

# **Az iszap szerkezetének, flokkulációs, granulálódási hajlamának változása az üzemeltetéssel**

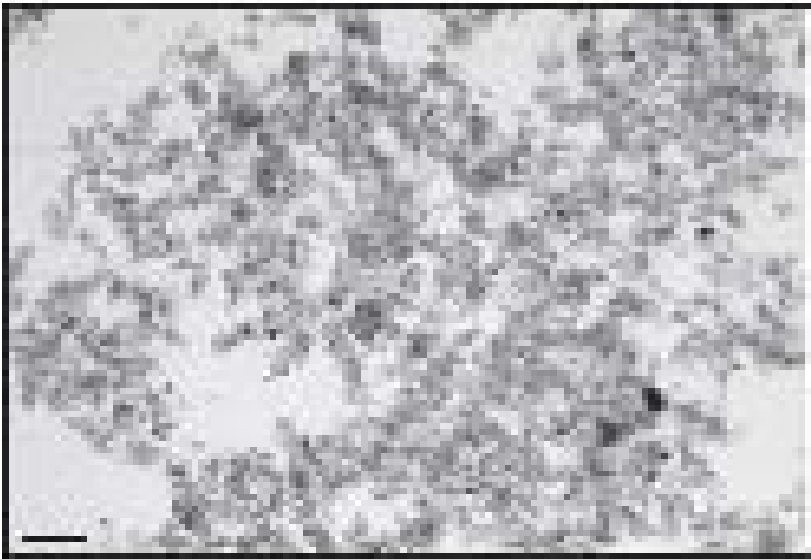
- amit tudunk, vagy sejtünk az iszapgranulációról –**
- de mögötte sok mindenről fogalmunk sincs -**

**Pitás Viktória (A) – Kárpáti Árpád (A) - Thury Péter (B)**

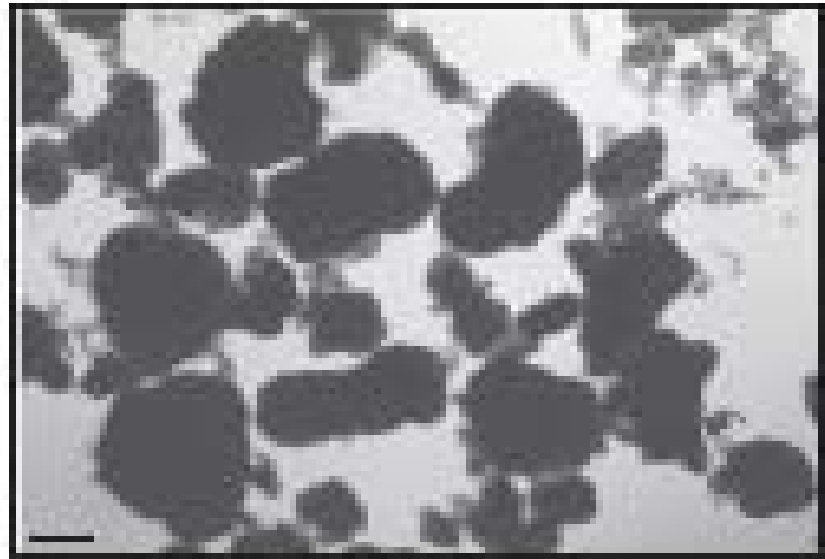
A - Pannon Egyetem; B – PureAqua Kft. – Veszprém

**MASZESZ - 2019. Október 9.**

CAS



AGS



Hagyományos eleveniszap (AS) és az aerob iszap (AGS) mikroszkópos képe 40-szeres nagyításban (a méretjelző vonalka 0,2 mm) (Franca et al., 2018).

# Eleveniszap szerkezet a szennyvíztisztításban

A szennyvíziszap mikroorganizmusai dinamikus koagulumok

Pelyhesedésükért számos fajtájuk fonalszerű kinövései, kapcsolói, valamint a felületüket borító EPS anyag a felelős.

Méretük, megújulásuk a keverés függvénye, 3-8 g/l kevert iszap szártartalmánál jó keverésnél 30-130 mikron (Fleit E).

Keverés hiányában flokkulálnak, sűrűsödnek, ülepednek.

Spontán sűrűsödésük mintegy 10-12 g/l-ig történik.

# **Mezofil granulálódás az anaerob szennyvízkezelésnél**

1970-71 körül cukoripari szv anaerob kezelésénél.

Mezofil, iszapréteges reaktorokban jelentkezett (Lettinga).

Ebből fejlődtek ki az expandált ágyas megoldások, melyek sokféle döntően oldott anyag tartalmú koncentrált ipari víz előkezelésére sikeresek lettek (Paques).

Térfogati kapacitása iszapgranulációval az eleveniszapos rendszerekének a tízszerese (kg KOI eltávolítás/m<sup>3</sup>d).

Nem granulált iszappal is 5-7-szerese (Kaposvári Cukorgyár)

## **Pszihrofil iszapgranuláció aerob tisztítóknban (AGS)**

1990 -től – iparosítva csak 15 év múlva.

A lakosságinál töményebb ipari szennyvizekkel kedvezőbb.

Szükséges a kialakulásához a ciklikus tápanyag bevitel, ciklikus levegőztetés és üleptítés (SBR üzemmód), megfelelő sebességű légbevitel / tisztított víz elvétel, célszerűen nagyobb vízmagasság és H/D arány.

Szerencsés esetben hagyományos, hosszanti medencés, előszelektoros, hosszanti SBR rektorban is kialakulhat.

# Iszapgranuláció anammox ammónium eltávolításnál

Felfedezése 1985-től lépcsőzetesen (valójában 1990 után).  
Üzemesítve másfél évtized múlva (2004-2006).

Iszaprothasztás centrifugavízére bizonyult jónak,  
ami eleve meleg, vagy melegített (mezofilre).

SBR / ciklikus iszapvíz feladással – pirosas iszapgolyókkal.

Rövid ciklusos levegőztetés ( $\text{NH}_4$ / DO/nitrit/pH kontrol stabilizálásra).

Jelenleg hazánkban a csepeli szennyvíztisztítóban van.

# AGS felfedezésének, iparosításának története

AGS (Mishima et al. (1991)/ Morgenroth 1997

AGS (2004 – Munich - de Kreuk et al., 2005)

mikrobiális eredetű aggregátumok

üledés során nem koagulálnak

sokkal gyorsabb az üledésük mint az AS-é

$SVI_{30} \sim 1,1 \times SVI_{10}$

MO-kat AGS-ben EPS rögzíti mátrixba

nincs egyéb vázhordozó

részecskeátmérő  $> 0,2$  mm (de kreuk et al., 2005)

$SVI_{10} < 60-70$  ml/g TSS

Első igazi referencia üzem 2007

Nereda a legnagyobb üzem lakossági szennyvízre - 2013

# **Baktériumsejtek és exocelluláris termékeik (EPS) az aerob iszapgranulálódás meghatározói**

Prokarioták sejtközi állomány 80 %-a víz  
a szárazanyagának a 80 %-a fehérje  
a fehérje 6,24-ed része nitrogén  
ebből a sejtközi állomány 16 % N tartalmú  
a szennyvíziszap viszont csak 5-6 % N tartalmú.

