaguláló-flokkuláló vegyszer használatára. A forrásnál történő kezelés lehetővé teszi, hogy megelőzzük a következő tisztítási lépésekre kifejtett káros hatást.
- Nem bontható emulzió teljes egészének eltávolítása (ha az károsan befolyásolná a következő tisztítási lépéseket). Alkalmazható levegős oxidáció, bepárlás, égetés (amennyiben az emulzió fűtőértéke lehetővé teszi az önfenntartó égetést), biológiai lebontás. Általában közcsatornába emulzió nem bocsátható.

Lebegőanyag:

Itt most nem térve ki a máshol részletezett eleveniszap ill. nehézfém eltávolításra.

- A rendszer elszennyeződését ill. kopását okozó lebegőanyag eltávolítása. A különösen veszélyeztetett berendezések a szűrők, adszorber oszlopok, membránszűrők, UV oxidációs medencék ill. maga a központi szennyvíztisztító. Az eljárások sorrendje:
 1. lépés: ülepités/flotálás a lebegőanyag túlnyomó részének eltávolítására a további szűrő fokozatok elszennyeződésének ill. a gyakori visszamosásuk megelőzésére. Ezzel általában elkerülhetjük a szivattyúk ill. csővezetékek kopását és elszennyeződését is (feltéve, hogy az emulziókat és a nem ülepedő lebegőanyagot megfelelően eltávolítjuk).
 2. lépés: Szükség esetén hagyományos szűrés, elkerülendő a rákövetkező membránszűrő, adszorber vagy UV oxidációs fokozat elszennyeződését.
 3. lépés: Szükség esetén mikro – ill. ultraszűrés, ha a víznek teljesen lebegőanyag mentesnek kell lennie pl. nanoszűrés vagy fordított-oszmózis előtt.
- A lebegőanyag eltávolítása befogadóba történő kibocsátás előtt. Amennyiben a lebegőanyag veszélyes komponenseket nem tartalmaz, a szokásos eljárások:
 - ülepités/flotálás, és amennyiben ezek nem adnak kielégítő eredményt,
 - szűrés
 - Amennyiben a lebegőanyag hasznosítható, ezt lehetővé tevő eljárással célszerű azt eltávolítani.
 - Finom, nem ill. nehezen ülepedő lebegőanyag esetén flukkuláló ill. koaguláló szerrel kell az ülepihetőséget javítani.
 - Bűzös anyag ill. túlzott zaj esetén gondoskodni kell a borításról, szükség esetén a kibocsátott gáz tisztításáról és a robbanásveszély elkerüléséről.
 - Az elválasztott iszapot erre feljogosított szervezetnek kell átadni, vagy a helyszínen kell ártalmatlanítani.

A legjobb elérhető technikaként számításba vehető módszereket a 3.3.4.1.2-3.3.4.1.5. fejezetek foglalják össze.

Nehézfémek:

Mivel a nehézfémek tovább nem bontható kémiai elemek, visszanyerésük és újrahasznosításuk az egyetlen mód, hogy elkerüljük kibocsátásukat a környezetbe.

Bármilyen módon csak az őket hordozó közeget (víz, levegő, lerakott hulladék stb.) változtatjuk. Jellemző nehézfém források az azokat előállító ill. (pl. katalizátorként) felhasználó technológiák ill. ezek eszközeinek tisztítása. A cél ebben az esetben:

- a nehézfém tartalmú szennyvíz lehető legjobb elkülönítése és
- más áramokkal való összekeveredésüket megelőző külön kezelésük és
- lehetőség szerinti visszanyerésük hasznosítható állapotban, ill. további szennyvíztisztító telepi eltávolítás utótisztításként (kémiai-mechanikai fokozatban a szervetlen anyagokra, biológiai fokozatban a szerves komponensekre), szükség esetén a keletkező iszap megfelelő kezelésével kiegészítve.

A vegyiparban nehézfémek esetére nem adható meg általában elérhető kibocsátási szint, mivel ez (a 3.3.4.2.1. fejezetben részletezett okokból) nagy mértékben függ a kérdéses termelési folyamattól.

Szervetlen sók és savak:

A szervetlen sók ill. savak káros hatást gyakorolhatnak a befogadó természetes vizek élővilágára, megváltoztatva azok sókoncentrációját, korróziós gondokat okozhatnak a csatornarendszerben, szivattyúkban és hátrányosan érinthetik a biológiai szennyvíztisztítást is. Az alábbiakban részletezett lépésekben nem foglalkozunk sem a korábban említett nehézfémsók kérdésével, sem a más módon kezelendő ammónium sókkal:

- Lehetőség szerint kerülni kell a káros környezeti hatású sókibocsátást, szükség esetén teljes mértékben kiiktatva azt. Ha tisztítás válik szükségessé, költségkímélőbb azt közvetlen a szennyezés forrásánál megtenni.
- A forrásnál történő beavatkozásokkal csökkenteni kell a szervetlen sókibocsátást (főleg klorid és szulfát sók), ha károsíthatja a csatornarendszert.
- Amennyiben lehetséges, olyan eljárást kell alkalmazni, ami lehetővé teszi a szennyezőanyagok újrafelhasználását.

Az alkalmazható tisztítási eljárásokat az adott körülmények határozzák meg.

Biológiai kezelésre nem alkalmas szennyezőanyagok:

A fent felsorolt szennyezőanyagokon túl vannak olyan szennyvíz részarányok, melyek biológiai úton nem tisztíthatók, mert

- a szervesanyag tartalmuk (KOI) nem, vagy csak igen kis részben bontható
- a biológiai folyamatokra mérgező hatásúak.

Az ilyen anyagok biológiai tisztítóra nem vezethetők. Az, hogy mely anyagok gátolják a biológiai tisztítást, előre legtöbbször nem mondható meg, mert ez többek közt az adott telepen kifejlődött mikrobaközösség adaptálódásán is múlik. Attól függetlenül, hogy a biológiai tisztítás az üzemben belül, vagy a települési szennyvíztisztítón történik, azonos előkezelésre van szükség:

- El kell kerülni, hogy a biológiai tisztítást veszélyeztető anyagok ilyen tisztítóműbe jussanak.
- A biológiailag nem bontható anyagokat tartalmazó szennyvíz részarányokat a 3.3.4.2. fejezetben összefoglalt eljárásokkal kell a biológiai tisztítás helyett, vagy azt megelőzően kezelni. Az alkalmazandó eljárás kiválasztását a helyi

körülmények, a szennyvíz egyéb összetevői, a biológiai rendszer, a mikrobák adaptációja és a befogadó természetes víz egyaránt befolyásolják.

- Lehetőség szerint az elválasztott anyagok újrahasznosítását lehetővé tevő eljárásokat kell használni, úgymint:
 - Nanoszűrés/fordított ozmózis
 - adszorpció (a megfelelő eljárást lásd a 3.3.4.2.9. fejezetben)
 - extrakció
 - desztilláció, rektifikálás
 - bepárlás
 - kihajtás
- A részáram ammónia tartalmát a forrásnál el kell távolítani pl. levegős, vagy gőzös kihajtással (lásd 3.3.4.2.14. fejezet)
- Ha más tisztítási technikák is kielégítő eredményre vezetnek és az újrahasznosítás nem járható, olyan eljárást kell választani, amihez nem szükséges további üzemanyag felhasználás. Amennyiben a rendszer végén biológiai tisztítómű üzemel, elegendő lehet a nem bontható anyagok biodegradálható komponensekké történő átalakítása, bontása. Az itt alkalmazható eljárások:
 - kémiai oxidáció (megvizsgálva, hogy klórtartalmú oxidálószer használatánál nem keletkeznek-e szerves klórvegyületek)
 - kémiai redukció
 - kémiai hidrolízis
- Nedves oxidáció vagy égetés csak abban az esetben használható, ha más módon a toxikus ill. gátló hatás nem szüntethető meg ill. a rendszer energetikailag önfenntartó, vagy csak így teljesíthetők a kibocsátási előírások biológiai tisztítás nélkül.
- Számolni kell az alábbi eljárások vízfogyasztásával:
 - extrakció,
 - desztilláció/rektifikálás,
 - bepárlás és
 - kihajtás,

mivel ezek vagy számottevő mennyiségű hűtővizet, vagy nedves gázmosót igényelnek. Ahol a rendelkezésre álló vízmennyiség korlátozó tényező, ott (az egyébként) második legjobb megoldás válhat kedvezőbbé.

Biológiaiilag bontható anyagok:

- A biológailag bontható szennyezőanyagokat a 3.3.4.3 fejezetben összefoglalt biológiai eljárásokkal ill. azok kombinációival kell eltávolítani. Anaerob kezelést követően többnyire szükség van aerob tisztítási lépésre is.
- Ahol lehet, nagy szennyezettségű (biodegradálható) részáramokat biológiai előkezeléssel kell tisztítani a központi szennyvíztisztító tehermentesítése érdekében. Ilyen esetekben gyakran előnyös a hasznosítható biogázt termelő anaerob eljárás alkalmazása. Ennek egy további előnye, hogy számottevően csökken a keletkező fölösiszap mennyisége a további biológiai fokozatban. Amennyiben a biológiai tisztítás lebontási hatékonysága jó, de a kibocsátott koncentráció még mindig számottevően magasabb a 4.2. táblázatban megadott irányértékeknél, valószínűsíthető, hogy szükség van a tömény részáramok biológiai előkezelésére.
- Elő – vagy utótisztító fokozat alkalmazása szükséges nehezen bontható (de nem lebonthatatlan ill. toxikus) komponensek esetében, ha a központi tisztító

egység eltávolítási hatásfoka nem kielégítő. Erre az álló ágyas (ill. biofilmes) rendszerek alkalmasak, mert nagyobb tartózkodási idővel és jobb eltávolítási hatásfokkal üzemeltethetők.

