

Szennyvíztisztítás

A hagyományos és természetközeli szennyvíztisztítási rendszerek

Zöld Zsófia, Környezeti mikrobiológia és biotechnológia

Mi a vízszennyezés?

- Minden olyan vízbe került anyag vagy vízre gyakorolt hatás, amely a felszíni vagy 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 megadja, hogy a szennyvíztisztító rendszerből mennyi idő alatt ürül ki a figyelt iszaprészecke

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
elsőrendű	szervesanyag részecskék, pelyhes állapotú részecskék	mechanikai tisztítás
másodrendű	oldott szerves anyag	eleveniszapos biológiai szennyvíztisztítás
harmadrendű	egyéb	fizikai és/vagy kémiai kezelés

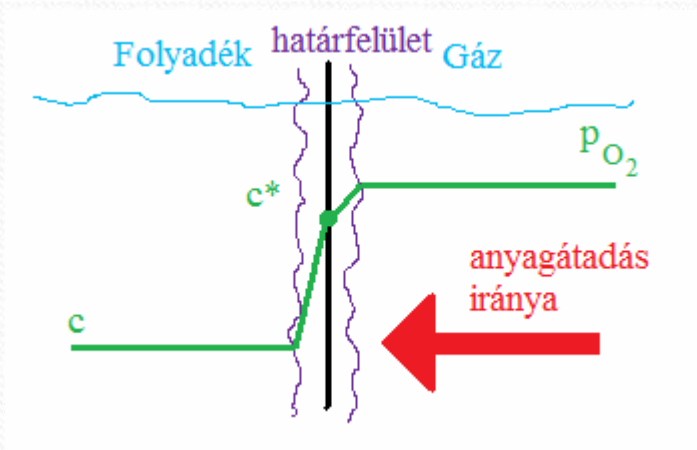
Mechanikai szennyvíztisztítás

- Gáz-folyadék eljárás

1. Abszorpció

Vízben rosszul oldódó gázok esetén

Anyagátadás helye: folyadék filmen



Henry-törvény:

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

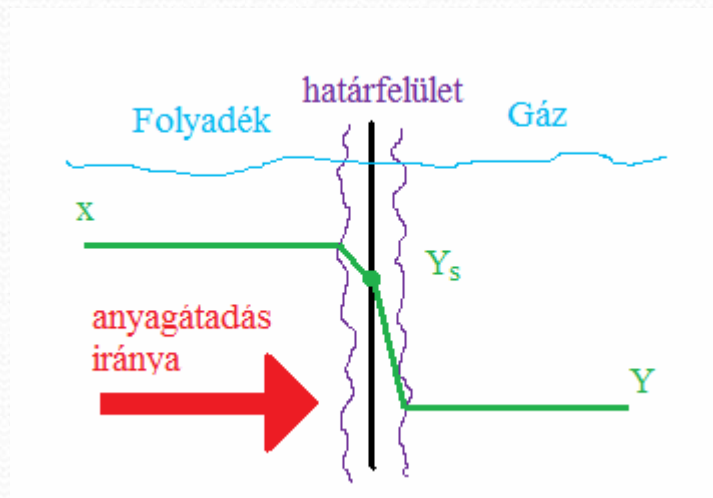
Mechanikai szennyvíztisztítás

- 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

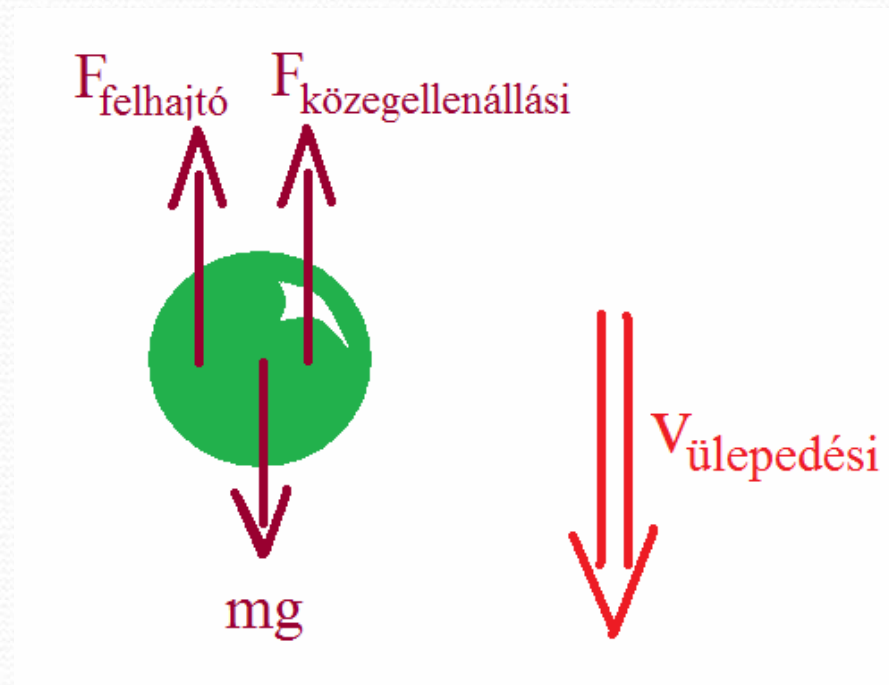
1. Ülepítés

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

Stokes-törvény:

FELTÉTELEK

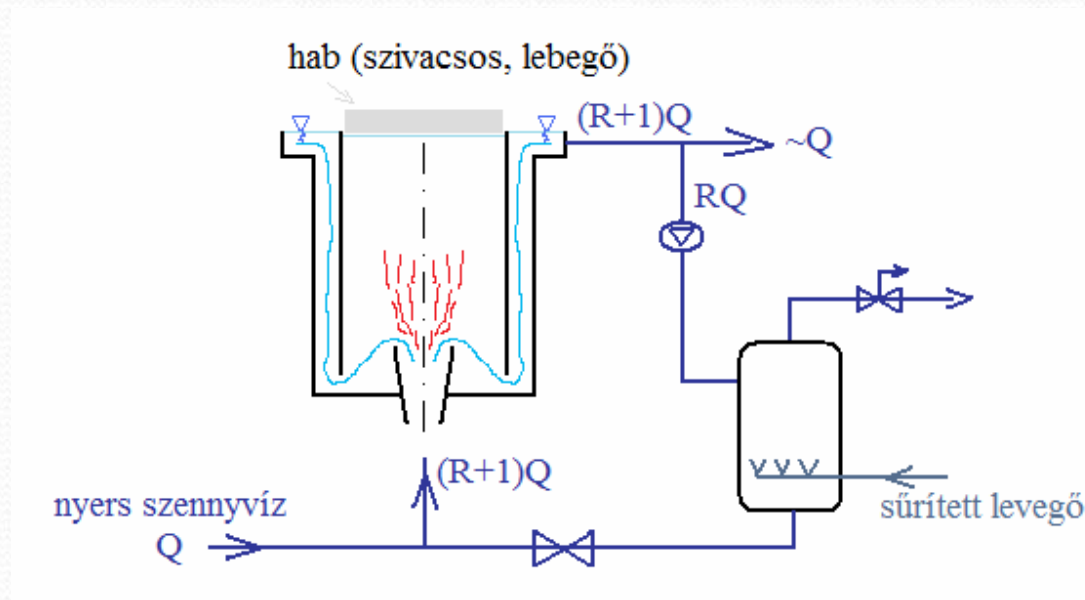
- Gömb alak
- Azonos részecskeátmérő
- Nincs ülepedés gátlás