Ezért az AS mintegy 40 %-a csak a sejtközi állomány  
60 % fele lehet a sejtfal és kapszula (EPS)  
30 % talán az élő és elhalt sejtanyag, 30 % az EPS.  
Eleveniszapnál is az EPS aránya jelentős az iszapban,  
ragasztó, vázhordozó és tápanyagtartalék.

AGS-nél részaránya AS-énél több, feladata jelentősen eltér.

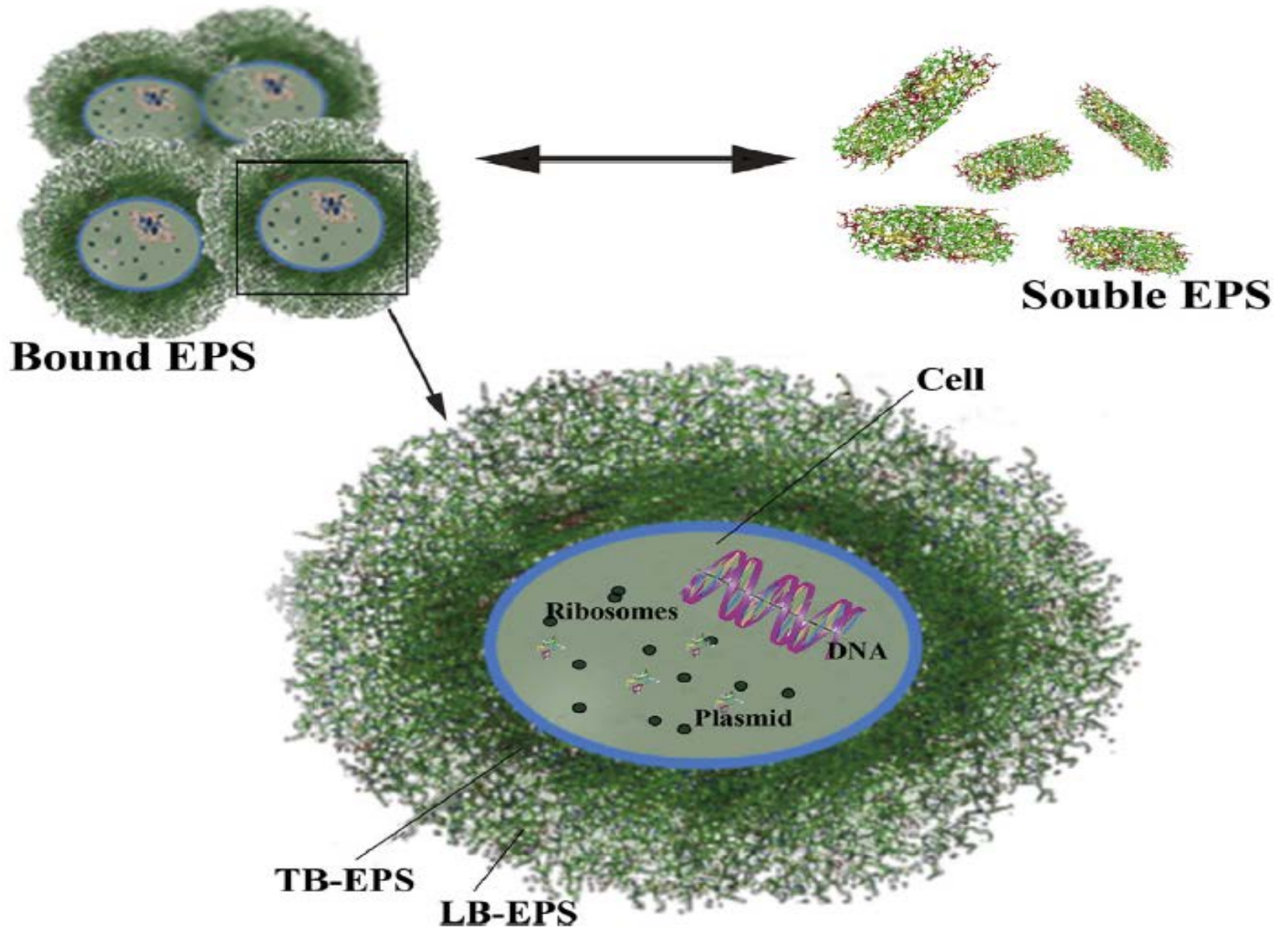


Fig. 1. Schematic of extracellular polymeric substances (EPS) structure.

## **Az SBR – jellemzően tankreaktor utóülepítő nélkül**

változó, szakaszos nyersvíz (tápanyag) betáplálással  
változó, ciklikus levegőztetéssel  
ezek a dózsolás és éhezés meghatározói  
előbb bőséges, majd minimális a tápanyag a vízben

## **Az AGS –nél anaerobban kell a tápanyag betáplálás**

max szaporodás és  $K_s$  a granulum belsejében  
tápanyag átalakítása /betárolása PHA-ként (P leadás)  
Min tápanyag aerobban / granulum nem fonalасodik

## **Szimultán denitrifikáció is döntően az anaerobban (PHA),**

Majd PHA oxidáció és P felvétellel az aerobban granulumban  
egyidejű nitrifikáció ugyancsak a granulumban

## **PAH MO-k lassan szaporodó, aggregátum képzők**

# Ciklikus tápanyag betáplálás és levegőztetés

Betáplálás hosszanti medencéknél a szelektortéren át, de körmedencéknél akár a fenéken az iszap alá is történhet.

Ugyanez akár folyamatos tisztított víz kiszorítást is biztosíthat az ülepitési ciklusban (Nereda).

Iszapon keresztül betáplálva jobb a tápanyag anaerob felszívása, betárolása a sejtekbe (PHA).

Ezzel a foszforciklus és denitrifikáció is jobb lesz, részben anaerobban a nitráttal, majd az oxigénnel is gyorsulhat.

## Gyors ülepités – AS versus AGS

AS-nél 7-10 m/h

GAS-nál 25-70 m/h

AS-nél nagyobb ülepitési idő kell

GAS-nál kisebb, így az ülepitő térfogat igénye is kisebb

Reaktor geometria AGS-nél: H/D javasolt 5-20 m/m  
a gyakorlatban  $H \sim 7-8$  m

AGS-nél SVI gyakorlatban 30-70 ml/g TSS

AS esetében 130-150 ml/g TSS

AGS iszapkoncentráció a teljes térfogatra  $\sim 8-10$  gMLSS/l

# AGS minőségét befolyásoló tényezők

szennyvízminőség,

szerves anyag terhelés,

DO - profil és koncentrációk

EPS termelés,

kétértékű kationok (Ca, Mg Fe) jelenléte

hidrodinamikus nyíróhatás (levegőztetés)

gázfeláramlás  $> 1,2$  cm/sec

Gyors ülepités (2-10 perc) SSV  $> 4$  m/h

elfolyó víz KOI  $> 75$  mg/l (éhezési ciklus)

# Tápanyagminőség hatása

## Szerves- C

max szaporodási sebesség és  $K_s$  fordított arányban van a  
granulum sűrűségével,

PHA beépítés és felhasználás ugyanakkor lassú  
ez jó granulációt biztosít,

PAO-k szaporodása gyorsabb mint GAO-ké,  
acetát jobb mint a cukor (fonalásodás gerjesztő),  
kisebb molekulákkal gyorsabb PHA termelés

## DO bevitel

DO koncentráció biztosítás levegőztetéssel,  
levegőztetés hidrodinamikai nyíróhatás,  
keresztmetszetre számított gázfeláramlás  $>1,2$  cm/sec kell.