- Nitrifikáció/denitrifikáció szükséges (lásd 3.3.4.3.4. fejezet), ha enélkül a 4.2. táblázatban a nitrogéntartalmú komponensekre megadott irányértékek nem lennének tarthatók. Mindkét lépés tekinthető elérhető legjobb eljárásnak. megfelelő körülmények között meglévő rendszerek is kiegészíthetők nitrogén eltávolítással. Amennyiben egy-egy részáram tartalmaz jelentős N terhelést (ammónia, nitrát, nitrit, TKN), költséghatékonyabb ezek külön kezelése, mert a kis nitrifikáló/denitrifikáló rendszerek nem túl költségesek.

Központi kémiai-mechanikai tisztítás

Ha a szennyvíz nem tartalmaz biológiailag bontható komponenseket, elérhető legjobb eljárásnak tekinthető a:

- kémiai kezelés (kicsapószer ill. semlegesítőszer) és mechanikai kezelés (rács, szűrés, ülepités, szűrés) kombinációja.

Központi biológiai tisztítás

Központi biológiai tisztító egység esetén elérhető legjobb eljárásnak tekinthető:

- A biológiai tisztításra káros vagy nem így nem tisztítható vizek külön kezelése.
- A befolyó szennyvíz kiegyenlítő tározása, ami a szinergikus hatásokat is elősegítheti.
- A befolyó szennyvíz kezelése az alábbi eljárások megfelelő kombinációjával (lásd 3.3.4.3.5. fejezet):
 - előülepitő, ezt megelőző homogenizáló egységgel,
 - egy – vagy kétlépcsős levegőztető egység utóülepitővel
 - szűrés vagy flotálás a tisztított víz esetleg (pl. iszapfelúszás, fonalásodás esetén) nehezen elválasztható lebegőanyagtartalmának eltávolítására
 - az előző két pont alternatívájaként levegőztető medence bemerülő mikro – ill. ultraszűrő membránnal
 - további lehetőség biofilmes utótisztító fokozat alkalmazása a maradék szervesanyag (KOI) eltávolítására, ha szükséges az előírt határértékek betartásához.

Általában a legjobb elérhető technikához tartozó BOI kibocsátás központi szennyvíztisztító esetén < 20 mg/l. Eleveniszapos tisztító esetén tipikusnak tekinthető a kis terhelésű rendszer szervesanyag terhelése $\leq 0,25$ kg/KOI/m³d.

Szennyvíz kibocsátás felszíni vízbe:

A fent felsorolt tisztítási lépéseket követően a szennyvizet valamilyen felszíni befogadóba (folyó, tó, tenger) vezetjük. A kibocsátásnál:

- el kell kerülni túlzott mennyiségű ill. a befogadót bármi módon károsító szennyvíz kibocsátását.
- olyan kibocsátási pontot kell választani, ami a tisztított víz lehető legjobb elkeveredéséhez vezet, ezzel minimalizálva a környezeti hatásokat. Ez azonban nem helyettesítheti a megfelelő tisztítást!

- nem központi tisztítóból származó szennyvíz kiegyenlítő tározása a kibocsátás előtt csökkenti a környezeti hatásokat és megkönnyíti a határértékek betartását.
- rendszeres (8-24 óránkénti mintavétellel történő) ellenőrzést kell végezni.
- toxicitási vizsgálatokkal kell kiegészíteni a vizsgálatokat a tisztítás hatékonyságának és a környezetre jelentett hatásoknak a pontosabb felméréséhez. A vizsgálat és típusának szükségessége ill. gyakorisága csak egyedileg dönthető el.

A 4.2. táblázat a legjobb elérhető technika elérhető végső tisztított szennyvíz jellemzőket foglalja össze. A táblázat értékeit esővízzel vagy más nem szennyezett (pl. hűtő-) vízzel történő hígítás nélkül kell érteni. A központi tisztítóval működő vagy anélküli rendszerek jobb összevethetősége végett a KOI eltávolítási hatékonyságot a nyers szennyezőanyag terhelésre (azaz a tisztítás, újrahasznosítás előtti) értjük.

Jellemző ^a	Eltávolítás [%]	Kibocsátott koncentráció [mg/l] ^b
TSS		10-20 ^c
KOI	76-96 ^d	30-250
összes szerves N ^e		5-25
összes P		0,5-1,5 ^f
AOX		

^a BOI-ra lásd a megelőző fejezetet a központi biológiai tisztítóról
^b napi átlag, a TSS kivételével
^c havi átlag
^d kisebb hatékonyság kisebb szennyezőanyag koncentrációnál
^e az NH₄⁺-N, NO₂⁻-N és NO₃⁻-N összege (javasolható lenne az összes N használata, az ilyen adatok hiánya miatt használjuk csak itt a szerves N-t)
^f az alacsonyabb tartomány a biológiai szennyvíztisztításból, a magasabb termelő üzemekből származik

4.2. táblázat: Az elérhető legjobb technológiával elérhető kibocsátási szintek felszíni vízbe

Nehézfémekre nem adható meg a vegyipar egészére érvényes általános kibocsátási szint. Ennek okai:

- a kibocsátott szintek a forrásnál történő kezelést követően nagymértékben függenek a kibocsátó termelési folyamatától
- a koncentrációt az adott szennyvíz egyéb összetevői (mátrix) is meghatározzák
- a kibocsátott koncentrációt befolyásolja az egyéb szennyvízáramokkal történő elegyedés is, mivel közvetlenül a kibocsátó forrást követő kezelés után már nincs több tisztítási lépés a nehézfémekre

Az általános információk hiányát kompenzálандó, a 7.6.4. függelékben széles tartományt átölelő példákat soroltunk fel nehézfém kibocsátásra.

Az elérhető AOX kibocsátási szintekkel kapcsolatban a helyzet a nehézfémek esetéhez hasonló. Mivel a termékválaszték üzemenként nagymértékben befolyásolja az AOX kibocsátást, egységes iparági irányérték nem adható meg, ráadásul az AOX mérése számos országban nem előírás. (2003-tól azonban az EPER rendszerben rutinszerűvé válik.)

A 4.2 táblázatban felsorolt kibocsátási szintek a központi biológiai tisztítót követően értendők. Amennyiben az ipari szennyvizet települési tisztítóra vezetik, laboratóriumi vagy más vizsgálatokkal bizonyítani kell, hogy a fentiekkel egyenértékű tisztítás

elérhető. Összevethető eredmények esetén a decentralizált szennyvízkezelési stratégia megfelelően kiválthatja a központi biológiai tisztítást.

Iszapkezelés:

Szennyvíztisztítóból származó iszap kezelése esetén vegyipari üzemben legjobb technológiának tekinthető:

- a 3.4. fejezetben leírt eljárások alkalmazása beleértve a deponálást
- az iszap 3.4.1. fejezet szerinti koncentrációja
- az iszap 3.4.2. fejezet szerinti, további kezelés vagy deponálás előtti stabilizálása
- a vegyipari termelés hulladékújrahasznosítása ha a 3.4.3. fejezet szerinti termikus kezelést (pl. szárítás) alkalmazzák
- megfelelő füstgáztisztítás, ha a 3.4.3. fejezet szerinti iszapégetést alkalmazzák

A telep területén kívül végzett kezeléssel nem számoltunk, mivel ez jelen munkának nem tárgya. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy a külső alvállalkozó által végzett iszapkezelést ne lehetne legjobb rendelkezésre álló módszernek tekinteni.

4.3.2 Hulladékgáz fejezet

Ez a fejezet a vegyipari hulladékgáz kezelésére legalkalmasabb eljárások meghatározására szorítkozik.

BAT a folyamat-integrált intézkedésekre

A szennyvizetekhez hasonlóan a folyamat-integrált intézkedésekre előnyben részesítették a hulladékgázok és szennyezett levegő szennyezések megelőzését és mennyiségi csökkentését, de azok általában termelés – vagy folyamatspecifikusak és alkalmazásuk olyan speciális tervezést kíván, amelyik a vegyi és ahhoz közeli iparágakhoz kapcsolódó BREF-k hatályaán belül van. A folyamat-integrált mérésekre vonatkozó BAT következtetések találhatóak ebben a dokumentumban, tehát ezért hivatkozik arra az általános szükségletre, hogy egy termelési vonalon belül valósítsuk meg ezeket a méréseket.

