

**Megnövelt energiatermelés és
hatásos nitrogéneltávolítás
lehetőségei
a lakossági szennyvíztisztításnál**

Dr. Kárpáti Árpád
Pannon Egyetem

A szennyvíz energiatartalma

Goude, V. G. (2016) Wastewater treatment in microbial fuel cells - overview. J. of Cleaner Production 122 (2016) 287-307.

szerves szennyezőanyagok **~1,79 kWh/m³ 1540 kcal/m³**

N és P – energiája **~ 0,7 kWh/ m³ 600 kcal/m³**

hőenergia **~ 7 kWh/ m³ 5200 kcal/m³**

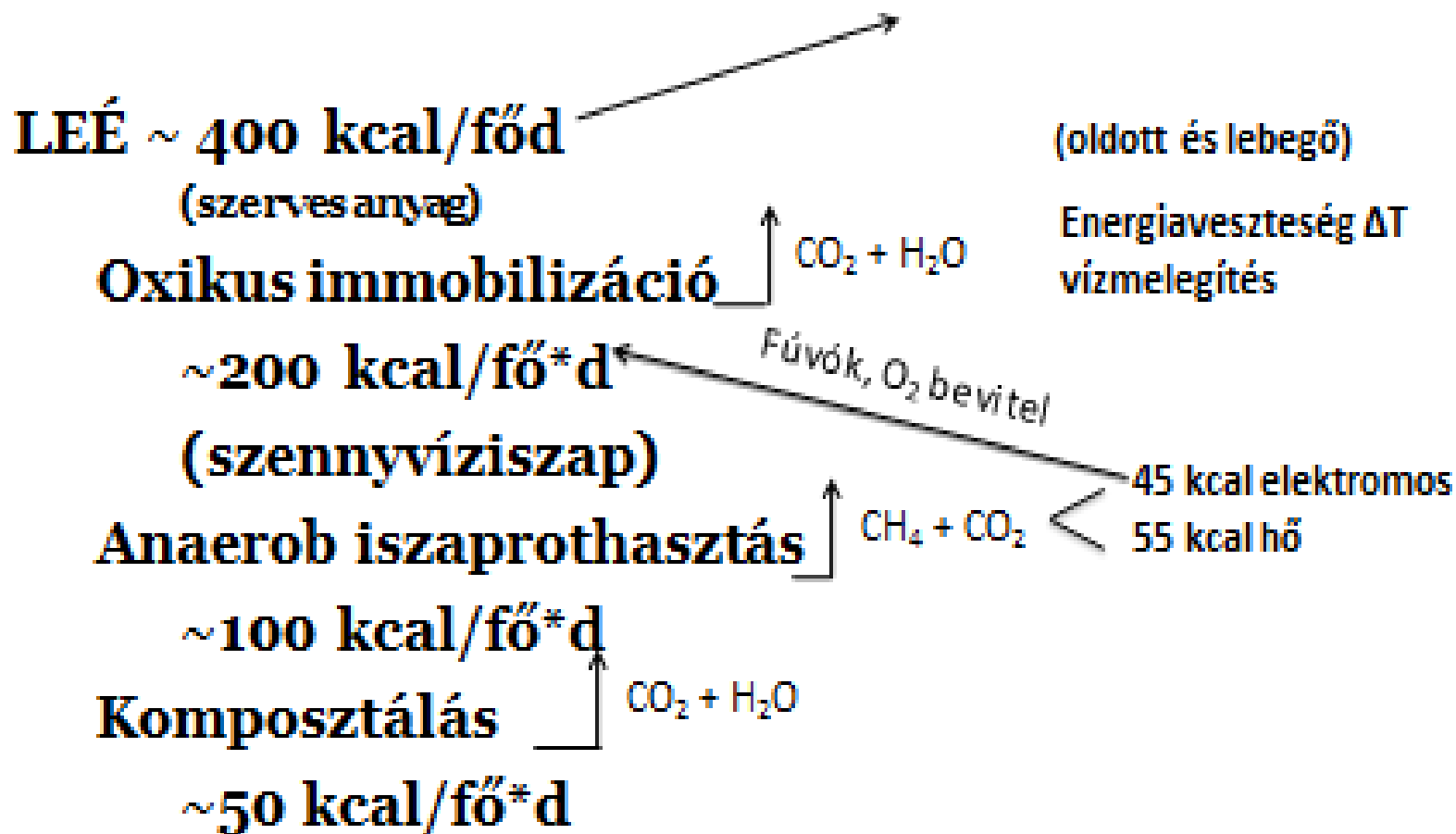
Az ilyen adatok mindig valahonnan, valakitől vannak!

