

Szennyvíztisztítás

A hagyományos és természetközeli szennyvíztisztítási rendszerek

Mi a vízszennyezés?

- Minden olyan hatás, amely a felszíni és felszín alatti vizek minőségét olyan mértékben változtatja meg, hogy a víz alkalmassága emberi használatra, és a benne végbemenő biológiai folyamatok fenntartására csökken, vagy megszűnik.



Szennyvíz típusok

- Városi vagy kevert szennyvíz
 - Háztartási
 - Intézményi
 - Ipari
- Mezőgazdasági

Technológiai jellemzők

- Szennyvíziszap koncentráció [kg/m^3]
Az az iszaptömeg, ami $1m^3$ levegőztető medencében lévő szennyvízben mérhető
- Iszaptérfogat [m^3]
Adott idő alatt mennyi szilárd anyag ülepedik ki 1 liter szennyvízből
- Iszapkor [nap]
Az a mutatószám, amely megmutatja, hogy a szennyvíztisztító rendszerből mennyi idő alatt ürül ki a figyelt részecske

Technológiai jellemzők

- Iszapterhelés

1 kg eleveniszapra 1 nap alatt mennyi BOI5-ben kifejezett szerves anyag jut

- Recirkulációs arány

A nap közben visszavezetett eleveniszap és a szennyvíz együttes milyen mértékű a napi szennyvízhozamhoz képest

- Mohlman index

Mekkora térfogatot tölt be 1 g iszap

Szennyvíztisztítási módszerek

Sorrend	Eltávolítandó komponens	Módszer
első rendű	szervesanyag részecskék, pelyhes állapotú részecskék	mechanikai tisztítás
másod rendű	oldott szerves anyag	eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás
harmad rendű	egyéb	fizikai és/vagy kémiai tisztítás

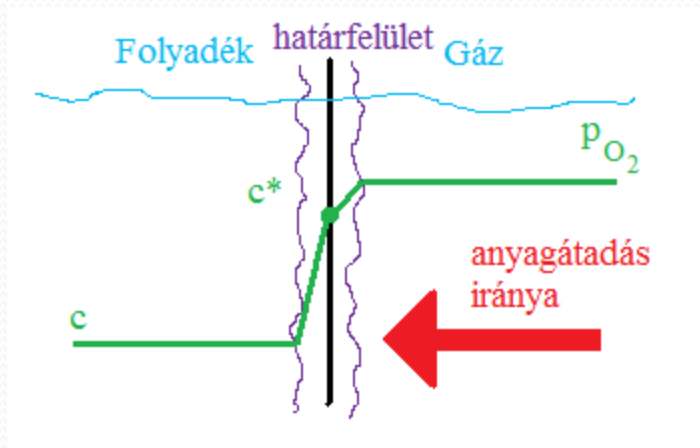
Mechanikai szennyvíztisztítás

- Gáz-folyadék eljárás

1. Abszorpció

Vízben rosszul oldódó gázok esetén

Anyagátadás helye: folyadék filmen



Henry-törvény:

$$c^* = p_{O_2} / H_e$$

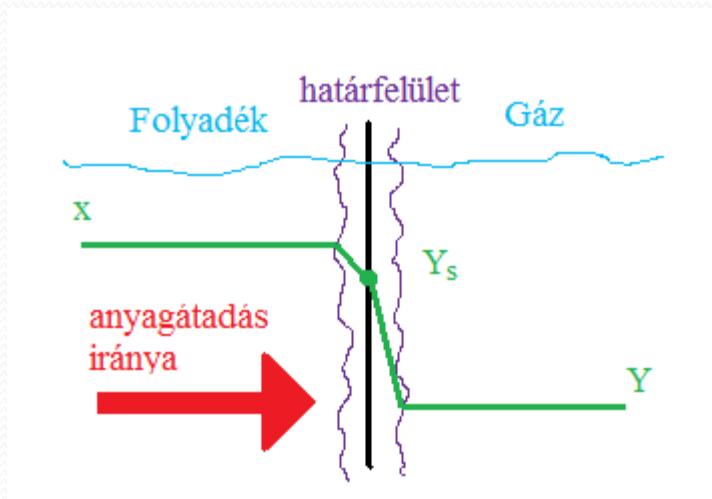
Mechanikai szennyvíztisztítás

- Gáz-folyadék eljárás

- 2. Deszorpció

Vízben való kioldódás

Anyagátadás helye: gáz fázisban



Henry-törvény:

$$Y_s = H_e \cdot x$$

Mechanikai szennyvíztisztítás

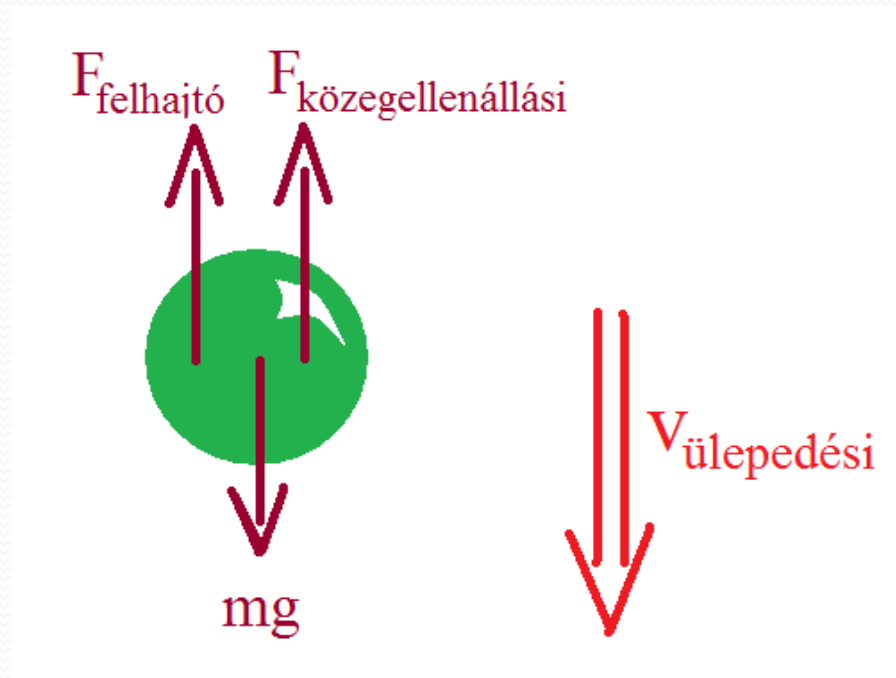
- Szilárd-folyadék elválasztás
 1. Ülepítés

$$\rho_{\text{részecske}} > \rho_{\text{víz}}$$

Stokes-törvény:

FELTÉTELEK

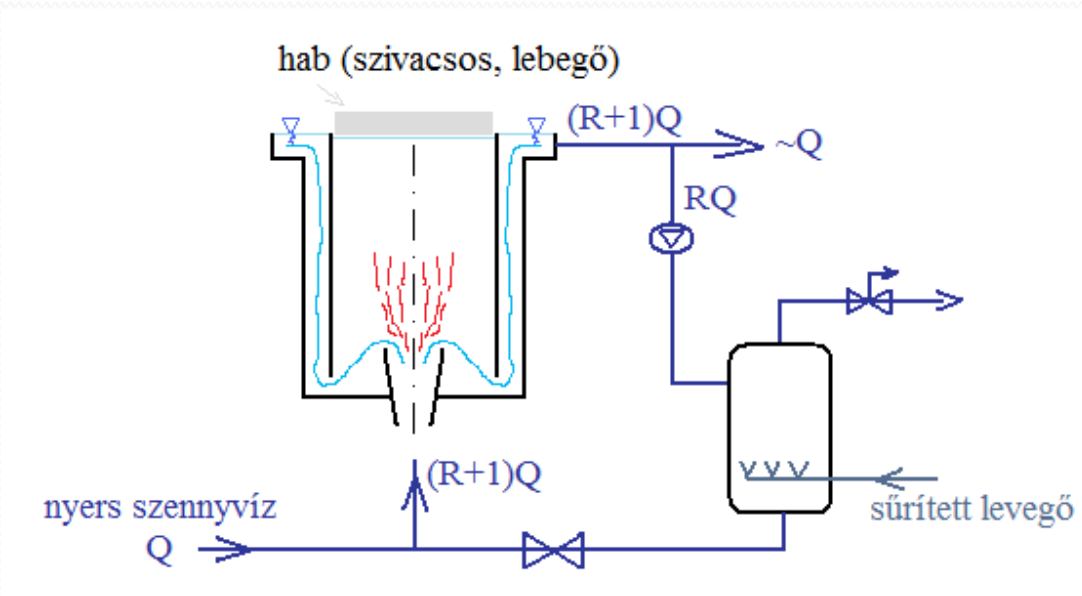
- Gömb alak
- Azonos részecskeátmérő
- Nincs üledés gátlás