DO penetráció dőzsölő/éhező szakaszban alapvetően eltérő.

## AGS Lsp – f(X)

$X \sim 4-15 \text{ gVSS/l}$

$L_v \sim 2-2,5 \text{ g KOI/l d}$

$L_{sp} \sim 0,25-0,30 \text{ g KOI/gVSSd}$

$\sim 0,15-0,2 \text{ g BOI}_5 / \text{gVSSd}$

AS Lsp  $\sim 0,1-0,15 \text{ g BOI}_5 / \text{gVSSd}$

## EPS termelés

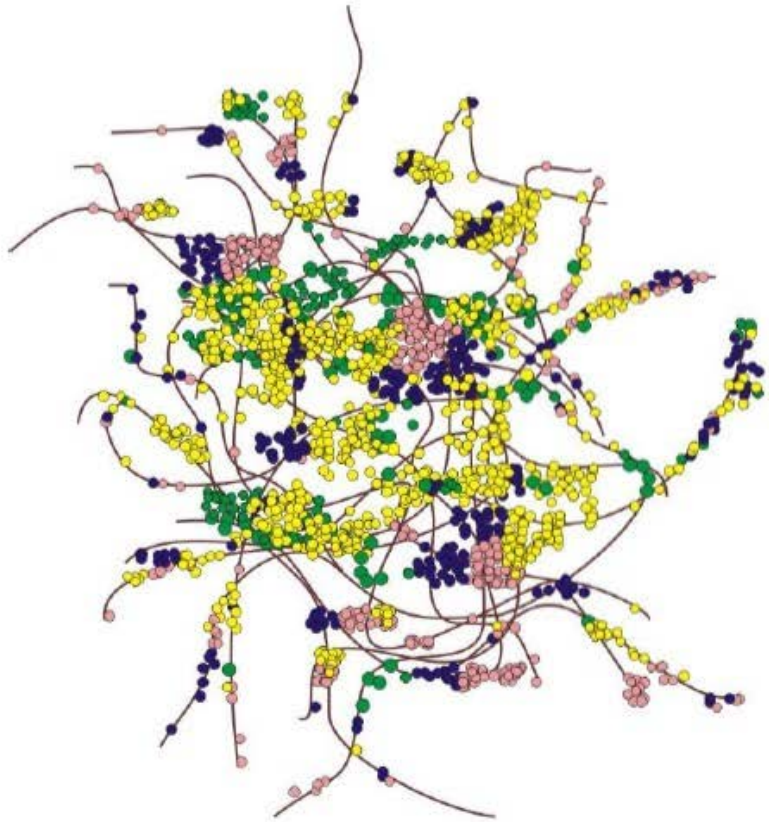
fehérjék, poliszaharidok, zsírok, glikoproteinek,  
nukleinsavak, huminszerű anyagok