- A fenti szerves anyag fajlagos alig a fele a hazaiakénak.
- A növényi tápanyagok energiája negatív előjellel is jelentkezhetne, mennyiségileg semmiképpen nem is igaz.
- A szennyvíz hőenergiája a lakosság vízmelegítésének a függvénye (szennyvíz-hőmérséklet).

Számítása egy talpponti vízhőmérséklet függvénye.

- Jobb ezért csak az elsővel foglalkozni a szennyvíznél (LEÉ alapján).

Szennyvíztisztítás energiaátalakítása (2500-3500 Kcal/m³ szv)



Természetes szennyvíztisztításnál mindezek kombináltak

- Csak a folyadékmozgatás az energiaigény

Sewage Treatment Plants

Table 1.1 Typical energy demands for a wastewater treatment facility (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Stage	Energy demand (%)
Inlet pumping and headworks	4.9
Primary clarifier and sludge pumps	10.3
Activated sludge aeration	55.6
Secondary clarifier and RAS	3.7
Thickener and sludge pump	1.6
Effluent filters and process water	4.5
Solids dewatering	7.0
Tertiary treatment	3.1
Heating	7.1
Lighting	2.2
TOTAL	100

Az energiatakarékosság korunk égető igénye.

A szennyvíztisztításban ez azt jelenti,
hogy egyrészt minimális mennyiségű
szerves anyagot oxidáljunk el a főágon,
minimális mennyiségű O₂ felhasználásával,

másrészt az alig változtatott eredeti
lebegő és oldott szerves anyagból
és az iszappá alakított változataikból

maximális mennyiségű energiát állítsuk elő
és használjuk fel a tisztítás oxigénellátására
és a tisztítás egyéb lépcsőire.

Biometanizáció

Szerves anyag átalakítása: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 > \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Anyagmennyiségekben: $16\text{g} + 64\text{g} > 44\text{g} + 2 \times 18\text{g}$

ebből 1 g metán = 4 g KOI ill. fordítva:

A tömegfajlagos kémiai oxigénigény tehát:

$4 \text{ g KOI} / \text{g CH}_4$ (1 g KOI = $1/4$ g CH_4),)

(1 m³ metán 9,94 kWh, illetőleg mivel 1 kWh = 860 kcal

$16/22,41 = 0,714 \text{ kg}$ (1 m³) metán = 9.94 kWh.....

0,714 kg metán = 9,94 kWh, ami $9,94 \times 860 = 8550 \text{ kcal}$

1 g metán = 11.9 kcal = 4 g KOI

1 g KOI ~ 3 kcal illetőleg 0,33 liter normál térfogatú CH₄

Energia visszanyerés optimalizálása a KOI metanizációjakor

Az álom: 110 g KOI min. 2/3 részében metánná és CO₂-vé alakítása

Veszteségek a 110 g KOI/főd -ből mindig lesznek

Csak anaerob MBR reaktortechnikával (híg a víz)

N és P döntő része a metanizált szennyvízben marad

Kisebb mértékű energia visszanyerés **előülepítésnél és CEPT-nél**

110 g KOI 1/3 ill 2/3 részének a 2/3-a lesz CH₄ és CO₂

Kivitelezése egyszerű, de utóbbinál szennyezett iszap!

N és P döntő része a szekunder biológiára kerül.

Nitrifikáció/denitrifikáció nehézsége ott a szerves C hiány.

BOI-P eltávolításé hasonlóképpen, ill. vegyszeres kicsapatás.

Szekunder biol. iszaphozama nagy HRT-miatt elég kicsi.

Iszapjuknak csak az 1/3 része alakul metánná.