Mechanikai szennyvíztisztítás

- Szilárd-folyadék elválasztás

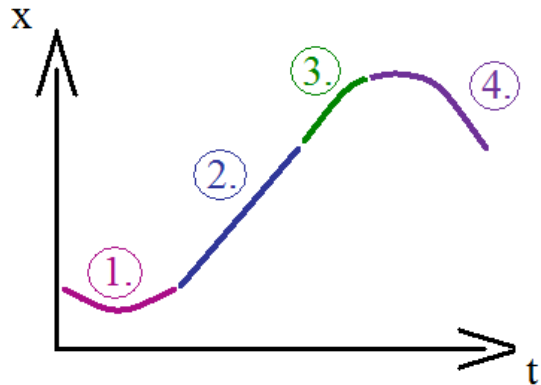
2. Flotálás



- A részecskéket fölülről választjuk el
- Stokes-törvény érvényes
- Lamináris áramlás
- $Re=1,13$
- Perforált cső
- Víz elektrolízise-
elektroflotáció
- levegődeszorpció

Biológiai szennyvíztisztítás

- Mikroba-szaporodási görbe lapos szakasza – ideálisan kevert medencék miatt

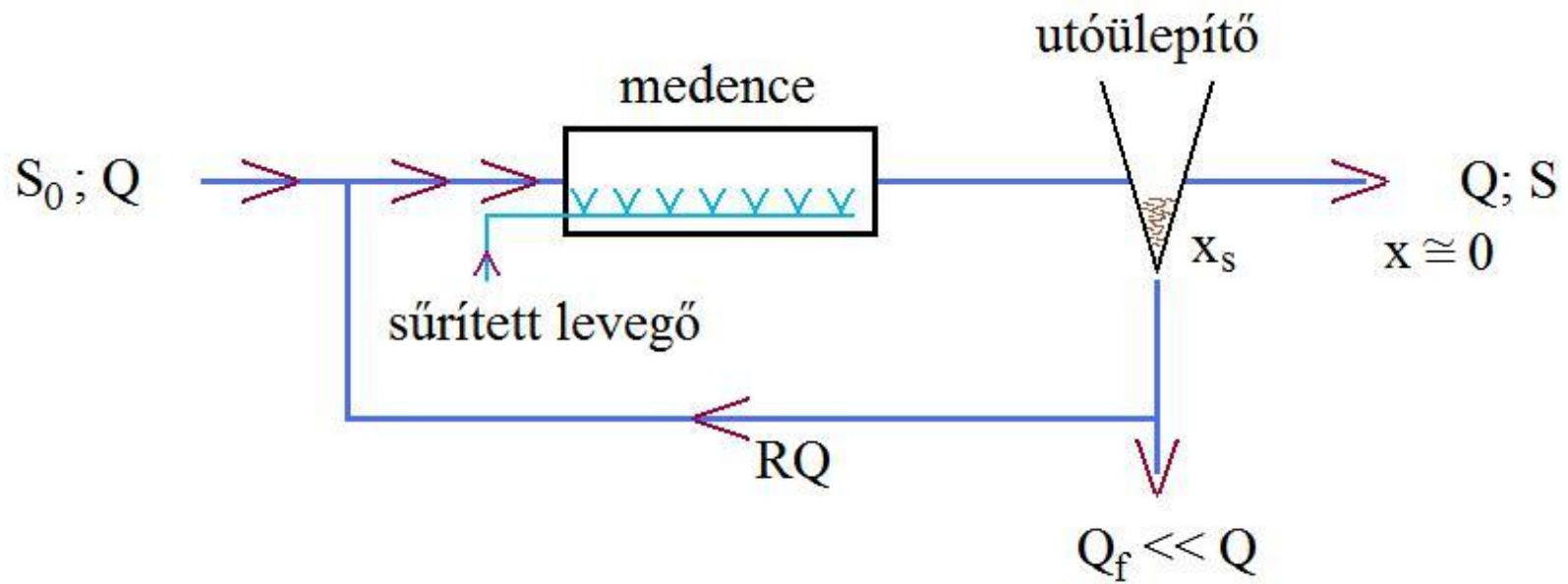


1. lappangási szakasz
2. exponenciális növekedés szakasza
3. csökkenő szaporodási sebesség szakasza
4. elhalás van a szaporodás mellett
(a görbe maximuma, majd csökkenő sejtszám)

- Kis tápanyag-koncentráció

Biológiai szennyvíztisztítás

- Eleveniszapos rendszerek



Biológiai szennyvíztisztítás

- Eleveniszapos rendszerek:
 - Szerves anyag eltávolítás
 - Aerob oxidáció
 - Nitrogén eltávolítás
 - Ammónia aerob biológiai oxidációja
 - Denitrifikáció
 - Foszfor eltávolítás
 - Vegyszeres kicsapás
 - Biológiai eltávolítás

Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

- Komponensek, amikkel nem tudtak mit kezdeni:

- NH_4^+ → hőmérsékleti problémák
- Detergensok (felületaktív anyagok) → az ipar után a lakosság körében is leterjedt használata
- Mérgező anyagok
- Mikroszennyezők
- Só

