

▶ **Környezettechnológia**

▶ **2026**

▶ **nappali**

- 
- ▶
  - ▶
  - ▶
  - 1. Vízkezelés, ipari vizek kezelése. Ipari, technológiai és lakossági vizekkel szemben támasztott követelmények.
  - 2. A víztisztítás, vízkeménység, szennyvíztisztítás, szennyezők csoportosítása, hatásaik.
  - 3. Levegő és összetétele, légszennyezések, eltávolításuk. Levegő alkotórészeinek felhasználása, jelentőségük.
  - 4. Fosszilis energiahordozók, azok környezetszennyező hatásának csökkentése, alternatív technológiák, szenek osztályozása, szénfajták, szén elgázosítás, szénlepárlás.
  - 5. Alternatív járműhajtások és üzemanyagok, környezetre gyakorolt hatásuk. Bioetanol, biodízel.
  - 6. Kőolaj feldolgozás, kőolaj jelentősége, előnye és hátrányai. Kőolaj kiváltásának lehetőségei.
  - 7. Biotechnológiák jelentősége, felosztása, hatásai. Növényi alapú biotechnológiák csoportosítása, etanol.
  - 8. Biotechnológiák. Ecetsav, aceton, butanol, etanol előállítás biológiai úton, tejsav, citromsav, másodlagos anyagcseretermékek, felületaktív anyagok, sideroforok jelentősége, bioműanyagok, biopolimerek.
- 
- ▶

---

# A víz technológiai kezelése

---



# Előzmények – „A víz és az ember”

---

- ▶ **A víz az életfontosságú természeti javak nélkülözhetetlen eleme.**
- ▶ Az ENSZ 1972. évi Stockholmi Környezetvédelmi Konferenciájának határozata: A Föld természeti készleteit, beleértve a vizet, meg kell őrizni a jelen és jövő nemzedék javára.
- ▶ Az egészséges vízellátás világprobléma: napjainkban az emberiség **50%-a nem talál egészséges ivóvizet** otthona környezetében, és évente kb. **5 millió gyermek hal meg** a fertőzött víz által terjesztett betegségekben.
- ▶ **Magyarországon a lakosság 97-98%-a részesül vezetékes ivóvízben**, de emellett szinte lehetetlen ásott kútból szennyezésmentes, legfőképpen nitrát-mentes (50 mg/liter-ig megfelelő) ivóvizet nyerni.



# A víz jellemzői

---

- ▶ A Föld felületének 70%-t víz borítja
- ▶ A Föld vízkészlete 1 338 millió km<sup>3</sup> melynek 98%-a tenger
- ▶ Ebből az
  - ▶ édesvíz 38 millió km<sup>3</sup>
- ▶ **A természetes vizek fajtái:**
  - ▶ Légköri csapadék
  - ▶ Felszíni vizek
    - ▶ tenger, óceán
    - ▶ patak, folyó, tó, tározó
  - ▶ Felszín alatti vizek
    - ▶ talajvíz
    - ▶ rétegvíz
    - ▶ karsztvíz
    - ▶ forrásvíz



# A természetes vizek

---

- ▶ A természetben előforduló víz mindig vizes oldat.
- ▶ A tengervíz: 3,5 m/m% sótartalmú víz, összetétele átlagosan:

Anionok		Kationok	
Megnevezés	%	Megnevezés	%
Cl <sup>-</sup>	55.3	Na <sup>+</sup>	30.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7.7	Mg <sup>2+</sup>	3.7
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.2	Ca <sup>2+</sup>	1.2
		K <sup>+</sup>	1.1



# Oldott szervetlen anyagok a vízben

---

Gázok [liter/liter]		
	20°C	50°C
Oxigén	0.0310	0.0209
Nitrogén	0.0155	0.0109
Levegő	0.0187	0.0130
Szén-dioxid	0.8780	0.4360
Oxigén : Nitrogén = 21 : 79 (levegőben)		
Oxigén : Nitrogén = 10 : 18 (vízben)		

- ▶ Az oldott sók a vízben ionok formájában fordulnak elő:
  - ▶ Kationok:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  ...
  - ▶ Anionok:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  ...
- ▶ A desztillált víz „mérgező” az élőlények számára (ozmózis).
- ▶ A víz kémiai elemzésének adatait úgy szokták összeállítani, hogy az 1 liter vízben jelenlévő ionok mennyiségét adják meg mg-ban (vagy  $\mu\text{g}$ -ban).