Mechanikai szennyvíztisztítás

- Szilárd-folyadék elválasztás

2. Flotálás

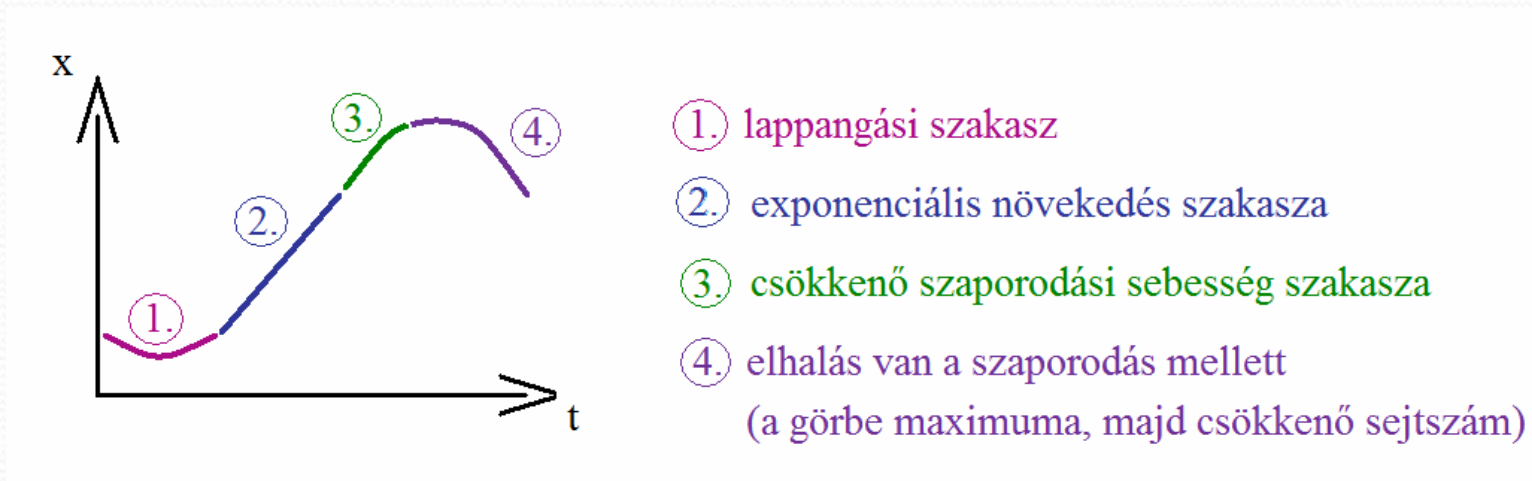


szennyvíztisztítás

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

Biológiai szennyvíztisztítás

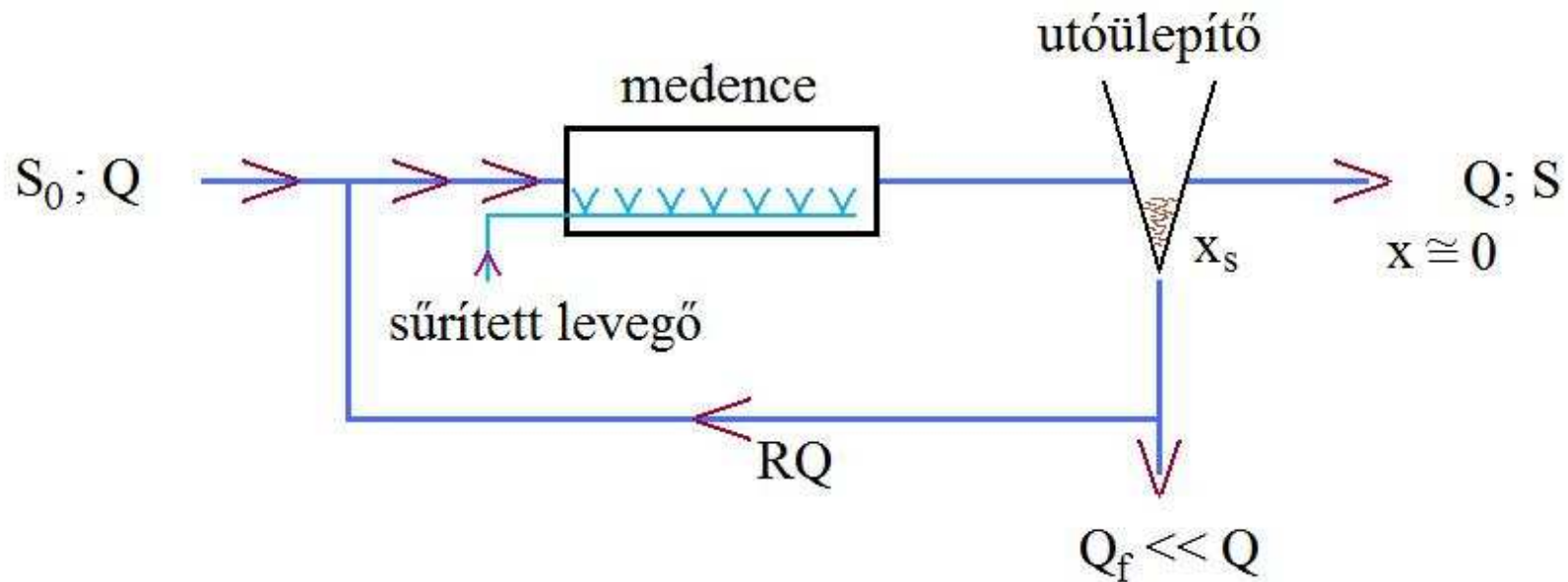
- Mikroba-szaporodási görbe lapos szakasza – ideálisan kevert medencék miatt