A BAT segít, hogy

- folyamat-integrált méréseket alkalmazzunk a technológia végi mérések helyett, amikor erre lehetőség kínálkozik (pl. az égésnél keletkező NO_x esetében az elsődleges csökkentési eljárást, mint az alacsony NO_x-képző égők használatát előnyben részesíti a másodlagos kezelési eljárásokkal szemben)
- felbecsüljük a meglévő termelési elrendezéseket a folyamat-integrált mérések illesztési lehetőségeinek a szempontjából és kivitelezük azokat, amikor az keresztülvihető, vagy legalább amikor a berendezés főbb változtatásoknak alávethető. A biztonsági rendszabályok szem előtt tartása döntő tényező, amikor egy meglévő termelési sort az illeszthetőség szempontjából kiértékelnek, mert robbanásveszély vagy korróziós kockázat esetén a folyamat-integrált mérések beépítése nem engedhető meg.
- felbecsüljük a meglévő termelési elrendezéseket a gáz szennyező források csökkentési lehetőségeinek a szempontjából és kivitelezük azokat, ha keresztülvihető (szintén a biztonsági követelmények figyelembevételével). A szennyező anyagoknak a keletkezés helyszínén történő csökkentése a kezelendő hulladékgáz mennyiségét is csökkenti. A szükségtelenül nagy

hulladékgáz mennyiség a szükségesnél nagyobb berendezést igényel, ami nem költségtakarékos megoldás.

- megállapítsuk a szennyezőforrások csökkentését amennyire az lehetséges, amikor új berendezést vagy alapvető átalakítást tervezünk.

BAT a hulladékgáz gyűjtésére

A hulladékgáz gyűjtő rendszerek a gázemissziók forrásait a kezelő rendszerekkel kapcsolják össze. Ez a lefedett emisszióforrásokon kívül ventilátorokból és csővezetékekből áll.

A BAT segít, hogy

- minimalizáljuk a gáz áramlási sebességét az emissziós források lefedésével. Ugyanakkor a folyamat működőképessége, a biztonsági előírások, a termék minősége és higiéniai szempontok előnyt élveznek, amint azt már a 2.2.2.4.2. Fejezetben említettük.
- megelőzzük a robbanás kockázatát
 - égést jelző detektoroknak a gyűjtőrendszeren belüli elhelyezésével, amikor egy éghető elegy megjelenésének a veszélye jelentős
 - a gázelegy összetételének a LEL (alsó robbanási határ) alatti tartásával úgy, hogy elegendő levegőt adagolunk, azonban a LEL 25 %-a határ, ha levegő helyett inert gázt, mint nitrogént adagolunk, vagy a reaktor feletti inert atmoszférában történő munkát végzünk. A másik lehetőség a gázelegy koncentrációjának a HEL (felső robbanási határ) feletti biztonságos tartása.
- beépítsük a megfelelő készüléket az éghető gáz – oxigén elegy begyulladásának megelőzésére, vagy minimalizáljuk annak a hatását, mint pl. robbanás gátló és záró dobok.

BAT a hulladékgáz kezelésére

A BAT következtetések elérésének a megközelítése azt a szennyezőkre vonatkozó utat követi, amelyik a 3.5 Fejezetben van leírva és a 3.45. Ábrán van bemutatva. Helyi szempontok, mint klíma, víz, energia, nyersanyag elérhetőség és/vagy hulladék lerakó vagy kezelő berendezés megléte, víz, energia, vagy nyersanyag hiánya, helyszín megközelíthetlensége, vagy a hulladék lerakási nehézségek a vegyipari helyszínre vonatkozóan alkalmatlanná tehetik az általánosan alkalmazott technológiákat, és így speciálisan kifejlesztett kezelési módszerek szükségesek.

A kezelés alapján a hulladékgáz források lehetnek:

- alacsony hőmérsékletű források, mint termelési folyamatok, vegyszerek kezelése (beleértve a tárolás okozta emissziókat), termékek feldolgozása
- magas hőmérsékletű források, mint égetési folyamatok, amelyek magukba foglalják az olyan berendezéseket, mint kazánok, erőművek, égető-berendezések, termikus és katalitikus oxidálók.

A két csoportba különböző, csökkenthető speciális szennyezőanyagok tartoznak. Az első csoport tartalmazhatja:

- por, pl. szilárd nyersanyag vagy a levegőben finoman elosztatott termék
- a termelésben használt vagy egy tartályból elpárolgó vegyületekből származó VOC, porszerű anyaggal, vagy anélkül
- termelésből vagy feldolgozásból származó szerves illékony vegyületek, porszerű anyaggal, vagy anélkül
- VOC és szerves vegyületek keveréke, porszerű anyaggal, vagy anélkül
- ködök

Az alkalmazott kezelési eljárások sorrendje ezekben az esetekben:

- első lépés: a szilárd anyagok és a ködök megfelelő mennyiségének az eltávolítása a gáz komponensek további kezelése előtt, ha a kezelési eljárás nem alkalmazható nagy por vagy köd koncentrációk esetén.
- második lépés: a gázalakú szennyezőanyagok eltávolítása
- harmadik lépés: ha a második lépéssel nem érjük el a megkívánt emissziós értéket, további csökkentés szükséges, mint egy befejező lépés

A második csoport – magas hőmérsékletű eljárások – tartalmazhatja:

- szilárd anyag
- halogén vegyületek (főleg HCl, HF és klór)
- szénmonoxid
- kénoxidok (főleg SO₂)
- NO_x
- lehetséges dioxinok

BAT a termelési folyamatból, anyagkezelésből és termék feldolgozásból származó hulladékgáz kezelésére

- **Por**

A BAT megfelelő egyesítése annak, hogy

- a hulladékgáz áramból a szilárdanyagot, és aeroszolokat/folyadékcseppeket a 3.5.3. Fejezetben leírt eljárásokat, vagy azok kombinációit használva eltávolítsuk az adott helyzetnek megfelelően.
- előkezelést használjunk a károsodásokból, túlterhelésekből adódó következmények megelőzésére. Károsodás adódhat, pl. kemény vagy nagyméretű részek vagy szemcsék miatt, amelyek eltömítik a szűrőket, az adszorpciós oszlopokat, elnyelők felületét, membránok felületét, katalizátorokat.
- nagy hatékonyságú eljárásokat használjunk, hogy eltávolítsuk a mikro méret alatti szilárd anyag megfelelő mennyiségét
- cseppfogókat építsünk a gázáramba, amikor a nedves mosót az utolsó kezelő egységként alkalmazzuk

- a nekik megfelelő nyomástartományban (a/c arány, áramlási sebesség/felület arány) működtessük az eljárásokat, hogy megelőzzük a tartályok károsodását vagy a tartálynyílásokból történő por emissziókat.
 - használjunk anyagvisszanyerést, ahol lehetséges
 - vegyük számításba az energiafelhasználást, kritikusan megbecsülve azt az energiaigényes eljárásoknál és összehasonlítva az eredményeket az energiamentes vagy energiaszegény eljárásokkal.
 - vegyük számításba a vízfelhasználást minden olyan területen, ahol a vízhiány kiadásokat eredményez. A nedves mosók használatakor szükséges ennek a ténynek az értékelése, és az eredmények összehasonlítása a vízmentes eljárásokkal.
 - az elnyelető vizet recirkulációs üzemmódban használjuk lehetőleg maximális visszaforgatással, amikor az megoldható és nem vezet anyagkiváláshoz és a berendezésbeli korrózióhoz.
- **VOC**

A BAT egy megfelelő egyesítése annak, hogy

 - a hulladék gázáramból eltávolítsuk a VOC-t a 3.5.1. és 3.5.2. Fejezetben leírt eljárásokat (vagy egy kombinációját azoknak) használva
 - olyan visszanyerési eljárásokat, mint kondenzáció, membrán elválasztás vagy adszorpció alkalmazzunk, amivel a nyersanyagok és oldószerek visszanyerése lehetséges. A nagy VOC koncentrációjú hulladékgáz áramoknál legjobb előkezelést olyan eljárásokkal érünk el, mint kondenzáció vagy membrán elválasztás/kondenzáció, hogy a fő komponens annak az adszorpcióra, nedves elnyeletésre vagy égetésre küldése előtt visszanyerjük. Az adszorpció és az égetés esetében ez egy biztonsági előírás is lehet, hogy a VOC koncentrációt a LEL 25 %-a alatt tartjuk.
 - vegyük számításba a vízfogyasztást (technológiai és hűtővíz) az olyan eljárásoknál, mint a nedves elnyeletés, a kondenzáció (amikor víz a hűtőközeg), az adszorpció (amikor a vizet regenerálásra, vagy az adszorpciós oszlopba belépő hulladékgáz áramának hűtésére használják), vagy a biológiai kezelés (amikor a víz reakciós közegként van használva). Az említett eljárások alkalmazhatóságát meg kell becsülni és a vízmentes eljárások eredményeivel össze kell hasonlítani. Amikor a vízhiány egy nagyon fontos kitétel, ezek az eljárások használhatatlanná válnak a speciális helyi körülmények miatt.
 - használjunk VOC csökkentő eljárásokat, amikor a visszanyerés nem lehetséges, mert például az alacsony VOC koncentrációk, aránytalan energia vagy anyagköltséget okoznak, az elérhető ökológiai előnnyel szemben.
 - vegyük számításba a létező hulladékgáz csökkentését, ha anyagvisszanyerés lehetséges és valósítsuk meg a megfelelő eljárást.
 - részesítsük előnyben az alacsony koncentrációjú hulladékgáz áramok biológiai kezelését az égetéssel szemben, ha az alkalmazható (pl. amikor a hulladékgáz koncentrációja és összetétele megfelelő, lásd 3.5.2.1. Fejezet) és ha nincs vízkorlátozás. Az alacsony VOC koncentrációk égetéséhez szükséges támasztó tüzelés tüzelőanyag-

fogyasztása előnytelen, ugyanakkor más megfelelő eljárás hiányában, a helyi megszorítások miatt számbavehető.