gélszerű ragasztóanyag és tápanyagtartalék is

Kétértékű kationok – Ca, Mg - aggregáció gyorsítók

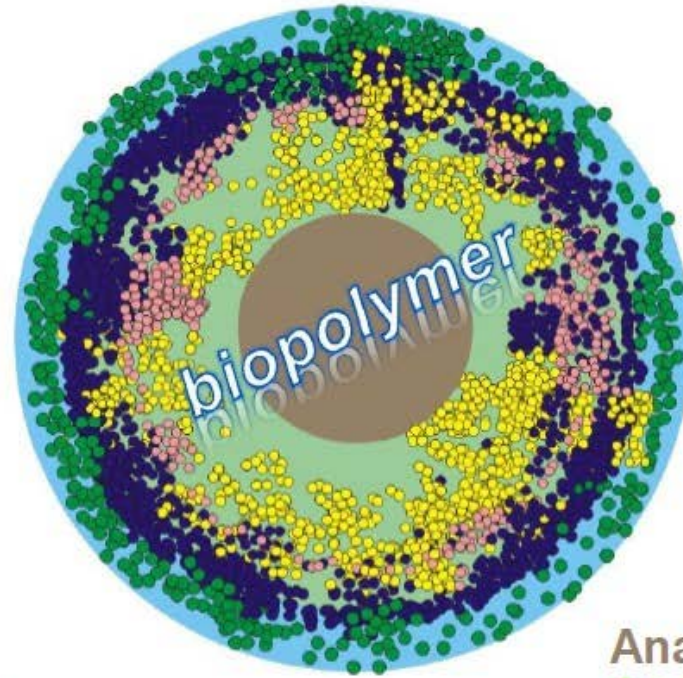
Külső adagolás ritkán kell

## Eleveniszap



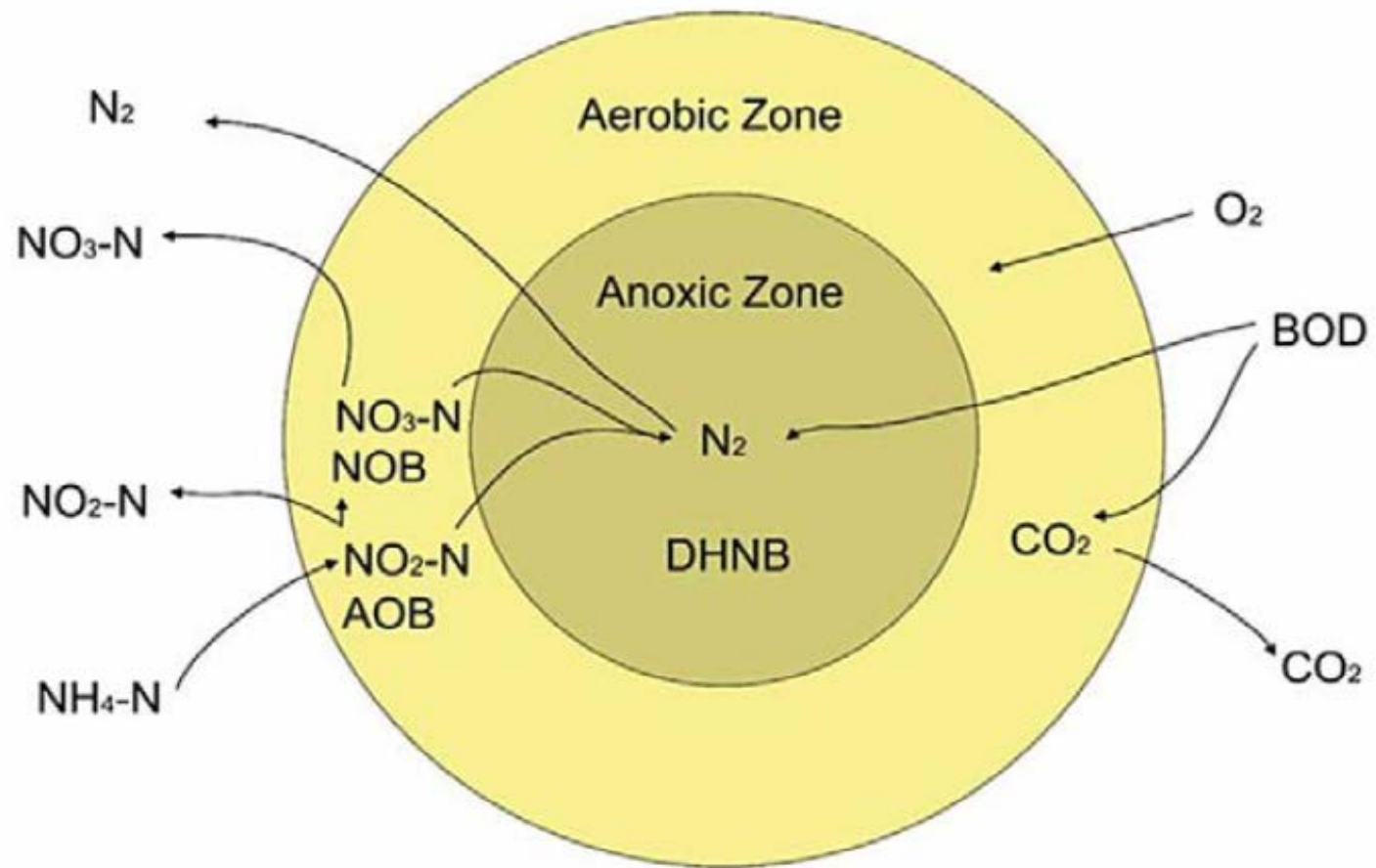
PAO  
Denitrifiers  
Nitifiers  
GAO

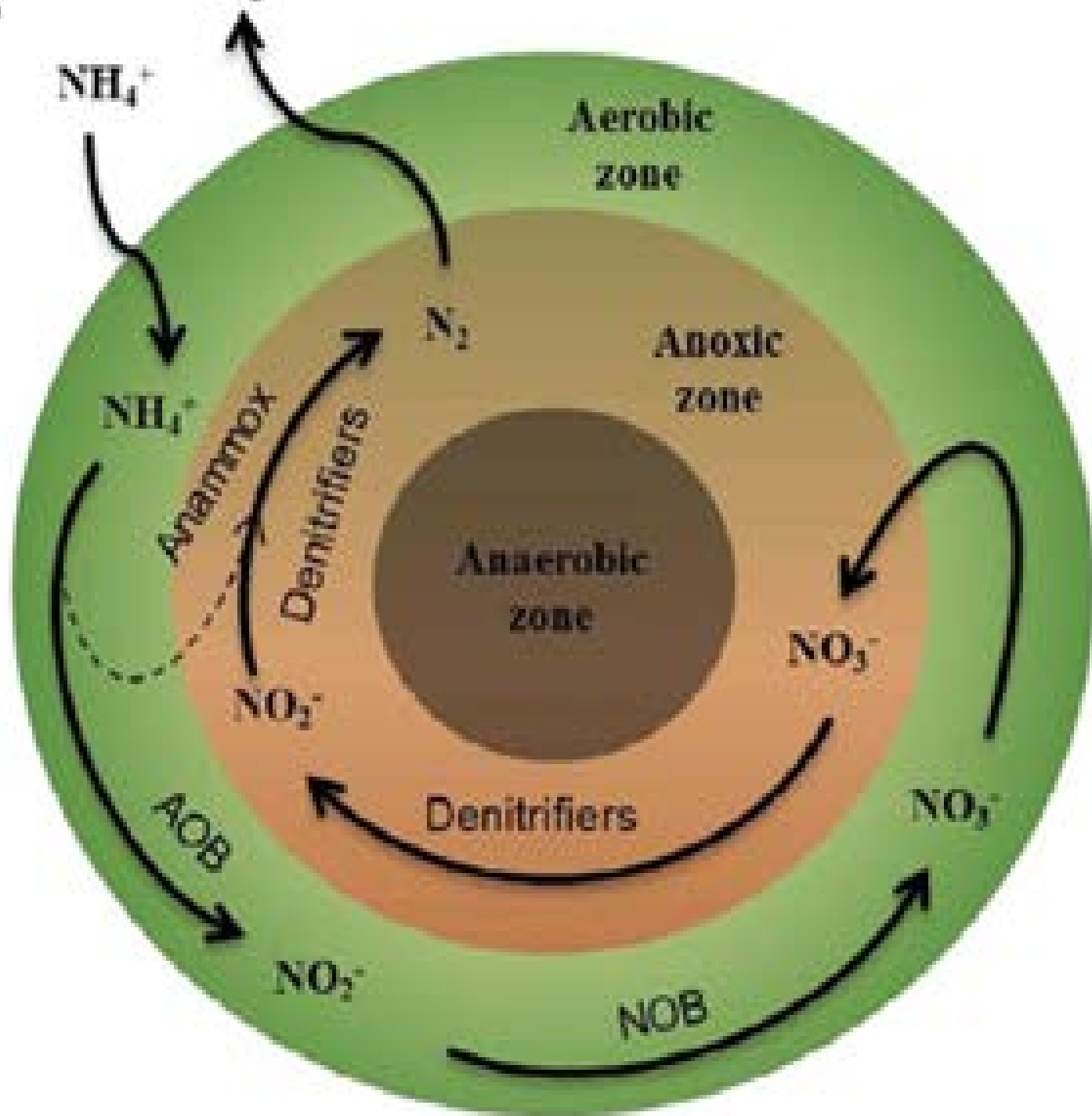
## Aerob granulált iszap



Anaerobic  
Anoxic  
Aerobic

3. ábra: A mikroorganizmus csoportok elhelyezkedése az átlagosan 30-130 mikron méretű, mechanikailag instabil eleveniszap pelyhekben és a sokszorososa méretet elérő tömör, szilárd granulumokban. (Winkler et al., 2012) PAO- foszfor akkumuláló, denitrifikáló, nitrifikáló, GAO - glükogén akkumuláló