- 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
 - Mikroszennyező anyagok
 - Só
 - Problémák
 - Hidraulikai túlterheltség
 - Eutrofizáció → oldott foszfor-vegyületek
- } → Kémiai kezelés

Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

- Megoldások

- NH₄⁺ -ionra:



- Detergensekre:

- eltávolítás a szennyvíztisztító telepen
- mosószergyártóknál történő „beavatkozás”

- Biológiailag nem bontható vegyületekre:

- Aktívszenes adszorbens

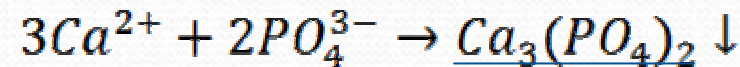
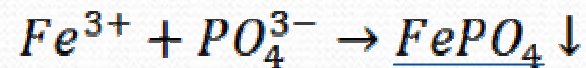
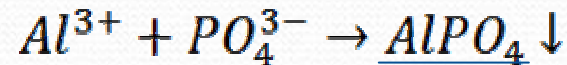
- Lebegőanyagra:

- 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

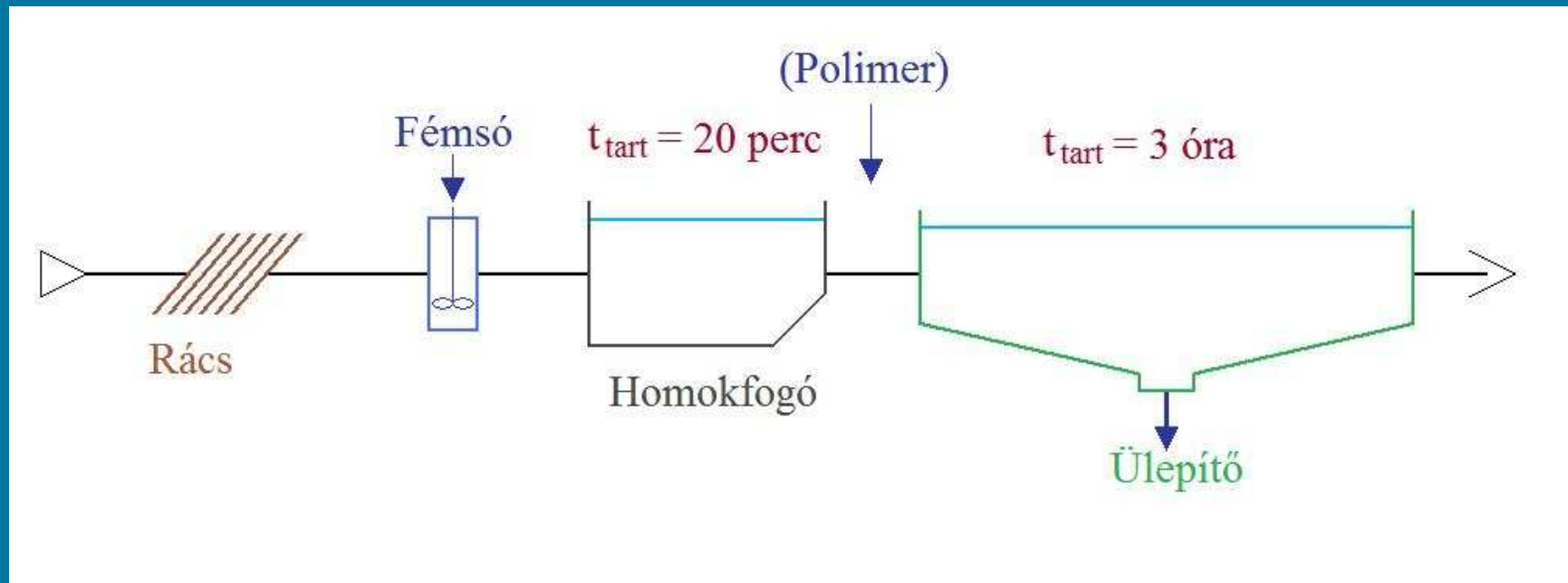


- Biológiai eltávolítás

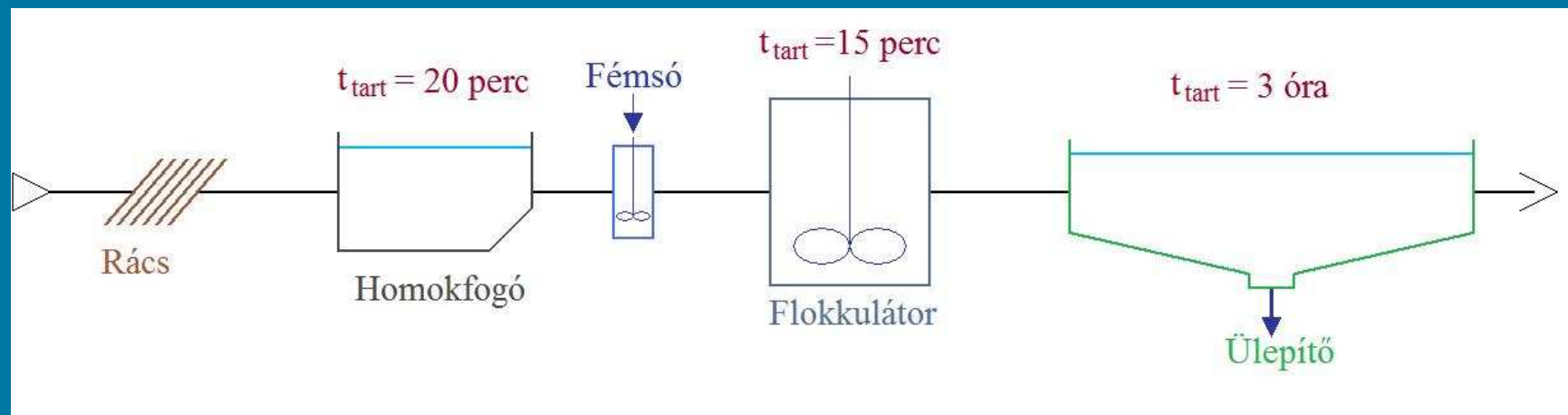
Szennyvíztisztítás harmadik fokozata

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

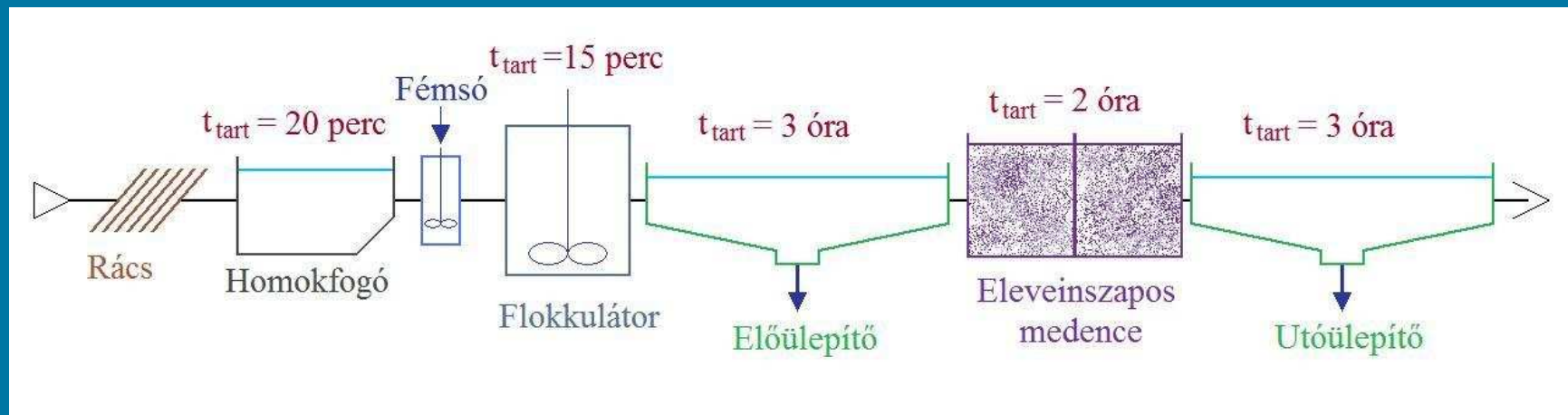