LEÉ-ből kiindulva a szerves anyag energiává alakítása (KOI-110 g/fő d - 330 kcal/fő d)

Tisztított vízben maradó része nélkül 300 kcal/fő d

Megoszlása :

1/3 rész durvább lebegő (előülepitésre kerülő)

1/3 rész finomabb kolloid (koaguláltatható fehérjék, stb)

1/3 rész oldott KOI (benne aminosavak C-je)

továbbá marad oldottan az ammónium
míg a foszfátok oldatba és csapadékba is kerülhetnek

Szerves anyagok energiájának visszanyerése (LEÉ):

Originál szerves anyag metanizálhatósága iszapból 2/3 részében

Biostabilizált (szekunder) iszapnál 1/3 részében

Előüleptés nélküli eleveniszapos tisztításnál

110 g KOI = 60 g BOI5 → 36 g MLVSS = 54 g KOI (1:1 kevert) - **81 kcal**

Előüleptéssel

A: 1/3 rész = 37 g KOI a primer iszapba (22 g KOI > 66 kcal metán)

B: CEPT-el 2/3 rész = 74 g KOI a primerbe (44 g KOI > 132 kcal -,-)

Sec. iszapban 72 vagy 36 g KOI mintegy fele kerül (36 ill 18 g KOI)

aminek harmadából lesz metán: 12 ill. 6 g KOI > 36 ill. 18 kcal

Összegezve: **A – 102** **B 150 kcal/főd**

Villanyáramban (45 %-a) 47 67 kcal/főd

Szennyvíz közvetlen metanizációjával (85 %) – 280 kcal/főd (45 %-a)

Szerves anyag biológiai oxidációjának az O₂ igénye /főd
(OC ~ 0,8 kg O₂/kg KOI) (100 g KOI/főd –ből)
 (2,5 kg O₂/kWh -val, de gázmotor csak 45 % hatásfokú

Előülepítetlen szennyvíznél		80 g O ₂ /főd		27,5 kcal
Előülepítéskor	2/3 részre	53	-"-	18,2 -"-
CEPT-nél	1/3 részre	27	-"-	9,3 -"-
Anaerob MBR	0 részre	0	-"-	0 -"-

N (-3) → N (0) átalakítás oxigénigénye (Nitr/Den) /főd

~ 8,5 g/főd	x	1,7 g O ₂ /g TKN	~ 14,5 g O ₂ /főd	
+ 2,5 g/főd	x	4,3 g O ₂ /g TKN	~ 10,5	-"-
Összesen			~ 25	-"-
				8,6 kcal

Optimális denitratálás / már utat is kell keresni.