- használjuk az égetéssel eljárást, különösen, amikor a hőfenntartó üzemelés lehetséges, amikor veszélyes vegyületeket kell elbontani, vagy amikor más hasonlóan hatásos eljárás nem alkalmazható.
- részesítsük előnyben a katalitikus oxidációt a termikus oxidációval szemben, amikor az lehetséges és ökológiailag kedvezőbb. A sokkal alacsonyabb emittált füstgázbeli NO_x -tartalom, az alacsonyabb üzemelési hőmérséklet és energiaigény a termikus oxidációnál előnyösebbé teszi azt.
- az égetést energia-visszanyeréssel (gázmotor, hőcserélővel és rekuperátorral ellátott égető) üzemeltessük, amikor az lehetséges.
- használjuk a termikus égetést, amikor a katalitikus égetés nem alkalmazható, például a hulladékgáz tartalom mérgező hatása miatt, vagy mert a katalitikus oxidáció alacsonyabb lebontási határfoka nem elegendő a VOC megfelelő csökkentésére.
- alkalmazzunk az égető után gázkezelő berendezést, amikor az égetőből távozó véggáz szennyezőanyag-tartalma, az égéskor keletkező SO_2 , HCl , NO_x , továbbá az esetleges dioxinok miatt, magas és a kezelést szükségessé teszi.
- használjuk a fáklyázást a karbantartásokból, az üzemindításokból vagy gázkezelővel nem rendelkező elszívókból származó éghető gázok feleslegének biztonságos elégetésére
- akkor használjuk a terepszintű fáklyát amikor veszélyes vegyület nem várható a füstgázban. Amikor fáklyázás szükséges, a korábbi következtetések ellenére a hővisszanyerés és az alacsony NO_x kibocsátású égetés lehetőségeit számításba kell vennünk, és pozitív eredménynél a legalkalmasabb berendezést kell kialakítanunk.

- **VOC-n kívüli más vegyületek**

A BAT segít abban, hogy

- eltávolítsuk ezeket a hulladékgáz szennyezőket (hidrogén-halogenidek, Cl_2 , SO_2 , H_2S , CS_2 , COS , NH_3 , HCN , NO_x , CO , Hg) a 4.10. táblázatban felsorolt megfelelő eljárások alkalmazásával.
- újrahasznosítsuk a HCl -t az első elnyelő lépcsőben történő vizes elnyeléssel, hogy nyersanyagként újrahasznosítható sósav oldatot kapjunk
- újrahasznosítsuk az ammóniát alkalmas technológiai eljárás segítségével

A megfelelő eljárások:

- nedves elnyelés (víz, savas vagy lúgos oldat) hidrogénhalogenidek, Cl_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 eltávolítására
- elnyelés nem-vizes oldószerrel CS_2 , COS eltávolítására
- adszorpció CS_2 , COS és Hg eltávolítására
- biológiai gázkezelés CS_2 , H_2S , NH_3 eltávolítására
- égetés H_2S , CS_2 , COS , HCN , CO eltávolítására
- SNCR vagy SCR NO_x -re

A TWG nem a BAT egyesített, technológiai hulladékgáz emissziókra vonatkozó következtetéseiből származik. Azt javasolták, hogy ezt a feladatot hagyják a megfelelő BREF-ekre, mert ezeket a határértékeket folyamat-specifikus adatként azonosították, mivel az egész vegyiparra vonatkozó határértékek nem adhatók meg.

BAT az égési folyamatok véggázainak kezelésére

A BAT a porleválasztásnál segít abban, hogy

- kivitelezünk ESP vagy zsákos szűrőket (120-150 °C-os hőcserélő után) vagy
- kivitelezünk katalitikus szűrőt
- kivitelezünk nedves elnyeletőt

A BAT a HCl, a HF és az SO₂ eltávolításnál segít abban, hogy

- visszanyerjük azokat, amikor az lehetséges, kétlépcsős nedves elnyeletőt használva, az első lépcsőben víz vagy savas oldat az elnyelető közeg recirkulációs üzemmódban a HF és HCl eltávolítására, a második lépcső kalcium-karbonát szuszpenziót használ az SO₂ kalcium-szulfát (levegő injektálás után) formában történő eltávolítására. Mind a sósav, mind a kalcium-szulfát újrahasznosítható, mint nyers sósav és gipsz nyersanyaga. A két-lépcsős nedves elnyelető anyag visszanyerés nélküli klorid és fluorid ion elválasztásra is alkalmas a kéntelenítés előtt, vagy
- eltávolítsuk azokat száraz, fél-száraz vagy nedves szorbens injektálással a 3.5.4.1. Fejezetben leírtak szerint, a keletkezett szilárdanyagot az égetéskor keletkező porral együtt távolíthatjuk el. A nedves eljárás, ugyanakkor a leghatékonyabb eljárás a csökkentésre, továbbá a visszanyerésre.

Több, főleg erőművekben használt FGD eljárás a nagy égetőművekre vonatkozó BREF hatáskörén belül van.

A BAT az NO_x eltávolításnál segít abban, hogy

- SCR-t üzemeltessünk SNCR (legalább a nagyobb berendezéseknél) helyett, mert annak jobb az eltávolítási hatásfoka és a környezeti hatása (lásd 3.5.4.2. Fejezet). A működő SNCR egységek cseréjét életkoruk szerint fontolhatjuk meg. Bár az SCR is BAT az általános értelemben, van néhány egyedi eset (tipikusan a kisebb berendezéseknél), ahol az SNCR technikailag és gazdaságilag a legjobb megoldás. Értékelést kell elvégezni, ha más mérések jobb átlag javulást érnek el az utólag illesztett SNCR helyett.

Több DeNO_x eljárást használnak, pl. néhány egyidejű SO₂ és NO_x eltávolító eljárás, melyek szintén BAT-k, amikor azok hasonló hatásfokot érnek el.

Amikor dioxinok keletkezésével is számolni kell, a BAT segít, hogy

- GAC szűrőkkel (adszorpció) csökkentjük a dioxinokat a füstgázkezelési eljárások végén.

Az összehasonlítható eredményeket elérő eljárások (lásd 4.3. táblázat) szintén BAT-ként értékelhetők.

A BAT-tal elérhető kibocsátási határértékek találhatók a 4.3. táblázatban, füstgázok kezelésére.

Paraméter	Kibocsátási határértékek [mg/Nm ³]
Por	<5-15
HCl	<10
HF	<1
SO ₂	<40-150 ²
NO _x (gázbojlerok/melegítők)	20-150 ³
NO _x (folyékony tüzelőanyagú bojlerok/melegítők)	55-300 ³
NH ₃	<5 ³
Dioxinok	0,1 ng/Nm ³ TEQ
¹ félórás átlagminta, 3 % oxigéntartalomra vonatkoztatva ² alacsonyabb tartomány a gáznemű, magasabb tartomány a folyékony tüzelőanyagokra ³ magasabb érték kis létesítményre, SNCR használatával ⁴ NH ₃ kifújás SCR-nél ⁵ az értékek új katalizátorra vonatkoznak, de nagyobb NH ₃ emisszió, mint régebbi katalizátorral	

4.3 Táblázat (4.11. Table): BAT-tal elérhető kibocsátási határértékek, füstgázok kezelésére

5 KIBONTAKOZÓ ELJÁRÁSOK

Kibontakozó eljárás alatt érti a dokumentum azt az eljárást, amelyet még nem alkalmaztak a kereskedelmi alapon, vagy a félüzemi üzemelésen kívül, de várható, hogy a jövőben alkalmazható lesz a vegyiparban, üzemi méretekben is.

Az alábbiakban bemutatott eljárások más iparágakban speciális körülmények között már bizonyos fokig üzemeltek. Nem bizonyított még, hogy azok a vegyiparban éles helyzetekben használhatók, de az alkalmazhatóságukra remény van.

Biológiai kéndioxid eltávolítás véggázokból

A biológiai kéndioxid eltávolító rendszer egy hulladékgáz elnyelető (abszorber) és egy biológiai szennyvízkezelő berendezés kombinációja. Az elnyeletőben a kéndioxid tartalmú hulladékgáz árama a mosóvízzel kerül érintkezésbe, melynek során szulfit és szulfát keveréke képződik. Az abszorbert követő anaerob biológiai folyamatban ez az elegy biológiailag szulfiddá alakul. A következő aerob lépés a szulfidot elemi kénné alakítja, amelyik elválasztható és a felúszó vizes fázis az elnyeletőbe visszavezethető.

A szulfid ionok jelenléte miatt a nehézfémek szulfid csapadék formájában eltávolíthatóak.