CEPT eljárás



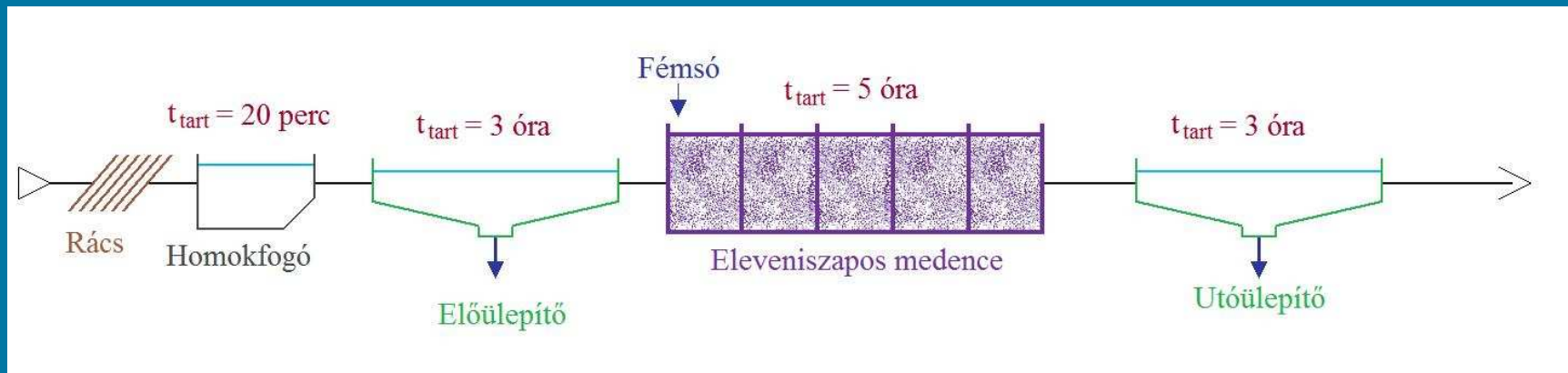
Közvetlen kicsapás



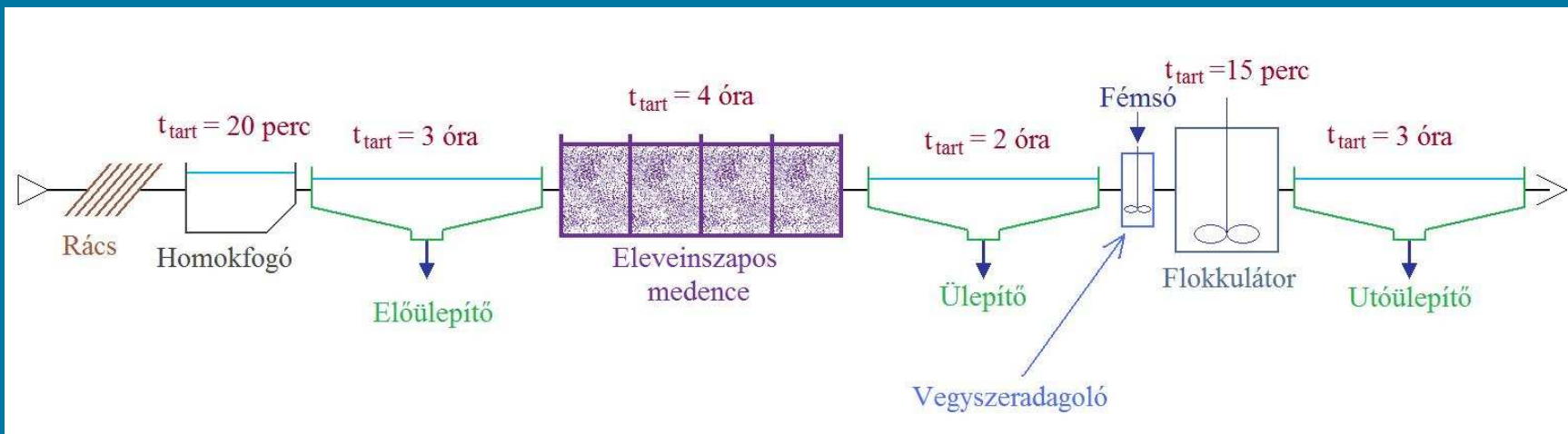
Előkicsapás



Szimultánkicsapás



Utóticsapás



Eltávolítási hatások

	Levegőanyag 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, melynek során a baktériumok lebontó tevékenységét és a növények tápanyagfelvételét, valamint a kialakuló komplex szárazföldi vagy vízi ökoszisztémát használják ki többlet energia ill. vegyszer hozzáadása nélkül. Ezeket passzív technológiáknak is nevezik.

Előnyei

- környezetbarát technológiák;
- építési, működtetési és fenntartási költségük alacsony;
- energiaigényük kicsi;
- hatékony működtetésük különleges szakképzetséget 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 hatások szezonális változása, ez nehézségeket okozhat az elfolyó paraméterekre vonatkozó vízminőségi előírások folyamatos betartásában;