- Problémák

- Hidraulikai túlterheltség
- Eutrofizáció → oldott foszfor-vegyületek

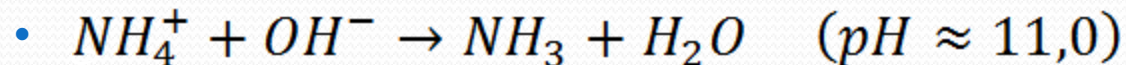


Kémiai kezelés

Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

- Megoldások

- NH_4^+ -ionra:



- Detergensekre:

- eltávolítás a szennyvíztisztító telepen
- mosószergyártóknál történő „beavatkozás”

- Biológiailag nem bontható vegyületekre:

- Aktívszenes adszorbens

- Lebegőanyagra:

- Homokszűrő

Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

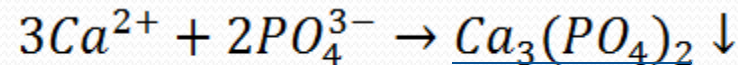
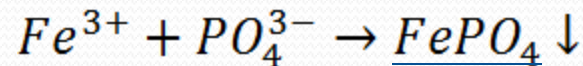
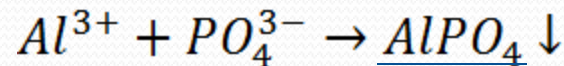
- Oldott sótartalomra:

- Ioncsere
- Reverz ozmózis (RO)

- Foszforra:

- Kémiai eltávolítás

A jól oldódó PO_4^{3-} -ionok rosszul oldhatóvá alakítása, majd fázisszétválasztással eltávolítása