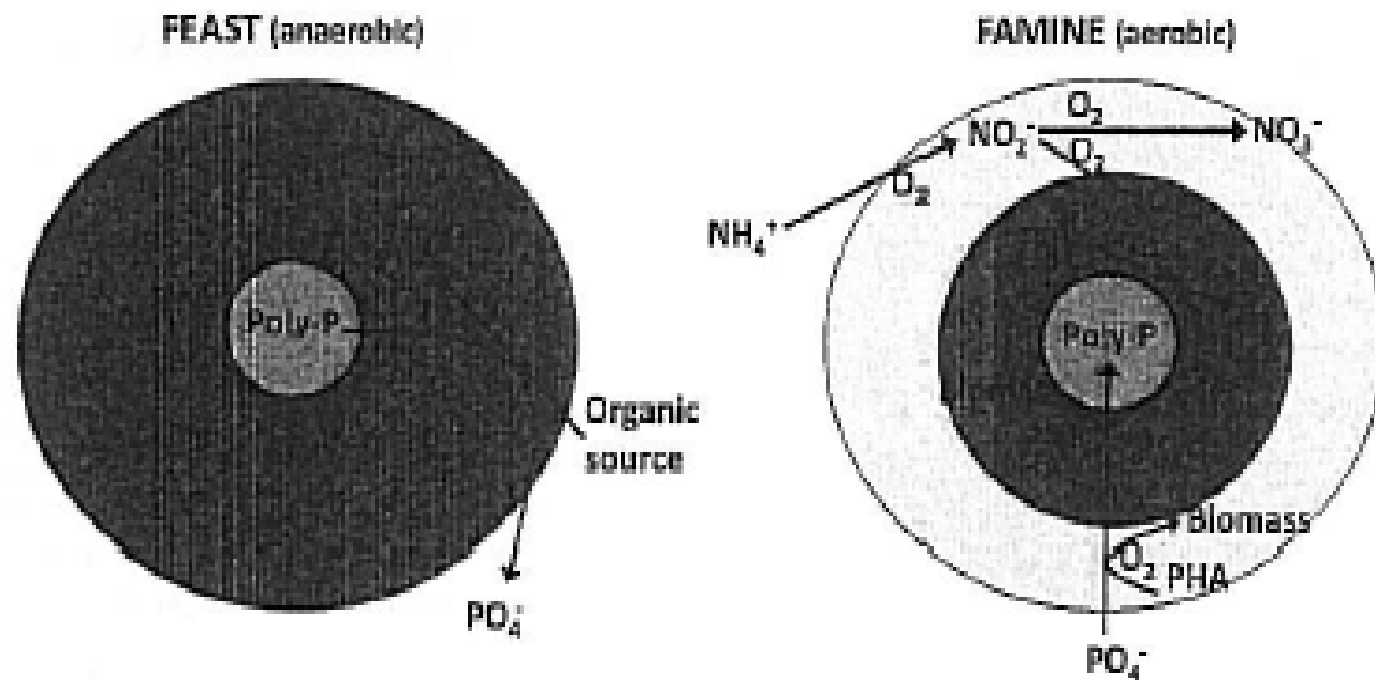


Figure 6.5 Transformation of the organic matter, nitrogen and phosphorous inside a granule during the feast and famine periods.

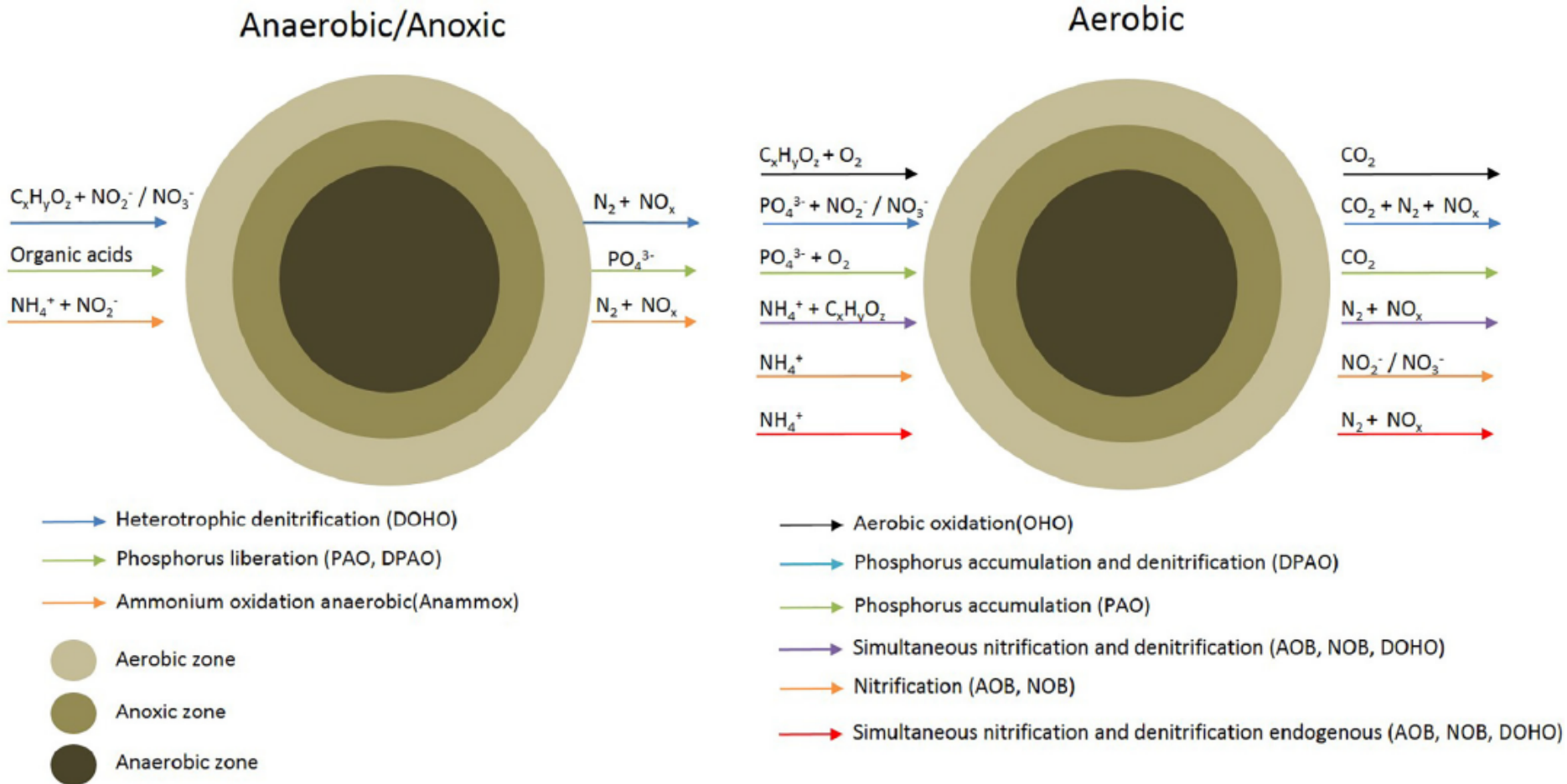


Fig. 1. Organic matter and nutrients (N and P) removal in AGS.

# GAS - AS összehasonlítás

GAS terhelhetősége jóval nagyobb  
összes térfogatigény kisebb  
25 %-al kisebb felületigény (alapterület)  
65-75 % energia megtakarítás  
40-45 % beruházásigény csökkenés

AS fajlagos iszaphozam : 0,4-0,6 g TS/gKOI eltávolított.  
AGS fajlagos iszaphozam : 0,04-0,14 g TS/gKOI eltávolított.  
HRT AGS esetében csak negyed nap.