Alacsony hőmérsékletű NO_x oxidáció

Az alacsony hőmérsékletű NO_x oxidáció egy oxidációs folyamat (ózonnal) és a gázelnyelés (vízzel, vagy lúggal) kombinációja. Az ózon (nagyfeszültségű berendezéssel a helyszínen termeljük) reagál a nitrogén-oxidokkal (NO és NO₂) egy reaktor csatornában, nagyon jól oldódó N₂O₅-t eredményezve, amelyik a vizes mosóban salétromsavat képezve eltávolítható. Nagyon alacsony NO_x, SO_x és HCl emissziók érhetőek el (5, 5-10 és 5-10 ppm).

A fő kapcsolódó kiadások az ózon fejlesztéséhez szükséges energia, és amikor szükséges, a tiszta, száraz oxigén előállítás és tárolása és a szükséges mennyiségű víz, mint elnyelető folyadék.

6 Irodalomjegyzék

[cww/tm/4]

Metcalf & Eddy, Inc.,

Waste Water Engineering – Treatment, Disposal, and Reuse,

3rd edition, revised by Tchobanoglous, Burton,

McGraw-Hill, New York, 1991

[cww/tm/26]

Betz Handbook of Industrial Water Conditioning

9th edition, Betz Laboratories, Inc., Trevose, 1991

[cww/tm/27]

Environment Agency (UK), HMSO, 1997

Technical Guidance Note A4,

Effluent Treatment Techniques

[cww/tm/46]

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien 1994

Braun et al.

Biologische Abluftreinigung in Österreich

Stand und Zukunft biologischer Verfahren in der Abluftreinigung

[cww/tm/48]

CONCAWE, May 1999

Document No. 99/01,

Best Available Techniques to reduce Emissions from Refineries

[cww/tm/50]

Fonds der Chemischen Industrie, Frankfurt/M. 1995

Umweltbereich Luft

Textheft 22

[cww/tm/51]

RIZA (NL), 1990

Inventory of Treatment Techniques for Industrial Waste Water

[cww/tm/53]

VDI, Düsseldorf 1996

VDI 3478

Biological Waste Gas Purification

Bioscrubbers and Trickle Bed Reactors

[cww/tm/64]

BASF, July 1999

Verfahrenstechniken der Abgas-/Abluftbehandlung

[cww/tm/67]

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemie-ingenieurwesen, 1999

4. GVC-Abwasser-Kongress 1999, Preprints

[a] Rosenwinkel et al., Membranverfahren in der industriellen Abwasserbehandlung, p 183 et seq

[b] Neumann et al., Einsatz der BAYER-Hochleistungs-Flotationstechnik als zusätzliche Verfahrensstufe der Klärtechnik, p 327 et seq

[c] John et al., Weiterentwicklung vertikal durchströmter Nachklärbecken, p 483 et seq

[d] Biener et al., Systematische Reduktion des Wasserverbrauchs und des Abwasseranfalls, p 71

et seq

[cww/tm/70]

Tauw, Feb 2000

InfoMil,

Dutch Notes on Waste Gas Treatment

[cww/tm/71]

ENTEC UK Ltd., 1996

Environmental Technology Best Practice Programme, Guide GG12,

Solvent Capture for Recovery and Re-use from Solvent-laden Gas Streams

[cww/tm/72]

CEFIC, Dec 1999

IPPC BAT Reference Document. Waste Water/Waste Gas Treatment. Chemical Industry

Contribution Paper on Waste Water/Waste Gas Management

[cww/tm/74]

Environmental Processes '98, Hydrocarbon Processing 71-118,

Aug 1998

[cww/tm/75]

Paques Bio Systems B.V., Apr 1997,

Jansen, Buisman,

Biological SO₂ Removal from Flue Gas

[cww/tm/76]

European Lime Association, 1999

Lime and Dolomite Products for the Treatment of Drinking Water, Waste Water and Sewage Sludge

[cww/tm/77]

Naval Facilities Engineering Service Center (USA), June 1998

Joint Service Pollution Prevention Technical Library,

<http://enviro.nfesc.navy.mil/p2library>

[cww/tm/78]

Verfahrenstechnik, Mar 1999

Kaiser, Lehner,

Dampf – und Luftstrippung zur Rückgewinnung von Ammoniak aus Abwasser

[cww/tm/79]

Environment Agency (UK), Apr 1994

Technical Guidance Note A3,

Pollution Abatement Technology for Particulate and Trace Gas Removal

[cww/tm/80]

Environment Agency (UK), Febr 1994

Technical Guidance Note A2,

Pollution Abatement Technology for the Reduction of Solvent Vapour Emissions

[cww/tm/81]

P. Kunz,

Behandlung von Abwasser,

Vogel Verlag, Würzburg, 2nd Edition 1990

[cww/tm/82]

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / LAWA, Germany 2000

Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 22 der Abwasserverordnung

[cww/tm/83]

European Water Pollution Control, Vol 7, 1, 1997

Meyer, Hanke,

Reduction of Nitrogen and Phosphorous Discharges from Bayer's Dormagen Production Site

[cww/tm/84]

InfoMil, Feb 2000

Dutch Notes on BAT for the Large Volume Organic Chemicals Industry

[cww/tm/85]

W.L. GORE & Ass., 1999

Plinke et al.,

Catalytic Filtration – Dioxin Destruction in a Filter Bag,

unpublished

[cww/tm/86]

Linnhoff et al., Aug 1998

Intelligent Networking of Process Waste Water Streams in the Chemical Industry

<http://www.linnhoffmarch.com/Resources/Pinch.html>

[cww/tm/87]

DVWK Regeln 134/1997,

Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) Abwasseranlagen als Auffangvorrichtungen

[cww/tm/88]

Council Directive 1999/13/EC,

11.3.1999

[cww/tm/89]

US-EPA, 1995

AP-42 Emission Estimating Handbook, section 7.1 Storage of Organic Liquids

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42.html>

[cww/tm/90]

US-EPA OAQPS, Dec 1999

TARTÁLYS 4.06 for Windows

<http://www.epa.gov/ttnchie1/tartaly.html>

[cww/tm/91]

Nalco Chemical Company,

The NALCO Water Handbook,

2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1988

[cww/tm/92]

ENTEC UK Ltd., 1996

Environmental Technology Best Practice Programme, Guide GG37,

Cost-effective Separation Technologies for Minimising Wastes and Effluents

[cww/tm/93]

ENTEC UK Ltd., 1997

Environmental Technology Best Practice Programme, Guide GG54,

Cost-effective Membrane Technologies for Minimising Wastes and Effluents

[cww/tm/94]

Environment Agency (UK), Nov 1993

Technical Guidance Note A1,

Guidance on Effective Flaring in the Gas, Petroleum, Petrochemical and Associated Industries

[cww/tm/95]

Environmental Protection Agency (Ireland), May 1996

Integrated Pollution Control Licensing

BATNEEC Guidance Note for the Chemical Sector

[cww/tm/96]

North Ostrobothnia Regional Environment Centre, June 2000

Examples of Waste Water and Waste Gas Treatment in the Chemical Industry in Finland

[cww/tm/97]

DHV Water BV, Febr 1996

Giesen, van der Molen,

The Crystalactor®: Waste Water Treatment by Crystallisation without Waste Production

[cww/tm/100]

Biothane Systems International, 2000

Biological Waste Water Treatment: KoSa Netherlands BV

[cww/tm/101]

Paques BV, Netherlands, Oct 1991

Buisman, Biological Zinc and Sulphate Removal from Waste Water

[cww/tm/102]

1996 EPD Proceedings, 1996

de Vegt, Buisman

Sulphur Compounds and Heavy Metal Removal Using Bioprocess Technology

[cww/tm/105]

BAYER AG, April 2000

Waste Water Treatment Plants of BAYER

[cww/tm/106]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

High Efficiency Particle Air (HEPA) Filter, Ultra Low Penetration Air (ULPA) Filter

[cww/tm/107]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA Dec 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Cyclones

[cww/tm/108]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA Dec 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Settling Chambers

[cww/tm/110]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA July 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Fibre Bed Scrubber

[cww/tm/111]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

Impingement-Plate / Tray-Tower Scrubber

[cww/tm/112]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA July 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Orifice Scrubber

[cww/tm/113]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

Packed-Bed / Packed-Tower Wet Scrubber

[cww/tm/114]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

Spray-Chamber / Spray-Tower Wet Scrubber

[cww/tm/115]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA July 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Venturi Scrubber

[cww/tm/116]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA June 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Catalytic Incinerator

[cww/tm/117]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA June 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Flare

[cww/tm/118]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA June 1999

**Air Pollution Technology Fact Sheet
Incinerator – Recuperative Type**

[cww/tm/119]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA June 1999

**Air Pollution Technology Fact Sheet
Regenerative Incinerator**

[cww/tm/120]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA June 1999

**Air Pollution Technology Fact Sheet
Thermal Incinerator**

[cww/tm/121]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

**Fabric Filter – Mechanical Shaker Cleaned Type, Mechanical Shaker Cleaned Type
with**

Sonic Horn Enhancement

[cww/tm/122]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

Fabric Filter – Pulse-Jet Cleaned Type

[cww/tm/123]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA April 2000

Air Pollution Technology Fact Sheet

**Fabric Filter – Reverse-Air Cleaned Type, Reverse-Air Cleaned Type with Sonic Horn
Enhancement, Reverse-Jet Cleaned Type**