A nitrogéneltávolítás javítása eleveniszapnál

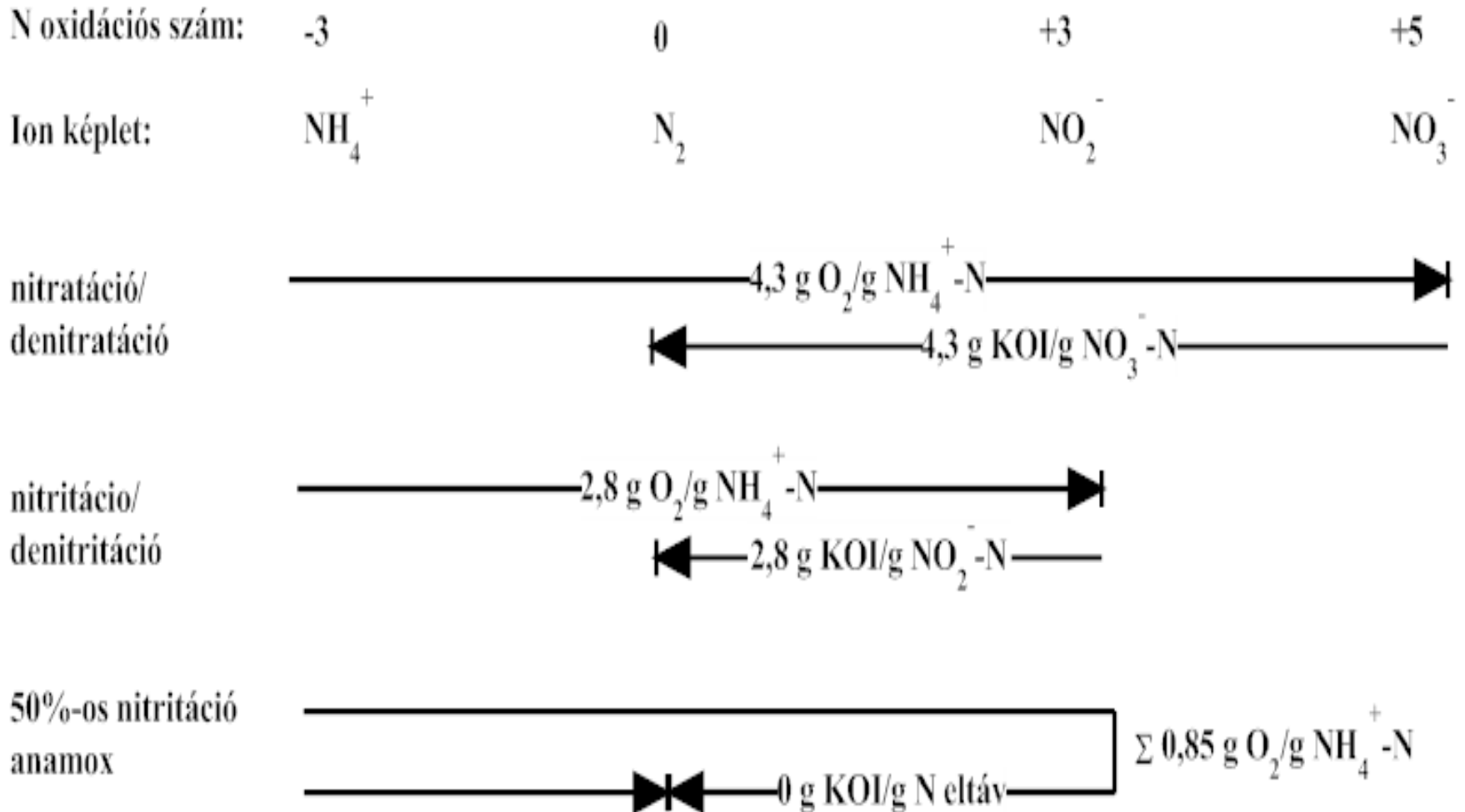
Szimultán eleveniszapos nitrogénmentesítés
Nitrifikáció/denitrifikáció