Full scale lakossági tisztító a Nereda.  
Ipari megvalósítás számos, egy hazánkban is

# Véletlennel tűnő iszapgranuláció hazánkban húsüzem előtisztított szennyvize biológiai tisztításánál (1)

Nem terveztek iszapgranulációt.

Három párhuzamos, előszelektoros SBR medence.

Egy ciklus 12 óra, amiből 2 az ülepités és vízelvétel,  
a többi fele-fele anoxikus/oxikus hányaddal.

Folyadék feladás anoxikus szakaszban,

140 perc időtartamban egyenletesen.

Anox keverést a levegő rövid, ciklikus bekapcsolása biztosítja.

A szennyvíz KOI-je, TKN-je átlagosan megfelel a lakosságinak  
TP a harmada.

A tisztított víz:      KOI 60-70 mg/l,  
                                 NH<sub>4</sub>-N ~ 1, < 1 mg/l,  
                                 nitrát-N 6-15 mg/l,  
                                 TP <0,4 mg/l

## Véletlennel tűnő iszapgranuláció húsüzem előtisztított szennyvize SBR tisztításánál (2)

Hétféle kis szennyvízhozamok /terhelések, egyébként is szerves tápanyag és TP hiányos az üzemeltetés (kis iszapterhelés), miközben folyamatosan jó hőmérséklet.

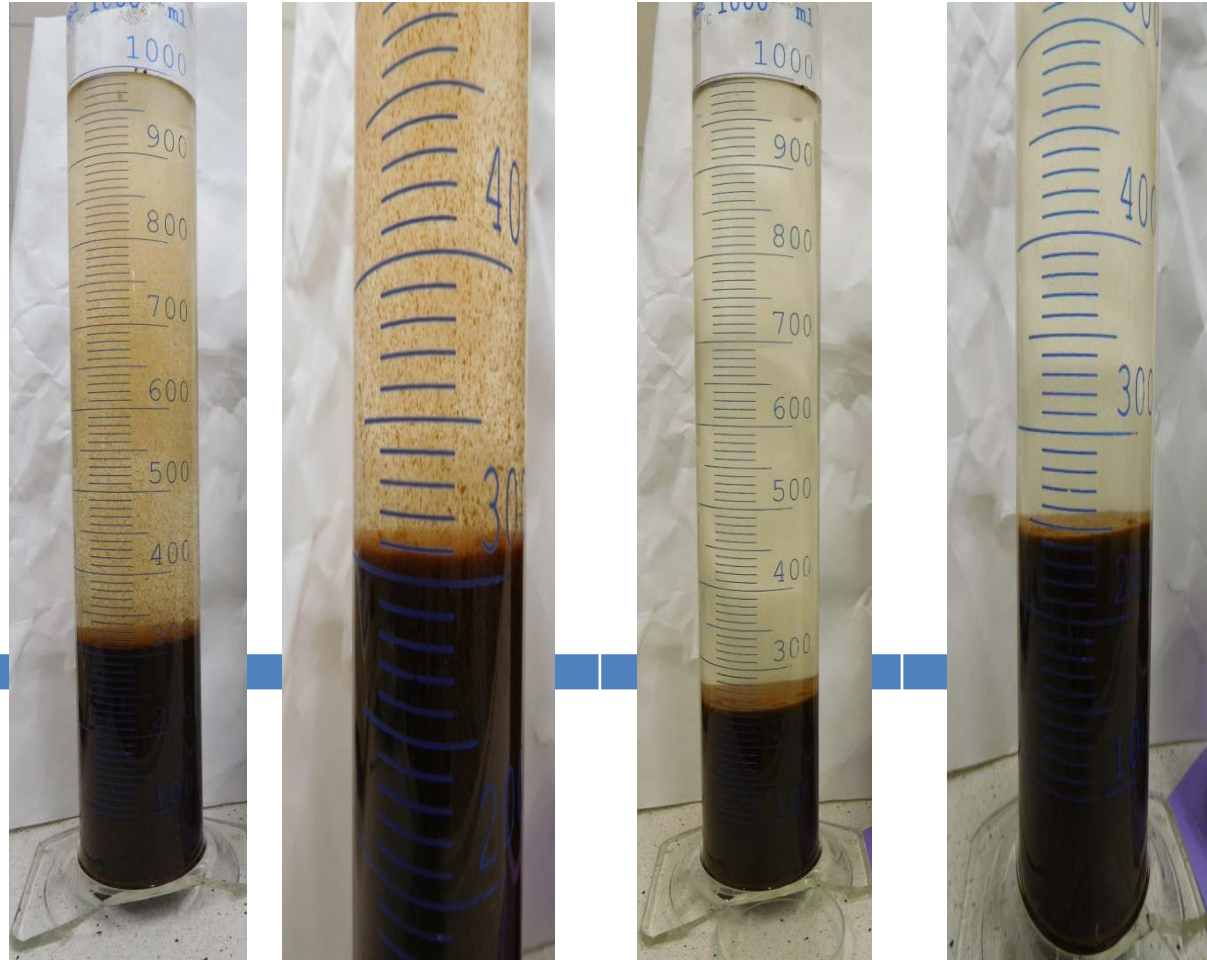
A levegőztetés nem szabályozott, idővezérelt.

Lakossági SBR üzemeknél ilyenkor fonalasodás (HRT = 2 d).