[cww/tm/124]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA May 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Dry Electrostatic Precipitator (ESP) – Wire-Pipe Type

[cww/tm/125]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA May 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Dry Electrostatic Precipitator (ESP) – Wire-Plate Type

[cww/tm/126]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA May 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Wet Electrostatic Precipitator (ESP) – Wire-Pipe Type

[cww/tm/127]

EPA-CICA Fact Sheet, US-EPA May 1999

Air Pollution Technology Fact Sheet

Wet Electrostatic Precipitator (ESP) – Wire-Plate Type

[cww/tm/128]

VITO (Belgium), Aug 2000

SLSS Techniekbladen

[cww/tm/129]

BetzDearborn, Jan 1993

Hartung,

Applying Quality Methods to Waste Water Treatment

TAPPI Journal, 1993

[cww/tm/130]

UBA (Berlin), Mai 2000

**Draft OSPAR Background Document Concerning the Elaboration of Programmes and
Measures Relating to Whole Effluent Assessment**

[cww/tm/131]

Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, the Netherlands, Sept 1999

Dutch Notes on BAT for Mineral Oil Refineries

[cww/tm/132]

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry

6th edition, Electronic Release

Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany 2000

[cww/tm/133]

UBA (Wien)

Formaldehyde

[cww/tm/135]

US-EPA, Clean Air Technology Center, May 1999

Choosing an Adsorption System for VOC: Carbon, Zeolite or Polymers

[cww/tm/137]

US-EPA, Clean Air Technology Center, Nov. 1999

Technical Bulletin: Nitrogen Oxides (NO_x), Why and How they are Controlled

[cww/tm/138]

US-EPA, Control Technology Center, April 1995

Control and Pollution Prevention Options for Ammonia Emissions

[cww/tm/143]

US-EPA

AP-42, 5th edition, Volume I, 1995

Chapter 13.5 Industrial Flares

[cww/tm/146]

Sackewitz, Umwelt 29 (1999) Nr. 4, pp 16 – 18

Luftstrippverfahren zur Teilstrombehandlung

Betriebserfahrungen auf den Kläranlagen Göttingen und Cuxhaven

[cww/tm/147]

SEPA (Scotland), Environment Agency (England, Wales)

Pollution Prevention Guidelines 18

Managing Fire Water and Major Spillages

[cww/tm/148]

SEPA (Scotland), Environment Agency (England, Wales)

Pollution Prevention Guidelines 21

Pollution Incident Response Planning

[cww/tm/149]

UBA (WIEN), 2000

Ecker, Winter

Stand der Technik bei Raffinerien im Hinblick auf die IPPC Richtlinie

Monographien Band 119

[cww/tm/150]

US-EPA, ICAC,

Control Technology Information

Brief Descriptions of Air Pollution Control Technologies

<http://www.epa.gov/earth1r6/6pd/air/pd-1/noxcont.htm>

[cww/tm/151]

UmweltMagazin, Mai 2000, pp 48

Karl,

Neue Festbettbiologie reinigt schwierige Abwässer

[cww/tm/152]

US-EPA

Protocol for Equipment Leak Emission Estimates

<http://www.epa.gov/ncepihom/Catalog/EPA453R95017.html>

[cww/tm/153]

World Oil Magazine August 2000, Vol. 221, No. 8

Successful Field Trials Lead to Enclosed Burner Application

http://www.worldoil.com/magazine/MAGAZINE_DETAIL.asp?ART_ID=1255&MONTH_YEAR

AR=Aug-00

[cww/tm/154]

IMPEL Network, December 2000

Diffuse VOC Emissions

<http://europa.eu.int/comm/environment/impel/vocemissions.htm>

[cww/tm/155]

The European Parliament and the Council, 4th December 2000

Directive 2000/76/EC on the Incineration of Waste

[cww/tm/156]

Infomil, December 1999

Dutch Notes on BAT for the Production of Nitric Acid

[cww/tm/157]

Infomil/ADEME, March 2001

NOXCONF 2001

International Conference: Industrial Atmospheric Pollution

NO_x and N₂O emission control: panel of available techniques

Paris la Défense, 21st and 22nd March 2001

[a] Gry, Session 8, Chemical Industry

Program to reduce NO_x emissions of HNO₃ plants with selective catalytic reduction

[cww/tm/158]

CEFIC, November 2000

IPPC BAT Reference Document

Monitoring of Emissions

Chemical Industry Contribution Paper

Definitions

[cww/tm/159]

Berlin 1999

ATV Handbuch Industrieabwasser

4th edition

[cww/tm/160]

German Information

[cww/tm/161]

Kluwer Academic Publishers 1994

Mulder, M.

Energy Requirements in Membrane Separation Processes

in: Crespo, Böddeker (ed.): Membrane Processes in Separation and Purification

[cww/tm/162]

UBA Berlin, 20.10.2000

Classification of Toxicity, Whole Effluent Assessment (WEA) and Toxicity Test

[cww/tm/163]

INERIS, 2001

The Membrane Bioreactor

[cww/tm/164]

INERIS, 2001

The Biofilter for Industrial Waste Water Treatment

[cww/tm/165]

UBA Berlin, 1999

K. Diehl, U. Hagendorf, J. Hahn

Compilation of Biotest Data (English Summary)

[cww/tm/166]

Verband der Chemischen Industrie e.V., May 2000

Erklärung des Verbandes der Chemischen Industrie

“Handlungsziele für die Abwässer der chemischen Industrie”

[cww/tm/167]

CEN as Member of TWG on Monitoring, version July 1999

List of CEN Standards Available for the Monitoring of the Emissions of Industrial Plants

under the IPPC Directive

[cww/tm/168]

Parftec Limited, Wolverhampton (UK) 1999

The KN-Filter – An All-metal Cake Filtration System for the More Arduous Gaseous Emission Control Application

7 KIFEJEZÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

7.1 *Kémiai jelek*

Al	Alumínium
Al ₂ O ₃	Alumínium oxid
As	Arzén
Cd	Kadmium
Br ⁻	Bromid ion
Br ₂	Bromine
Ca(OH) ₂	Kalcium hydroxide, oltott mész
Cl ⁻	Kloridion
Cl ₂	Klór
OCl ⁻	Hipoklorite ion
ClO ₃	Klorát ion
CN ⁻	Cianid ion
CO	Szénmonoxid
CO ₂	Széndioxid
COS	Szénoxiszulfid
Cr	Chromium
Cr ³⁺	Króm III. módosulata
CrO ₄ ²⁻	Krómátion
CS ₂	Carbon diszulfid
Cu	Réz
F ⁻	Fluoride ion
Fe	Vas
HBr	Hidrogénbromid
HCl	Sósav
HCN	Hidrogéncianid
HF	Hidrogénfluorid
Hg	Higany
H ₂ O ₂	Hidrogénperoxid
H ₂ S	Kénhidrogén
H ₂ SO ₄	Kénsav
HNO ₃	Salétromsav

N_2	Nitrogén gáz
NaOH	Nátronlúg
Na_2CO_3	Szóda
$NaHCO_3$	Sodium hydrogencarbonate, – bicarbonate
NaOCl	Nátriumhipoklorit (oxidáló, fertőtlenítőszer)
$NaClO_3$	Náriumklorát
$NaHSO_3$	Na-hidrogénszulfít, – biszulfít(oxigénelvonó)
NH_2CN	Ciánamid
$(NH_2)_2CO$	Karbamid
NH_3	Ammónia
NH_4^+	Ammónium ion
Ni	Nikkel
N_2O	Dinitrogénoxid
NO	Nitrogénoxid
NO_2	Nitrogéndioxid
NO_2^-	Nitrition
NO_3^-	Nitrátion
NO_x	Nitrogénoxid (NO + NO_2 együtt)
O_2	Oxigén
O_3	Ózon
P	Foszfor
Pb	Ólom
PO_4^{3-}	Foszfátion
$PO_4\text{-P}$	Foszfát – P (foszfáttartalom, elemi P-ként)
Sn	Ón
S^{2-}	Szulfidion
SO_2	Kéndioxid
SO_3	Kéntrioxid
SO_3^{2-}	Szulfition
SO_4^{2-}	Szulfátion
SO_x	Kéndioxidok (di – és trioxid együtt)
Zn	Cink

7.2 Nagyságrendi előképzők: prefixszumok:

p	pico	10^{-12}
n	nano	10^{-9}
μ	micro	10^{-6}
m	milli	10^{-3}
c	centi	10^{-2}
d	deci	10^{-1}
h	hecto	10^2
k	kilo	10^3
M	mega	10^6
G	giga	10^9
T	tera	10^{12}
P	peta	10^{15}

7.3 Mértékegységek és átszámítási kulcsok

billion 1000 million (magyar gyakorlatban: milliárd)

°C Celsius fok

cm centiméter

d nap

g gramm

h óra

I-TEQ nemzetközi dioxin toxikációs egyenérték

J Joule (1 J = 0.239 cal)

kg kilogramm

kPa kilopascal (1 kPa = 10 mbar)

kWh Kilowattóra (1 kWh = 3.6 MJ)

l litre (1 l = 0.001 m³) liter

m méter

mg milligramm

m² négyzetméter

m³ köbméter

MJ megajoule (1 MJ = 239 kcal = 0.2778 kWh)