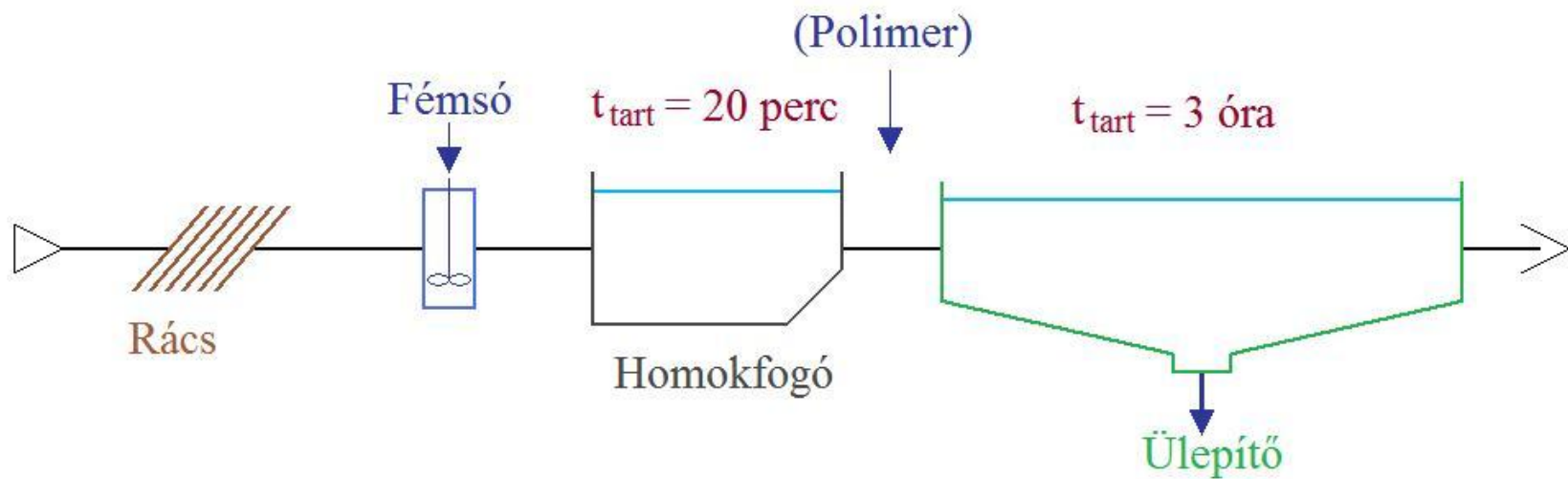


- Biológiai eltávolítás

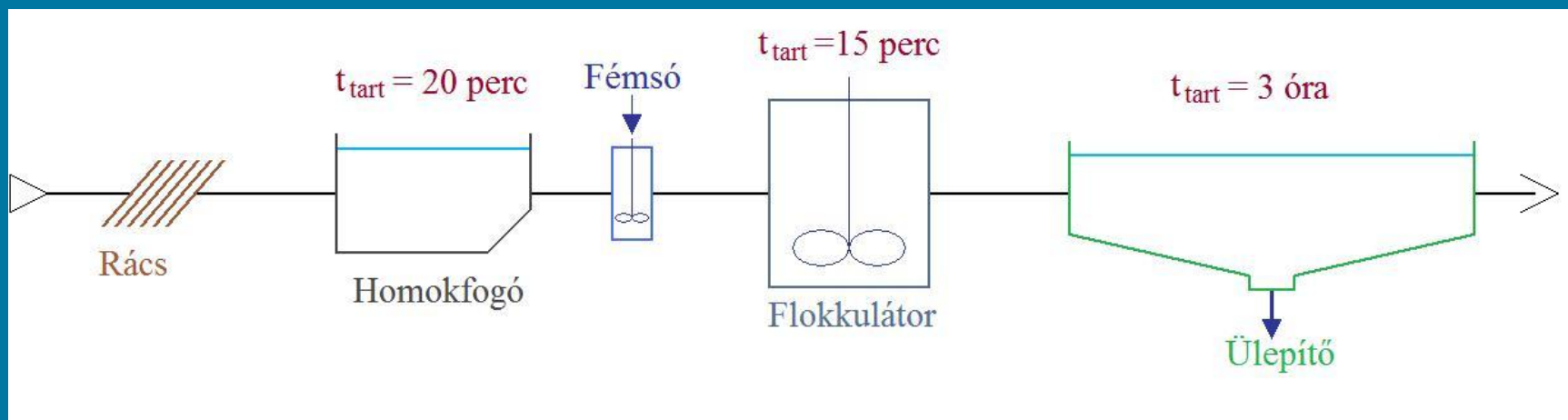
Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

- Kicsapás
 - CEPT - kémiai módszerrel intenzifikált mechanikai tisztítás
 - Közvetlen kicsapás
 - Előkicsapás – megfelelő biológiai szennyvíztisztítási rendszer intenzifikálása kémiai kezeléssel
 - Szimultán kicsapás
 - Utókicsapás