Az évek során stabil GAS alakult ki. Xátlag ~ 8-9 g TSS/l

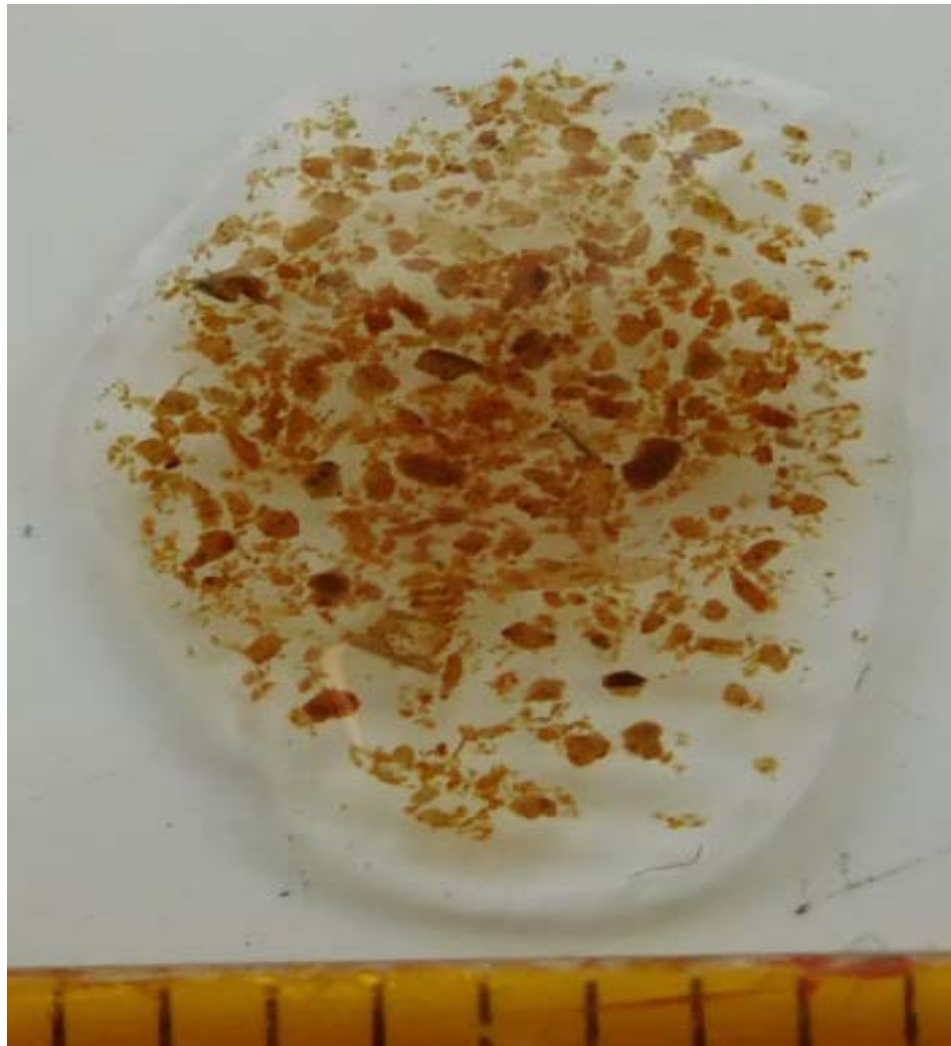
Átlagosan 30 % izzítási maradékkal – 70 % szerves!

Ez azonban nem golyószerű, nem puffadáshajlamos, sima felületű gyorsan ülepedő apró szemcsés granulum (ülepedés és szemcseméret eloszlás, ciklusokon belüli NH<sub>4</sub> – NO<sub>3</sub> – DO és pH alakulás a következő ábrákon).



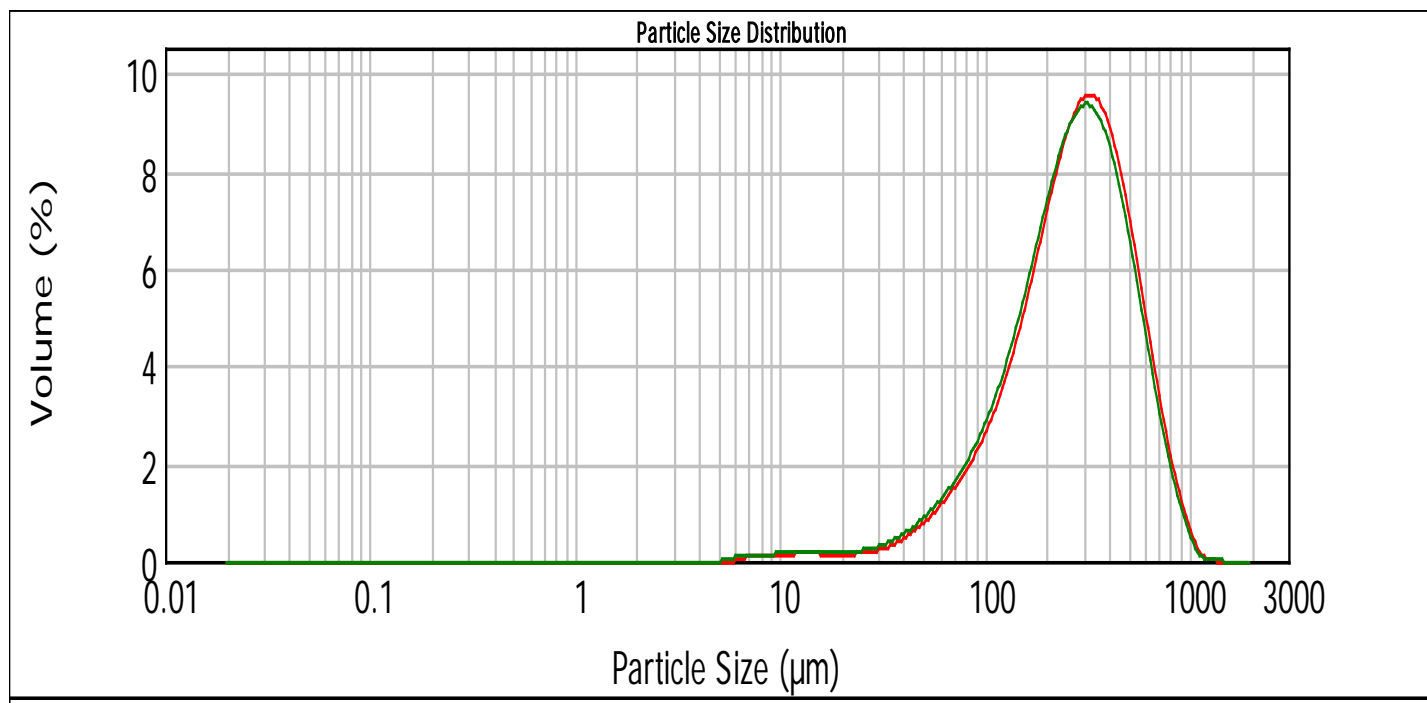
5' ülepedés, s a finom rész kiesése / 30' ülepedés utáni iszap és tiszta rész