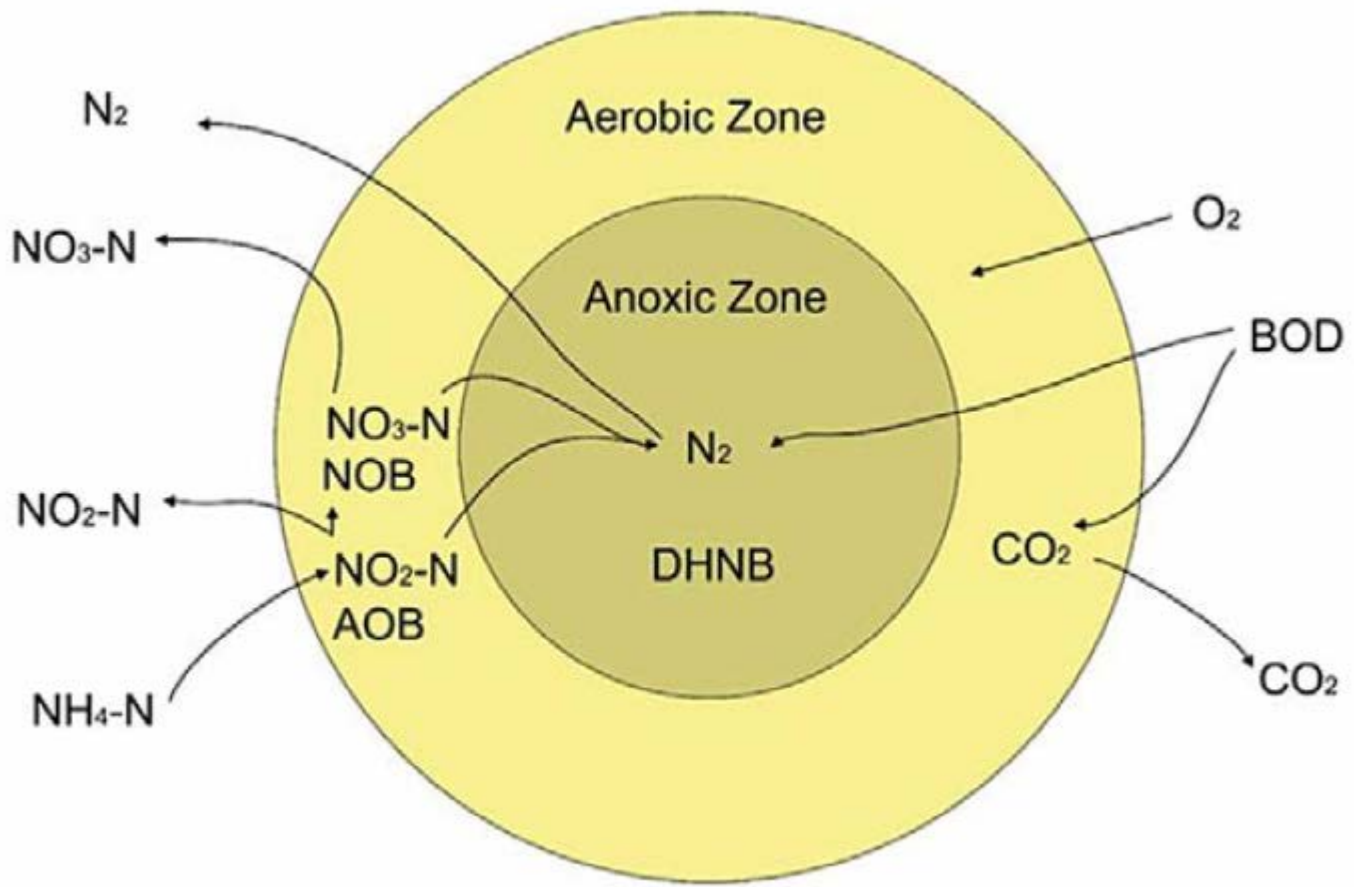
Hatásfok szimultán denitrifikáció nélkül:
$$(R_i + R_b) / (1 + R_i + R_b)$$

Hatásfok szimultán denitrifikációval = ?
Könnyen hasznosítható tápanyaggal fokozható
etanol, methanol, laktóz, acetát, cukor,

Endogén szubsztrát hasznosítás optimalizálása
DO bejutás minimalizálása

Különböző biológiai nitrogén eltávolítási utak oxigén és szerves anyag igényei.





Különleges megoldás a Böhnke féle AB biológia

történhet az akár előüleptítés után is.

A fajlagos iszaphozama nagyobb,
Bioiszapjának a kirothadása bizonyára jobb,
N eltávolítás döntően a B lépcsőben
(szerves C hiánnyal)

P eltávolítás esetleg vegyszerrel már az A lépcsőben
ez javítja a B lépcső iszapminőségét (autotrof részarány)

Megoldás lehet a főági nitrogénmentesítés, mint a
teljes szennyvíz anaerob MBR-jénél
(sajnos itt is híg a víz)