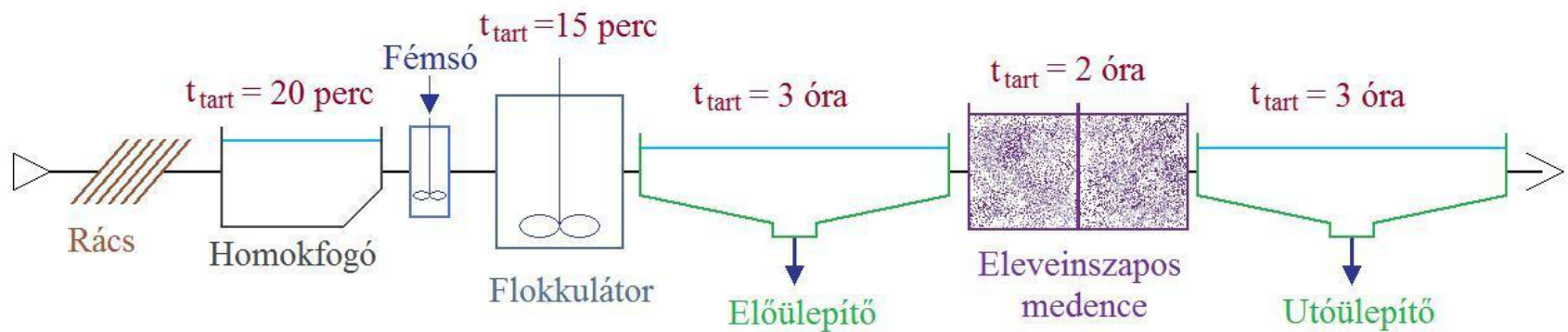
CEPT eljárás



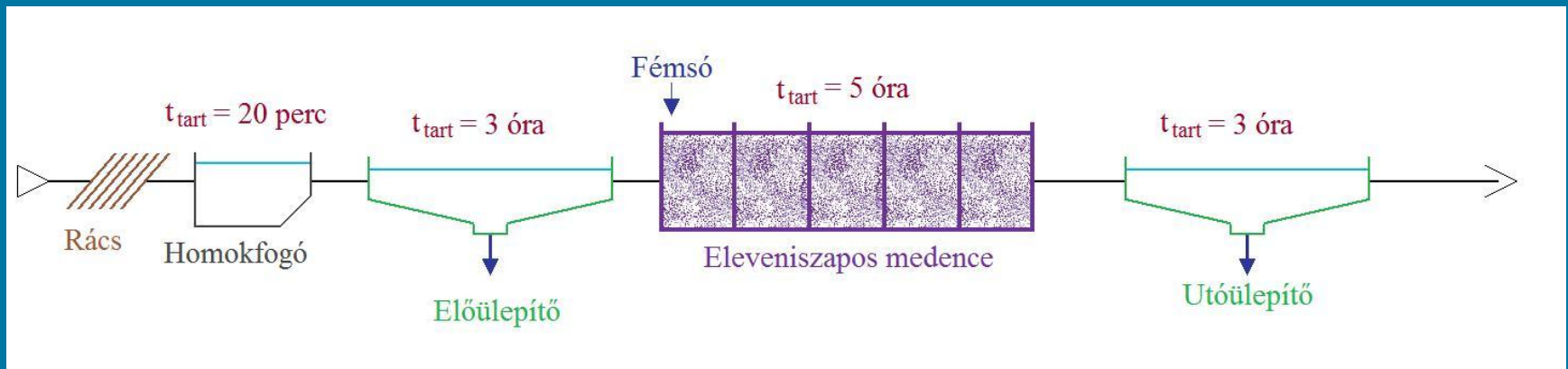
Közvetlen kicsapás



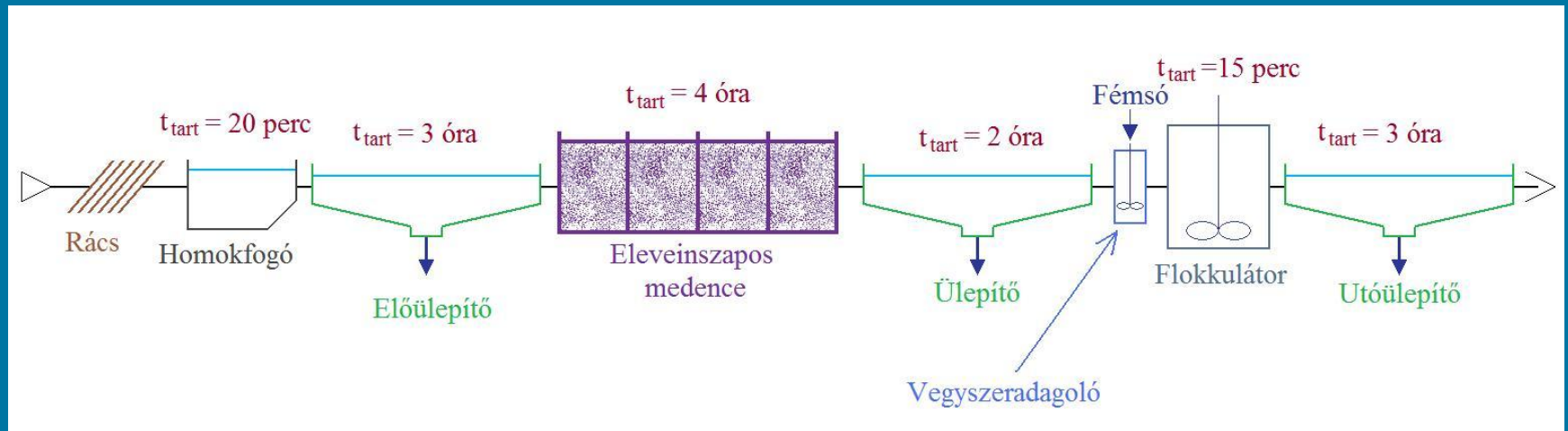
Előkicsapás



Szimultánkicsapás



Utóticsapás



Eltávolítási hatások

	Lebegőanyag eltávolítás hatásfoka [%]	Összes foszfor eltávolítás hatásfoka [%]	BOI ₅ -ben kifejezett szervesanyag eltávolítás hatásfoka [%]
CEPT	70	70-80	50
Közvetlen kicsapás	85	90	65-70
Előkicsapás	>90	95	>90
Szimultán kicsapás	>90	80-90	>90
Utókicsapás	>90	>95	>90

Természetközeli megoldások

Természetes szennyvíztisztítás

Definíció: olyan szennyvíztisztítási megoldás, mely során a baktériumok lebontó tevékenységét használják ki többlet energia ill. vegyszer hozzáadása nélkül

Előnyei

- környezetbarát technológiák;
- építési, működtetési és fenntartási költségük alacsony;
- energiaigényük kicsi;
- hatékony működtetésük különleges szakképzettséget nem igényel;
- szélsőséges üzemelési körülmények között is képesek működni;
- más célokra nem használható területeken is kialakíthatóak;
- esztétikusak.

Hátrányai:

- nagy a területigényük (a hosszú tartózkodási idő miatt);
- speciális követelmények (topográfia, talajtípus) merülhetnek fel;
- előfordulhat a tisztítási hatásfok szezonális változása, ez nehézségeket okozhat az elfolyó paraméterekre vonatkozó vízminőségi előírások folyamatos betartásában;
- beüzemelésük hosszú időt vehet igénybe (főként wetlandek esetében);
- az esetleges kivitelezési hibák sokáig rejtve maradhatnak.