**A húsipari üzem SBR egysége iszapjának az ülepedése**



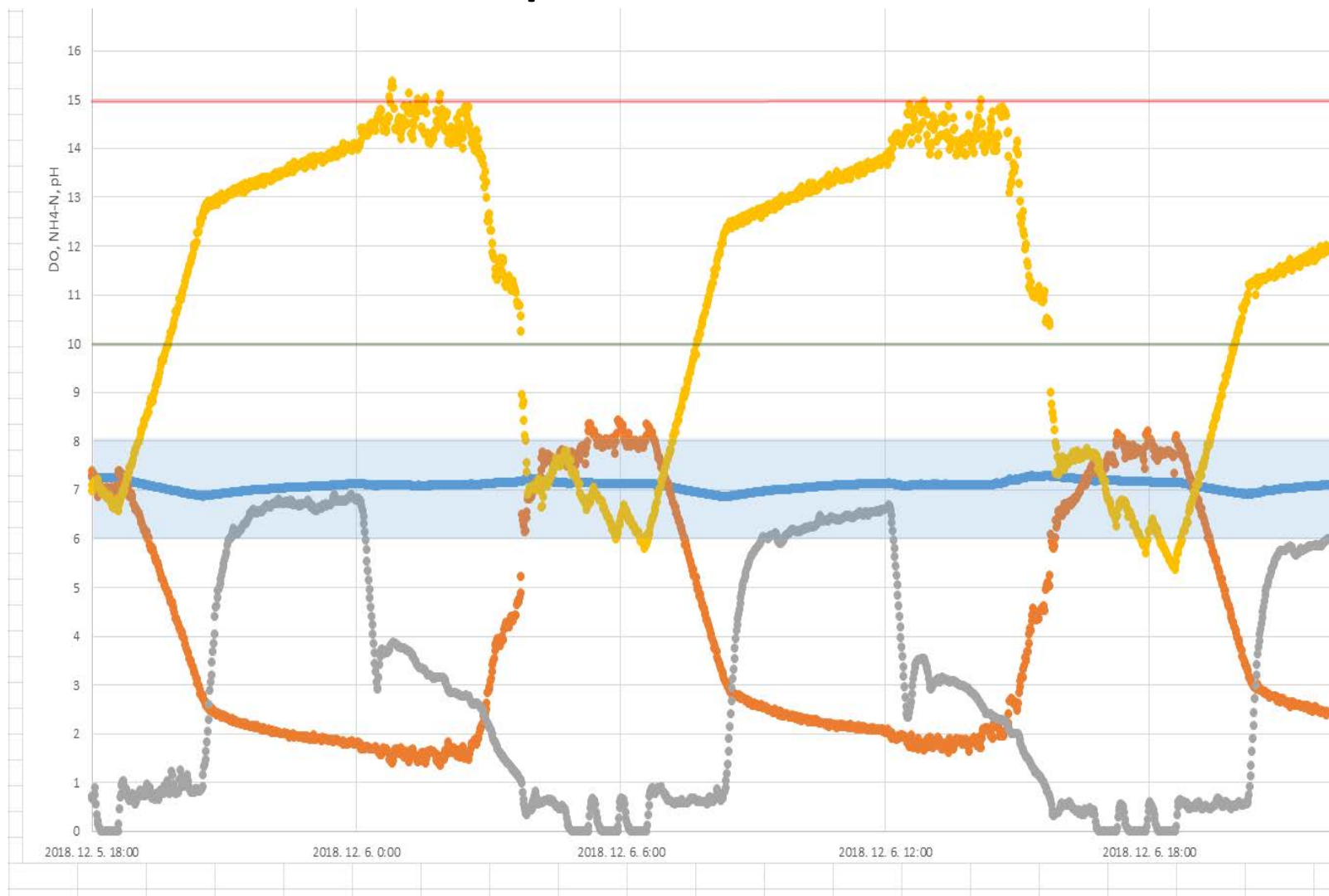
A húszemi aerob granulált iszapjának a szétterült, kiüledett iszapcseppjéről készített felvétele (1 skálaosztás = 1 mm).

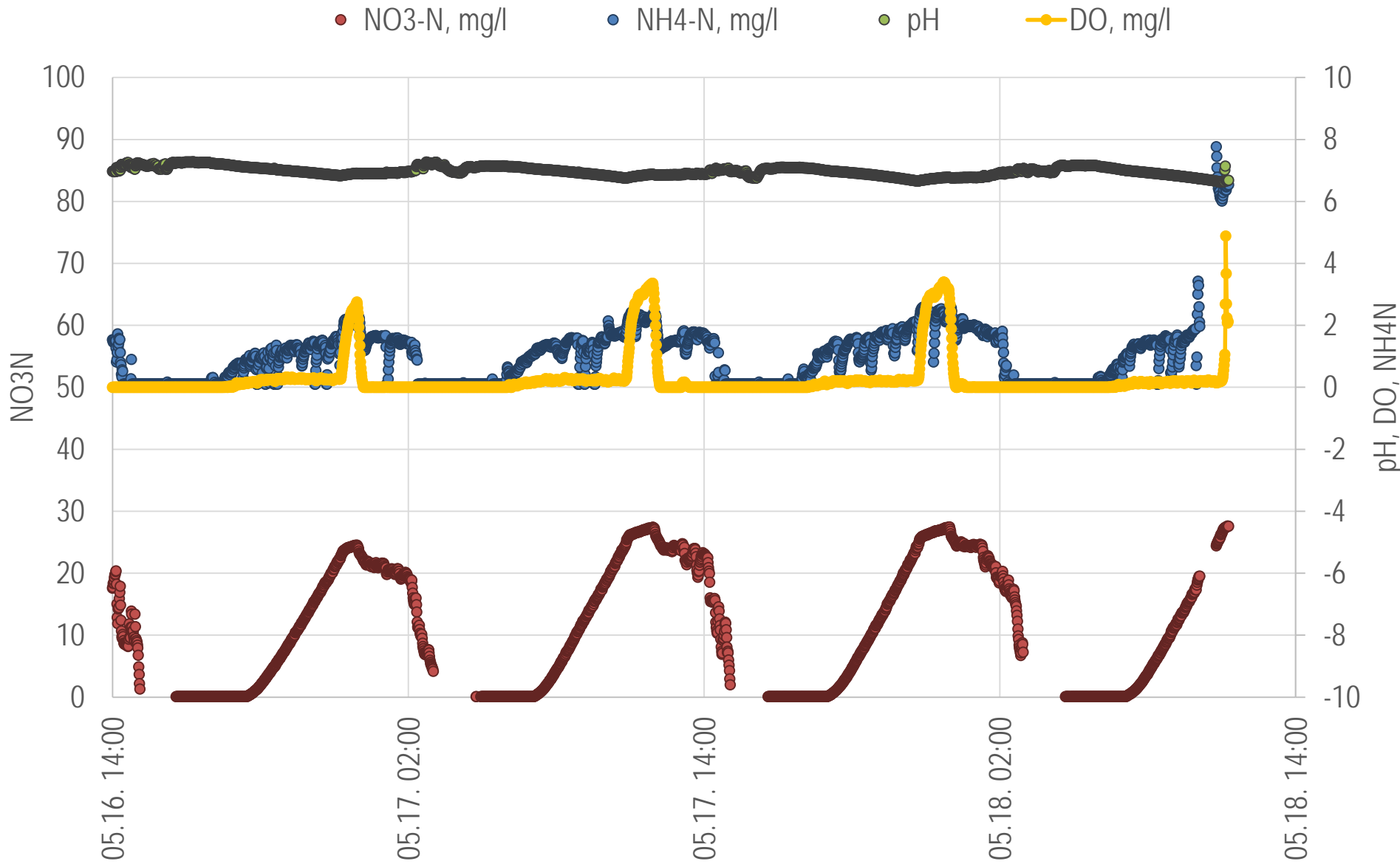
10%-ának átmérője 97,5 mikrométer alatt van  
50%-uk átmérője 274,6 mikrométer alatt van  
90%-uk átmérője 574,5 mikrométer alatt van  
az átlagos átmérő 310,8 mikrométer, ami 0,31 mm  
A méreteloszlásuk a 6. ábra szerinti.



A húspari tisztítóban keletkezett granulált iszap részecskéinek a méreteloszlása.

**A tisztított víz KOI-je 40-60 mg/l, NH<sub>4</sub>-N koncentrációja 1-2 (< 1) mg/l, nitrát-N-é 6-16 mg/l, TP <0,4 mg/l.  
Koncentrációk napi alakulása a ciklusokon belül**





Köszönjük a megtisztelő figyelmet