# Oldott szervetlen anyagok a vízben

## Összetevők:

### 1 LITER VIZBEN OLDOTT ALKOTÓRÉSZEK (mg)

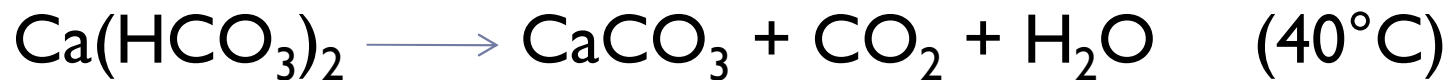
Kálium	<b>K<sup>+</sup></b>	7,4
Nátrium	<b>Na<sup>+</sup></b>	67
Ammonium	<b>NH<sup>+</sup></b>	0,05
Kalcium	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	163
Magnézium	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	62
Vas	<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,12
Mangán	<b>Mn<sup>2+</sup></b>	-
Litium	<b>Li<sup>+</sup></b>	0,15
<i>Kationok összesen</i>		<b>300,0</b>
Nitrát	<b>NO<sup>3-</sup></b>	-
Nitrit	<b>NO<sup>2-</sup></b>	-
Klorid	<b>CL<sup>-</sup></b>	56
Bromid	<b>Br<sup>-</sup></b>	0,40
Jodid	<b>J<sup>-</sup></b>	0,022
Fluorid	<b>F<sup>-</sup></b>	1,5
Szulfát	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	86
Hidrogénkarbonát	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	820
Szulfid	<b>S<sup>2-</sup></b>	-
Összes foszfát	<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	<0,04
<i>Anionok összege</i>		<b>964</b>
Metaborsav	<b>HBO<sub>2</sub></b>	2,8
Metakovasav	<b>H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub></b>	29
Oldott oxigén	<b>O<sub>2</sub></b>	1,13
Arzén	<b>As</b>	-
<b>Összesen:</b>		<b>1297</b>



# A víz keménysége

---

- ▶ A földkéreg vízoldható sói közül a leggyakoribbak a Ca és Mg sói. A két ion által alkotott sók adják a víz keménységét.
- ▶ Sok esetben (pl. karsztvizek), kis oldhatóságuk miatt, a természetes víz ezek telített oldata, a víz párolgása következtében túltelítetté válnak, a Ca- és Mg-sók kiválnak, vízkő keletkezik.
- ▶ A kalcium sók példáján bemutatva a lejátszódó folyamatokat:



- ▶ A  $\text{CaCO}_3$  oldhatósága  $20^\circ\text{C}$ -on  $58 \text{ mg/l}$ , a  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  oldhatósága ugyanezen hőmérsékleten  $166 \text{ g/l}$ .
- 



# A víz keménysége

---

- ▶ *1 német keménységi fok (vagy nk°) = 10 mg CaO-dal egyenértékű Ca- és Mg-só 1 liter vízben.*
- ▶ **ÖSSZES KEMÉNYSÉG = ÁLLANDÓ KEMÉNYSÉG + VÁLTOZÓ KEMÉNYSÉG**
- ▶ Változó, vagy karbonát-keménység: a vízben lévő hidrogén-karbonát ionokkal egyenértékű Ca- és Mg-ionok összessége. Forralással szén-dioxid fejlődése mellett megszüntethető.
- ▶ Állandó keménység: a vízben lévő egyéb anionokkal egyenértékű Ca- és Mg-ionok összessége.



# A vizek minősítése keménység szerint

**VÍZKEMÉNYSÉG TESZTCSÍK**



Rend. sz.: 107247  
**999,- Ft**

1  darab  [Hozzáadás a kosárhoz](#)

Helyesen adagolja Ön a mosószert? Nem mutatkozik a növények levelén nem kívánatos levélfoltosság? Egyszerűen megmérhető a víz keménysége, csak a tesztcsíket kell beledugni. Kb. 1 perc múlva megállapítható a víz keménysége a tesztcsíkek színváltozásából. A csomagban 6 tesztcsíkek van.