Biofilmes, granulált iszapos lehetőségek

Főági megoldásnál

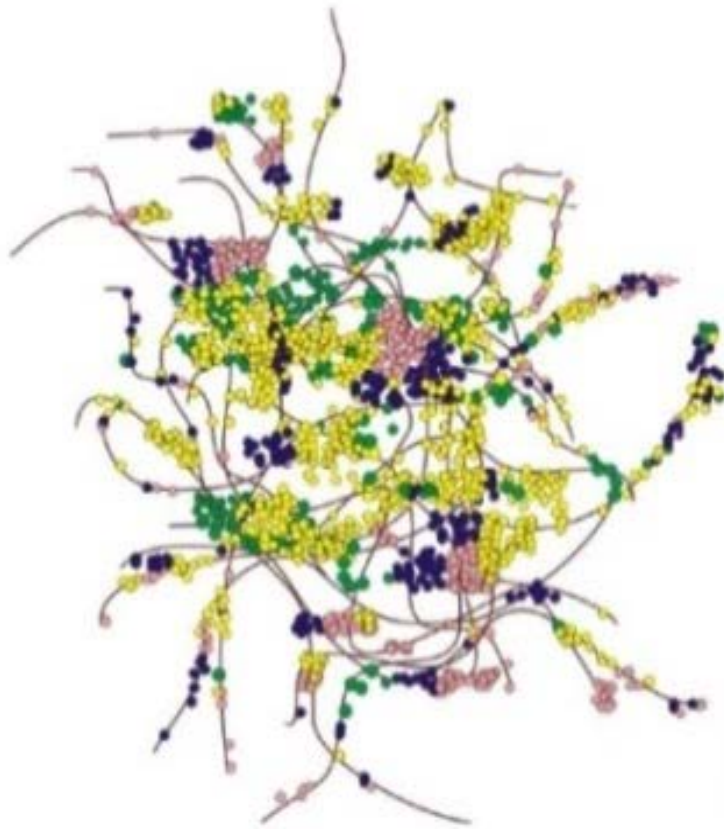
MBBR és N eltávolítás 2. lépcsőben

Mellékágnál eddig csak granulált iszap (DEMON)

Második lépcsőben – nincs gyakorlat

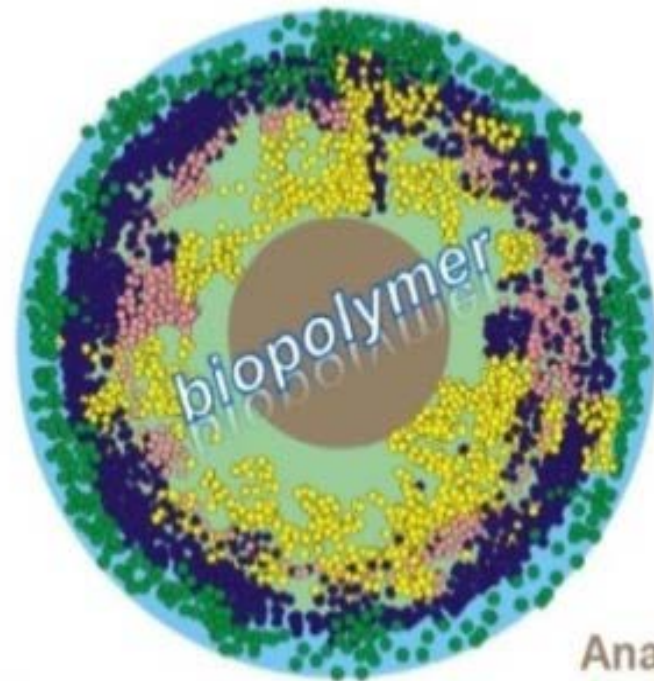
híg víz miatt biofilm, vagy MBR a lehetőség.