Csoportosítás

- Szárazföldi rendszer

a szennyvizet talajra eresztik a szennyezőanyagok eltávolítása érdekében

- Vízi rendszer

olyan szennyvíztisztítási mód, amelyben vízi növényeket és állatokat használnak a tisztítás elérésére

- Wetland

olyan területek, ahol elegendő hosszú ideig van a vízszint a talaj felszínén, vagy a fölött ahhoz, hogy a talaj folyamatosan vízzel telített állapotban legyen és a területen vízi-mocsári növényzet fejlődhessen

Szárazföldi rendszer

- Lassú beszivárogtatás
 - Szennyvíz - öntözés - irrigation
- Gyors beszivárogtatás
- Csörgedezettetés
- Szikkasztás

Lassú beszivárogtatás

- A lassú beszivárogtatás a szennyvíz növényvel borított területen való elhelyezése. A tisztítás a víz talajon történő átszivárgása közben megy végbe.
- Előnyei:
 - az alkalmas talajok széles skálája,
 - talajvíz visszapótlás
- Hátrányai:
 - a többi szárazföldi módszernél nagyobb területigény (az alacsony terhelések miatt),
 - talajvízszennyezés veszélye

Lassú beszivárogtatás

- hidraulikus terhelés 1-15 mm/nap
- szervesanyag terhelés 50-500 kg/ha/nap
- nitrogén terhelés a növények szükségletétől függ
- Elfolyó: BOI < 2 mg/l, TSS < 2 mg/l, TN < 3 mg/l, TP < 0,1 mg/l
- foszforeltávolítás fő mechanizmusa: adszorpció és kiülepedés
- Víz területre vezetés technikája: felszíni, árkos vagy permetező

Szennyvízöntözés

- fő cél a növényzet (valamilyen haszonnövény) vízzel és tápanyaggal való ellátása, a szennyvíztisztítás másodlagos
- Előnyök:
 - alternatív vízforrás;
 - a tisztítási eljárás kombinálása a termeléssel;
 - a haszonnövények ellátása vízzel és tápanyaggal;
 - az adott terület mezőgazdasági értékének növelése;
 - a műtrágya szükséglet csökkentése
- Hátrányok:
 - az öntözött növényekre mérgező hatású összetevők előzetes eltávolítása szükséges,
 - szigorú egészségügyi és környezeti szabályozások a lehetséges szennyeződésekre és mérgező összetevőkre

Gyors beszivárogtatás

- A tisztítás mechanizmusa nagyjából megegyező a lassú beszivárogtatásával. A szennyvíz mindkét rendszerben fizikai, kémiai és biológiai folyamatokban vesz részt a talajban.
- előnyei:
 - más szárazföldi módszerekhez viszonyítva kis területigény;
 - hidegebb éghajlaton is alkalmazható;
 - talajvíz visszapótlás.
- hátrányai:
 - nyitott rendszer

Gyors beszivárogtatás

- szennyvizet egy talajjal kitöltött földmedencébe engedik
- a szennyvíz a talajon való átszivárgás során tisztul meg
- talaj szemcseeloszlása fontos
- legjobb talajok a viszonylag durva textúrájúak (agyagos iszapok, iszapos homokok)
- növényzet nincs - terhelés túl magas ahhoz, hogy a tápanyagfelvételnek jelentős hatása lehessen az eltávolításban
- rendszerint utótisztító, vagy mechanikailag előtisztított szennyvíz tisztítására használják
- 1-3 nap elárasztás, 5-10 nap száradás

Csörgedezettetés

- a szennyvíz egy megfelelő lejtésű, fűvel borított, teraszosított lejtőn folyik le. A tisztítási folyamatok a kiülepedés, a szűrés, az adszorpció valamint a mikrobiális átalakítás és lebontás
- Előnyök:
 - a lassú beszivárogtatásnál kisebb területigény a magasabb hidraulikai terhelés miatt;
 - előtisztításként csak szűrés szükséges,
- Hátrányok:
 - megfelelő domborzati viszonyok szükségesek a kialakításához;
 - talajvízszennyezés veszélye

Szikkasztás

- három részből állnak: előülepítő, oxidációs medence, felszín alatti elosztó csőhálózat
- hidraulikus terhelésük 0,4-4,9 cm/nap
- szervesanyag, lebegőanyag és a foszfor eltávolítása közel 100 %-os
- az ammónia teljes mértékben nitrifikálódik, az összes nitrogén eltávolítása kb. 40%
- ritkán lakott területeken megfelelő megoldás

Vízi rendszer

- Lagúnák és tavak

egy vagy több nyílt vízfelszínű, szigetelt medencéből állnak. Miközben a szennyvíz átfolyik rajtuk, a szennyezőanyagokat mikroorganizmusok lebontják