- beüzemelésük hosszú időt vehet igénybe (főként mesterséges lápok esetében);
- az esetleges kivitelezési hibák sokáig rejtve maradhatnak.

Csoportosítás

- Szárazföldi rendszer

a szennyvizet talajra eresztik a szennyezőanyagok vízből történő eltávolítása érdekében. A bonthatóakat a talajmikroorganizmusok elbontják, a fémeket és a perzisztens szerves anyagokat a talaj és/vagy a gyökérszóna kiszűri.

- Vízi rendszer

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

- Mesterséges lápok

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
- Gyors beszivárogtatás
- Csörgedezettetés
- Szikkasztás

Lassú beszivárogtatás

- A lassú beszivárogtatás a szennyvíz növényel 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 kisebb 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: $\text{BOI} < 2 \text{ mg/l}$, $\text{TSS} < 2 \text{ mg/l}$, $\text{TN} < 3 \text{ mg/l}$, $\text{TP} < 0,1 \text{ mg/l}$
- 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

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 elpárologtatás, 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.

Mesterséges lép

- 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 mesterséges lép

- Előnyök:
 - a szennyezőanyagok eltávolítása a talajhoz és a növényi hulladékhoz kötődés által;
 - a szennyezőanyagok mikroorganizmusok általi átalakítása és lebontása;
 - helyi anyagokból vagy azok felhasználásával építhetőek;
 - 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 történik

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-növény	49-2248	2,4 (10)	19,1 (3,1)
Nádastó	337-4147	1,4-22,3 (7)	5,1-11,7 (8,2)
Homok-szűrés	303-48000	23-56	
Talajszűrés	303-18925	0,6-3,0	
Öntözés	szennyvíztisztítás	0,14-1,6	

Összehasonlító táblázat – eltávolítási hatások (%)

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