MPa	megapascal (1 MPa = 10 bar)
Nm ³	Normal m ³
Pa	pascal (pressure; 1 Pa = 1 N/m ²)
ppm	milliomodrész (tömeg/tömeg)
ppmv	Tömegtérfogat; ppm mól /22,41 megfelel mg /mg/Nm ³ -nek
s	másodperc
S	siemens (vezetőképesség egység)
tonne	tonna (1 tonna = 1000 kg)
v-%	térfogat %
wt-%	tömeg %
yr	év
Ω	ohm (elektromos ellenállás)

7.4 Rövidítések/Betűszók

Megjegyzés: ezeket a magyar szövegben legtöbbször eredeti (angol) formájukban is használjuk, kivéve, ha a magyar rövidítés nagymértékben elterjedt használatú, illetve közismert (pl. KOI helyett KOI)

ACP	Anaerobic Contact Process	Anaerob Kontakt (Szervesanyag lebontó) Eljárás
ACR	Anaerobic Contact Reactor	Anaerob Kontakt Reaktor
AMS	Automated Measuring System (installed and operating continuously in the field)	Automata Mérőrendszer (helyszínen folyamatosan működik)
AOX	Adsorbable Organic Halides	Adszorbeálható szerves Halogénszármazékok
API	American Petroleum Institute	Amerikai Kőolaj Intézet
ATS	Austrian Schilling (currency)	Osztrák Schilling (pénzegység)
BAT	Best Available Techniques, as defined in Art. 2(11) of the Directive	Legjobb Elérhető, Rendelkezésre álló Technológia
BEF	Belgian Franc (currency)	Belga Frank (pénzegység)
BOD _x	Biochemical Oxygen Demand during x days (normally 5 or 7) indicating the amount of biodegradable organic matter in waste water	BOI _x (x napon át végzett – legtöbbször 5 v. 7 napos) Biológiai Oxigénigény, amely a szennyvíz biológiailag lebontható szervesanyagtartalmát méri
BREF	Best Available Techniques Reference Document	BAT referencia Dokumentum
BTEX	Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene	Benzol, Toluol, Etilbenzol, Xylol,

		(gyűjtőnév)
CEFIC	European Chemical Industry Council	Európai Vegyipari Tanács
KOI	Chemical Oxygen Demand indicating the amount of chemically oxidisable organic matter in waste water	KOI, Kémiai Oxigénigény, amely a szennyvíz kémiaileg oxidálható szervesanyagtartalmát méri
CONCAWE	European Refinery Association for Environment, Health and Safety	Európai Kőolajfinomító Egyesület a Környezetért, Egészségért és Biztonságért
CPI	Corrugated Plate Interceptor	Hullámlemezes Elválasztó Készülék (vízszennyvezők gravitációs eltávolítására)
CSTR	Continuously Stirred Tartály Reactor	Folytonos Kevert Tartályreaktor
CWW	BREF on Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector	E kötet címe: Általános Szennyvíz – és Gázáramkezelés és Menedzment a Vegyiparban
DAF	Dissolved Air Flotation	Oldott Levegős Flotálás
DDT	1,1,1-Trichloro-2,2-bis-(p-chlorophenyl)ethane; a pesticide DDT	DDT (növényvédő – rovarirtószer)
DEM	German Mark (currency)	Német márka (pénzegység)
DTA	Direct Toxicity Assessment	Közvetlen Mérgezőhatás Megállapítás
EC ₅₀	effluent concentration in dilution water that causes a measurable negative effect on 50 % of the test population	szennyvízminta olyan hígítása, amely a tesztszervezetekre 50 %-ban káros hatású
EIPPCB	European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau	Európai Integrált Szennyezésmegelőzési és Csökkentési Bizottság
ELV	Emission Limit Value	Emissziós Határérték
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme (Council Regulation 761/2001)	Környezetirányítási és Auditálási Rendszer (761/2001 Európa Tanács)
EMFA	Energy and Material Flow Analysis	Energia – és Anyagáramelemzés
EMS	Environmental Management System	Környezetgazdálkodási Rendszer
EOX	Extractable Organic Halides	Extrahálható Szerves Halogénszármazékok
EQO	Environmental Quality Objectives	Környezetminőségi Célkitűzések
EQS	Environmental Quality Standards	Környezetminőségi Szabványok
ESP	Electrostatic Precipitator	Elektronikus (por) Leválasztókészülék
EUR	Euro (currency)	Euro (pénzegység)
FGD	Flue Gas Desulphurisation	Füstgáz Kéntelenítő (Eljárás)
FIM	Finnish Mark (currency)	Finn Márka (pénzegység)
FRP	Fibreglass-reinforced Plastic	Üvegszál Erősítésű Műanyag
GAC	Granular Activated Carbon	Granulált Aktívszén

GBP	British Pound (currency)	Angol Font (pénzegység)
GMP	Good Manufacturing Practice	Jó Gyártási Gyakorlat (előírás)
HAP	Hazardous Air Pollutants	Veszélyes Légszennyező
HEAF	High Efficiency Air Filter	Nagyhatékonyságú Légszűrő
HEAP	High Efficiency Particle Air (filter)	Nagyhatékonyságú Porleválasztó (szűrő, levegőre)
HEL	Higher Explosion Limit	Felső Robbanási Határ (koncentrációérték)
HSE	Health, Safety and Environment	Egészség, Biztonság Környezet
IAF	Induced Air Flotation	Légbefúvásos Flotálás
ICC	International Chamber of Commerce	Nemzetközi Kereskedelmi Kamara
IMPEL	European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law	Környezeti Törvényeket Megvalósító és Betartató EU Hálózat
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control	Integrált Szennyezésmegelőzés és Csökkentés
IR	Infrared	Infravörös (fény sugárzás)
ISO	International Organisation for Standardisation	Nemzetközi Szabványosítási Szervezet
LC ₅₀	effluent concentration in dilution water that causes mortality to 50 % of the test population	szennyvízhígítás mértéke, amely a tesztszervezetek 50 %-os pusztulását okozza
LCA	Life Cycle Assessment	Életciklus Elemzés
LDAR	Leak Detection And Repair	Szivrágásmérés és Javítás
LEL	Lower Explosion Limit	Alsó Robbanási Határ
LID	Lowest Ineffective Dilution; numeric value given as reciprocal dilution value (dimensionless) of the waste water at which no effects are observed	Legkisebb Hatás nélküli Hígítás (mértékegység nélküli törttel megadva)
LVIC	BREF on Large Volume Inorganic Chemical Industry	BREF Dokumentum Nagytömegű Szévtlen Vegyiparra
LVOC	BREF on Large Volume Organic Chemical Industry	BREF Dokumentum Nagytömegű Szerves Vegyiparra
MEK	Methyl Ethyl Ketone	Metil Izobutil Etilketon
MF	Microfiltration (membrane process, waste water section)	Mikroszűrés (szennyvíztisztítási membrán eljárás)
MIBK	Methyl Isobutyl Ketone	Metil Izobutil Keton
NF	Nanofiltration (membrane process, waste water section)	Nanoszűrés (szennyvíztisztítási membrán eljárás)
NFL	Dutch Gulden (currency)	Holland Forint (pénzegység)

NH ₄ -N	Ammonium (calculated as N)	Ammónia-Nitrogén (koncentráció)
NO ₂ ⁻ -N	Nitrite (calculated as N)	Nitrit-Nitrogén (koncentráció)
NO ₃ ⁻ -N	Nitrate (calculated as N)	Nitrát-Nitrogén (koncentráció)
OFC	BREF on Organic Fine Chemical Industry	BREF Dokumentum a Szerves Finomvegyiparra
ORP	Redox potential	Redox potenciál
OSPAR	Oslo and Paris Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic	Oslói és Párizsi Egyezmény
PAC	Powdered Activated Carbon	Poralakú Aktívszén
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	Többgyűrűs (Aromák) Szénhidrogének
PCDDs	Polychlorinated dibenzodioxins	Poliklórozott dibenzodioxinok (röv: dioxinok)
PCDF	Polychlorinated dibenzofurans	Poliklórozott dibenzofuránok
p.e.	Population equivalent	LE Lakosegyenérték (szennyvízterhelés mértéke)
PM	Particulate Matter (air contaminant)	Por, szilárd Részecsketartalom (légszennyezés)
PM _x	Particulate Matter, x μm aerodynamic diameter (air contaminant)	Por, szilárd Részecsketartalom, x μm aerodinamikai mérettel
POP	Persistent Organic Pollutant	(Lebomlásnak) Ellenálló Szerves Szennyező
PPI	Parallel Plate Interceptor	Lemezes Ülepítőberendezés
PSA	Pressure-swing Adsorption	Nyomáslengetéses Adsorpció (Eljárás)
PTFE	Poly Tetrafluoro Ethene (TEFLON)	Poli Tertafluor Etilén
PVC	Polyvinyl Chloride	(PVC) Polivinil Klorid
RO	Reverse Osmosis (membrane process, waste water section)	Fordított ozmózis (szennyvíztisztítási membránművelet)
SAC	Strong Acid Cation Exchanger	Erős Savas Kationcserélő (anyag)
SBA	Strong Base Anion Exchanger	Erős Lúgos Anioncserélő (anyag)
SCA	Specific Collection Area (ESP: ratio of surface area of collection electrodes to gas flow)	Fajlagos Elektrod Felület (gázáramra vonatkoztatva, porleválasztásnál)
SCR	Selective Catalytic Reduction (NO _x -reduction)	Szelektív Katalitikus Redukció (NO _x mentesítés)
SCWO	Super Critical Water Oxidation	Szuperkritikus Vizes Oxidáció
SIC	BREF on Speciality Inorganic Chemical Industry	BREF Dokumentum Szervetlen