- Anaerob

- Aerob

- Levegőztetett

- Úszónövényes - floating plant system

Lagúnák, tavak

- Anaerob
 - Átlagos mélység 2,5-5 m, tartózkodási idő 20-50 nap
 - savképződés és anaerob bontás
 - erősen terhelt ipari és mezőgazdasági szennyvizekre
- Aerob
 - sekélyek (30-60 cm), tartózkodási idő 2-6 nap
 - Oldott oxigén tartalom: algák fotoszintézise és a felszín átlevégőzése miatt
- Levegőztetett
 - mélysége 2-6 m, tartózkodási idő 3-10 nap
 - mechanikai levegőztetés vagy diffúzió

Úszónövényes

- a szennyvizet olyan medencékbe vezetik, ahol szabadon úszó növények vannak a víz felszínén. A tisztítás fizikai, kémiai és biológiai folyamatok során történik, ezek a nitrifikáció, a denitrifikáció, az ammónia volatilizáció, a növényi felvétel és a kiülepedés
- növények: békalencse, vizi jácint
- nyers szennyvíz és elsődleges kifolyó is tisztítható, vagy felhasználható másodlagos vagy akár harmadlagos tisztításra is.

Wetland

- Gyökérzónás

egy szigeteléssel ellátott medencéből vagy csatornából áll, amelyet porózus anyaggal töltenek ki. Ebben vízi-mocsári növényzet nő. A víz szintje megfelelő működés esetén a felszín alatt marad. Az áramlás iránya vízszintes, vagy függőleges lehet.

- Szabad felszínű

az előzőhöz hasonlóan egy szigeteléssel ellátott medencéből vagy csatornából áll, amelynek talajában vízi-mocsári növényzet nő. A rendszeren kis mélységű víz folyik át, nyílt felszínnel.

Szabad felszínű wetland

- Előnyök:
 - a szennyezők eltávolítása a talajhoz és a növényi hulladékhoz szorbeálás által;
 - a szennyezők mikroorganizmusok általi átalakítása és lebontása;
 - helyi anyagokból vagy azok felhasználásával építhetők;
 - tájba illeszkednek és teret nyújtanak az élővilágnak
- Hátrányok:
 - hideg időben hatásfokcsökkenéssel kell számolni;
 - hosszú beüzemelési idő (míg a növényzet ki nem fejlődik, a hatásfok nem teljes).

Gyökérzónás

- A gyökérzónás rendszerekben (nevezik nádágyas, gyökérmezős, talajszűrő árkos módszernek is)
- a szennyvíz a rhizómákkal sűrűn átszőtt talajon történő átfolyás során tisztul meg
- A növényi tápanyagok eltávolítása növényi felvétel, talajszemcsékhez kötődés és biológiai folyamatok során megy végbe.
- A szervesanyagok eltávolításában biológiai folyamatok vesznek részt
- a lebegőanyagok eltávolítása szűréssel

Gyökérzónás

- Előnyök:
 - magas BOI és TSS eltávolítás;
 - szag és fertőzésveszély kicsi;
 - jó oxigénellátottság a növények által
- Hátrányok:
 - Lassan fejlődik ki a növényzet
 - eltömődésveszély
- Növények: nád, gyékény, sás

Összehasonlító táblázat – működési jellemzők

TÍPUS	KAPACITÁS m ³ /nap	HIDRAULIKUS cm/nap	FAJLAGOS FELÜLET m ² /lakos
Gyökér- mezős	1-200	0,87-26,0 (7,8)	0,9-23,0 (5)
Úszó vízi- Növényes Nádastó	49-2248	2,4 (10)	19,1 (3,1)
Gyors homok- Szűrés Talajszűrés	337-4147	1,4-22,3 (7)	5,1-11,7 (8,2)
Öntözés	303-48000	23-56	
	303-18925	0,6-3,0	
		0,14-1,6	

Összehasonlító táblázat –

hatásfok

Típus	BOI ₅	Lebegő- anyag	Összes P	Összes N
Gyökérmezős	51-95 (80)	60-98 (80)	10-88 (40)	11-94 (40)
Úszó vizinövényes	10-94 (80)	20-95 (80)	14-72 (40)	16-67 (50)
Nádastó	51-89 (80)	60-93 (80)	12-65 (50)	15-81 (50)
Gyors homokszűrés	80		93	69

Összehasonlító táblázat - eü

Típus	Baktérium	Vírus
Ülepítés	0-1	0-1
Eleveniszapos rendszer	0-2	0-1
Lagúna	1-2	1-2
Stabilizációs tó	1-6	1-4
Fertőtlenítés	1-6	1-4