Eleveniszap

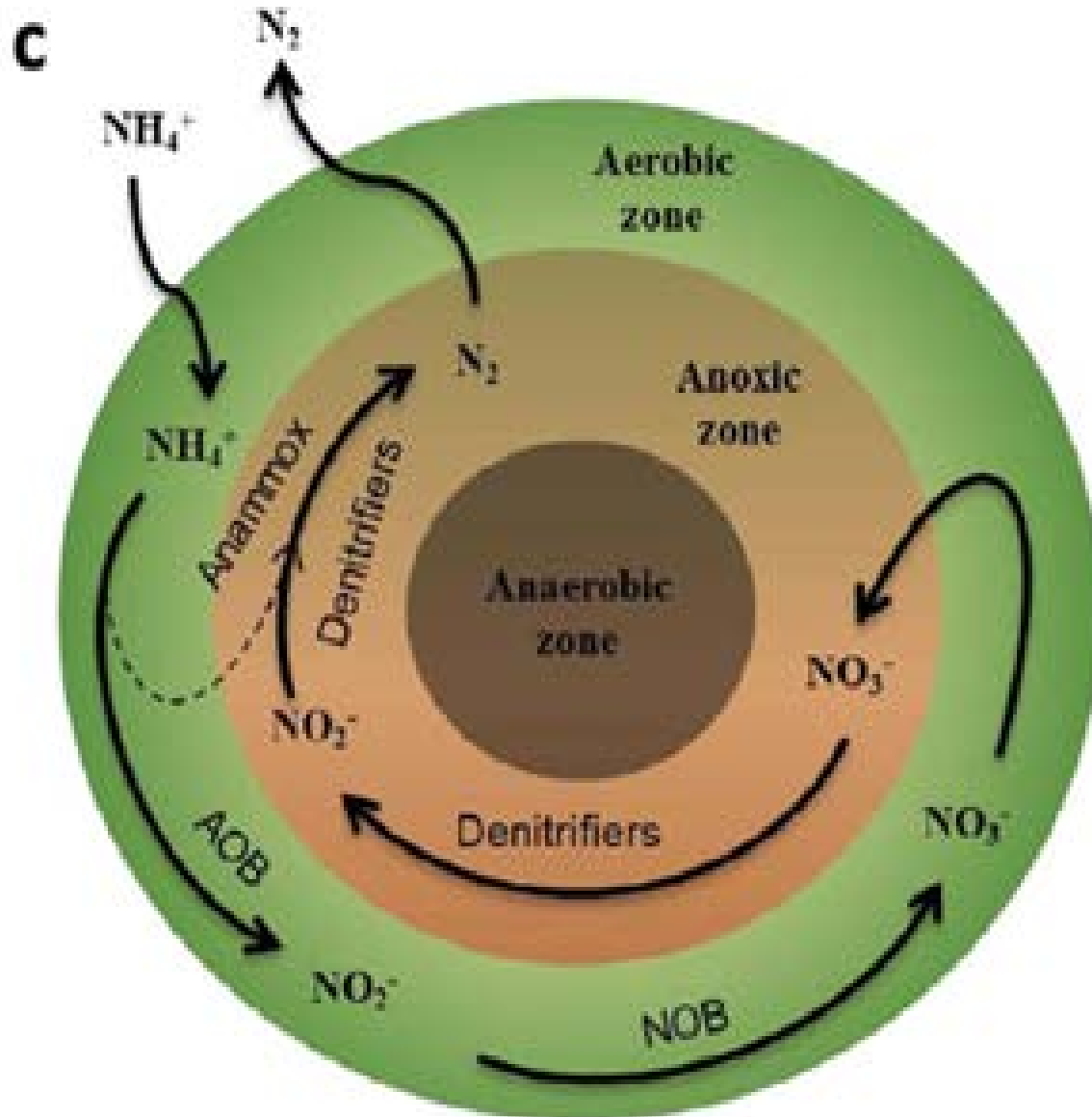


PAO
Denitrifiers
Nitifiers
GAO

Aerob granulált iszap



Anaerobic
Anoxic
Aerobic



• **Konkluzió 1**

- A kémiai energia láthatóan a könnyen kinyerhető energiafajtája a lakossági szennyvizeknek.
- A hőenergiájuk csakis hőszivattyúval hasznosítható valamilyen mértékben, éppen a szennyvíz hőmérsékletének a függvényében.
- A szerves anyagok kémiai energiájának a maximált visszanyerésével a szennyvíztisztítás elvileg energia semlegessé alakítható, a környezet iszaphulladékoktól egyidejűleg megvalósuló védelmével egyetemben.
- Sajnos a gázmotorok energiaátalakítási hatásfoka elég gyatra, így a keletkező hőenergia egyidejű hasznosításáról is gondoskodni kell, mint teszi ezt hazánkban a debreceni szennyvíztisztító lakossági hőszolgáltatással.

• **Konkluzió 2**

- Összességében megállapítható, hogy a jelenlegi szennyvíztisztítási megoldások még igencsak energia, vegyszer és beruházás igényesek.
- Együttlrohasztás nélkül csupán a tisztítás teljes energiaigényének a felét, tehát a levegőztetés energiaigényét lehet a rothasztással megtermelni.
- A szennyvíziszap jól tervezett együttlrohasztása akár teljesen energia függetlenné is teheti a szennyvíztisztítást, mint ahogy sikerült elérni azt az észak- és dél-pesti szennyvíztelepeken.
- Óvatosnak kell azonban lenni az anaerob rothasztók fajlagos térfogati terhelésével, a bedolgozásra kerülő alapanyag összetételével, s annak egyenletességével is.