		Finomvegyiparra
SME	Small and Medium-size Enterprises	Kis – és Közepes Vállalkozások
SNCR	Selective Non-catalytic Reduction (NO _x -reduction)	Szelektív Nem Katalitikus Redukció (NO _x mentesítés)
SPC	Statistical Process Control	Statisztikus Folyamatszabályozás
SVI	Sludge Volume Index: Volume in ml occupied by 1 g of activated sludge after settlement under specified conditions for a specified time	Iszapindex (1 g eleven iszapmeghatározott feltételekkel történt ülepítése után elfoglalt térfogata ml-ben)
TA	Algae toxicity; determination of the non-toxicity of waste water to green algae (<i>Scenedesmus subspicatus</i> CHODAT), using various dilutions of waste water; value is a dimensionless number, giving the dilution factor	Algatesz (ökotoxikológiai) eredménye: első mérgezést nem mutató (legkisebb, szorzószámmal megadott) szennyvízhígítás mértéke (24 óra expozíció)
TD	daphniae (<i>Daphnia magna</i> STRAUS) over a 24 hour exposure period, using various dilutions of waste water; value is a dimensionless number, giving the dilution factor	Daphniatesz eredménye: első mérgezést nem mutató (legkisebb, szorzószámmal megadott) szennyvízhígítás mértéke (24 óra expozíció)
TF	Fish toxicity; determination of the acute non-toxicity of waste water to fish (<i>Leuciscus idus</i> L.) over a 48 hour exposure period, using various dilutions of waste water; value is a dimensionless number, giving the dilution factor	Haltesz eredménye: első mérgezést nem mutató (legkisebb, szorzószámmal megadott) szennyvízhígítás mértéke (24 óra expozíció)
TL	Luminescent bacteria toxicity; short-term determination of the inhibitive effect (sublethal toxic effects) of waste water on the light emission of <i>Photobacterium phosphoreum</i> , using various dilutions of waste water; value is a dimensionless number, giving the dilution factor	Lumineszkáló baktériumteszt eredménye (pusztulás nélküli gyors toxicitási próba fénykibocsátás gátlásával mérve – szennyvízhígítás mértékegység nélküli szorzószámával megadva)
TM	Mutagenity; determination of the lowest dilution level at which no genotoxicity of waste to the test organism <i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/pSK 1002 is observed; value is a dimensionless number, giving the dilution factor	Mutagenitási teszt eredménye legkisebb szennyvízhígítás mértékegység nélküli szorzószámával megadva
TOC	Total Organic Carbon	Összes Szerves Szén (koncentráció)
TSS	Total Suspended Solids (in waste water)	Összes Lebegőanyag tartalom (szennyvízben)
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor or process	Anaerob Iszapfüggöny Reaktor v. Eljárás
UF	Ultrafiltration (membrane process, waste water section)	Ultraszűrés (szennyvíztisztítási membránművelet)
USD	US-Dollar (currency)	USA Dollár (pénzegység)
USEPA	United States Environmental Protection Agency	USA Környezetvédelmi Ügynökség

UV	Ultra-violet	Ultraibolya sugárzás
VCM	Vinyl Chloride Monomer	Vinilklorid – monomer
VOC	Volatile Organic Compounds	Illó Szervesanyag (anyag vagy koncentrációja)
VOX	Volatile Organic Halides	Illó Szervesanyag Halogénszármazék
VRU	Vapour Recovery Unit	Gőzvisszanyerő Egység
WAC	Weak Acid Cation Exchanger	Gyenge Savas Kationcserélő
WBA	Weak Base Anion Exchanger	Gyenge Lúgos Anioncserélő
WEA	Whole Effluent Assessment	Teljeskörű Szennyvízminősítés
WEER	Whole Effluent Environmental Risk	Teljeskörű Szennyvíz Környezeti Kockázat
SZVT	Waste Water Treatment Plant	Szennyvíztisztító Telep

7.5 Fogalommagyarázat

Aerobic processes	Aerob Eljárás (oxigén jelenlétében zajló biológiai kezelés)
Anaerobic processes	Aerob Eljárás (oxigén nélkül zajló biológiai kezelés)
Anoxic denitrification	Anoxikus denitrifikáció(nitrát, nitrogén elemi nitrogénné redukálása biológiailag oxigén nélkül)
Biological nutrient removal	Biológia tápanyag eltávolítás (N és P biológiai eltávolítása)
Component	Komponens (valamely keverékben – pl. szennyvíz, gázáram, levegő)
Content	Jelenlévő anyagfajta
Cross-media effects	Elemek közötti szennyezésáttét (szennyező hatás áttérése másik természeti elemre)
Denitrification	Denitrifikáció (biológiai nitrát alakítás nitrogén gázzá és egyéb gáztermékekké)
Diffuse emissions	Diffúz kibocsátás (amely nem meghatározott pontszerű helyen kerül a környezetbe)
Dilution factor	Hígítási tényező (összes vizsgált mintatérfogat/szennyvízminta térfogat; az az érték amikor a tesztszervezetekre a toxicitási vizsgálat nem gyakorolt hatást – nagy hígítási tényező nagy mértékű toxicitást jelent)
Effluent	Szennyezett víz,vagy gázáram (ami egy gyártási folyamatból, berendezésből vagy meghatározott helyről kilép)
Emissions	Emisszió, kibocsátás (olyan közvetlen vagy közvetett anyag, vibráció, hő-, vagy zajhatás, amely egyedi vagy diffúz forrásból)
Exhaust air	Használt levegő (véggázáram, ami általában kis koncentrációjú gázalakú)

	komponensekkel szennyezett állapotban a berendezésből kilép)
Existing installation	Meglévő berendezés (ami a Direktíva érvénybe lépése előtt már működött)
Flue gas	Füstgáz (égetési folyamatból kikerülő véggázáram)
Fugitive emissions	Megszökő emisszió (kibocsátás) olyan nem illó szervesanyagot tartalmazó véggázban lévő és nem is oldószertartalmú anyagokból a levegőbe, talajba vagy vízbe kerülő kibocsátás, ami általában ablakokon, ajtókon, szellőzőnyílásokon és hasonlókon át jut a külső térbe)
Halogenated organic	Halogéntartalmú szervesanyag (általában molekulánként legalább egy atom brómot, klórt, fluort vagy jódot tartalmaz)
Installation	Berendezés (stabil helyre telepített gépegység, ahol legalább egy tevékenység folyik a Direktíva I. Függelékben a felsoroltak közül, vagy egyéb olyat, amelynek hatása lehet kibocsátásra és szennyezésre a Direktíva 2(3) cikkely)
Make-up water	Technológiai víz (a folyamatban felhasznált víz, ami reakció indít, vagy fenntart oldat készítésében vagy reagensek bekeverésében, ill. hígításában részt vesz)
Mother liquor	Anyalúg (olyan szennyvízáram, amely vegyi szintézisből reakcióból származik, általában erősen szennyezett termékkel, nyers anyaggal, vagy melléktermékkel)
Start-up, shut down operations	Indítási-, leállítási műveletek (egy berendezés egységet, folyamatrészt vagy tartályt működésbe, vagy azon kívül helyező művelet, de rendeltetésszerűen váltakozó üzemállapotok nem tekintendők ilyeneknek [cww/tm/88].
Substance	Anyag, komponens (kémiai elem, ill. vegyületei a Direktíva 2(1) cikkelye szerint)
Substantial change	Lényeges változás (olyan működésbeli változás, amely illetékes hatóság szerint számottevő káros hatású lehet emberre és környezetre, a Direktíva 2(1) cikkelye szerint)
Volatile organic compound	Illószerves anyag(olyan szervesanyag, amelynek gőznyomása 20°C-on 0,01 kPa feletti, vagy használatának körülményei között hasonló illékonyságú [cww/tm/88])
Waste gas	Véggáz (gázkiömlés, amely illószerves anyagot vagy egyéb szennyezőket tartalmaz és kéményből vagy szennyezés csökkentő berendezésből lép ki levegőbe [cww/tm/88])
Waste water	Szennyvíz (szennyezett vízáram, amely vegyipari eljárásból, technológiai vízhasználattal járó termék előállításból, nyersanyag előkészítésből, berendezés tisztításból, tárolási, törlési műveletekből származik. Esővíz és használt hűtővíz a tagországok állásfoglalása miatt nem tartozik ide, ezeket és szükséges kezelésüket máshol; hűtővizüket az Ipari Hűtőrendszerek című BREF dokumentumban tárgyalják.)