Képek 1 [Kép nagyítása](#)

Megnevezés	nK°
Nagyon lágy	0 - 4
Lágy	4 - 8
Közepesen kemény	8 - 12
Elég kemény	12 - 18
Kemény	18 - 30
Igen kemény	> 30

## Vízkeménység a VASIVÍZ ZRt. működési területén

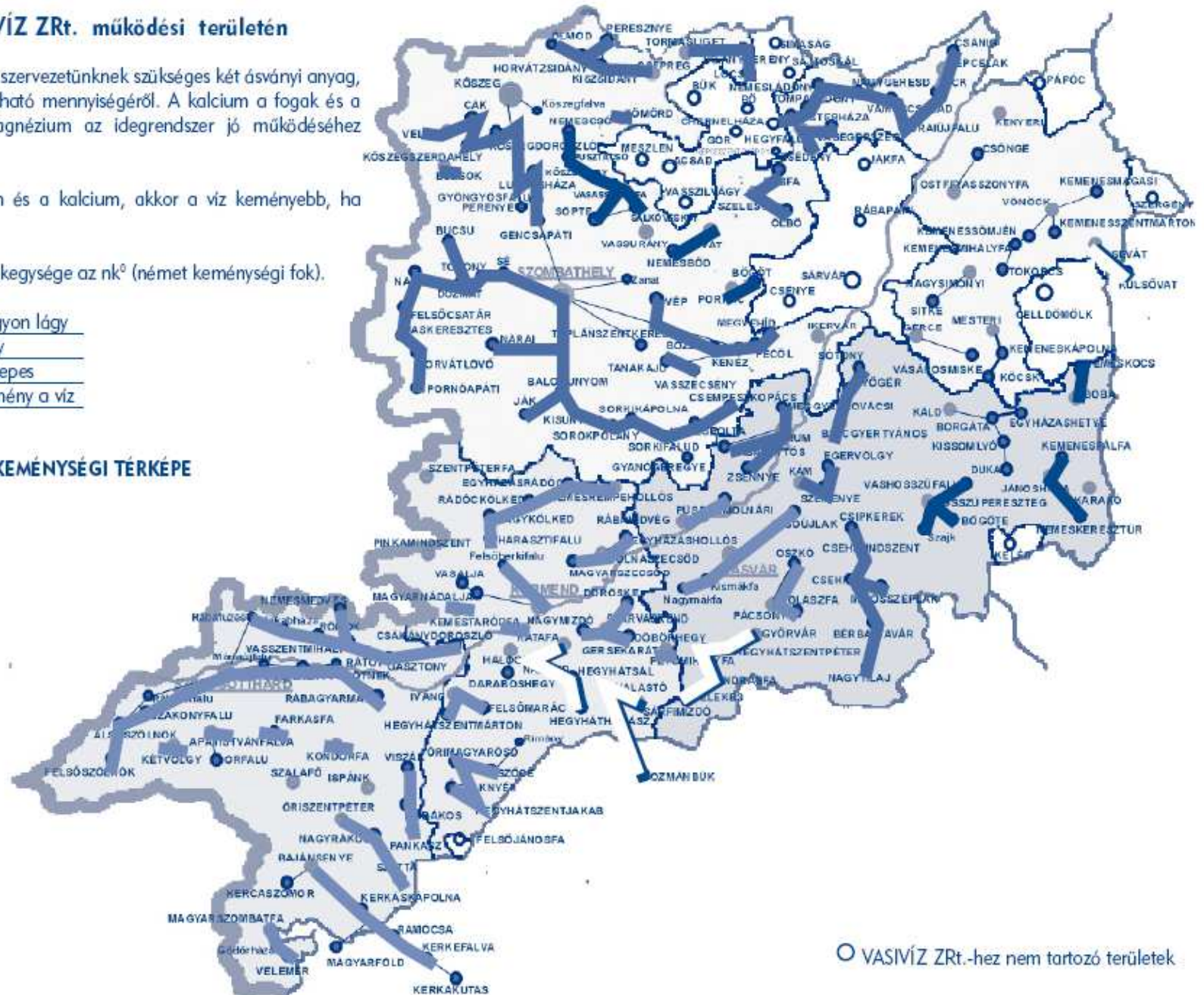
A víz keménysége egy mutatószám a szervezetünknek szükséges két ásványi anyag, a kalcium és magnézium vízben oldható mennyiségéről. A kalcium a fogak és a csontok fontos építőanyaga, a magnézium az idegrendszer jó működéséhez nélkülözhetetlen.

Ha több az ivóvízben a magnézium és a kalcium, akkor a víz keményebb, ha kevesebb, akkor lágyabb.

A vízkeménység közhasználatú mértékegysége az  $nk^0$  (német keménységi fok).

0-7 $nk^0$ -ig		nagyon lágy
7-14 $nk^0$ között		lágy
14-23 $nk^0$ között		közepes
23 $nk^0$ felett		kemény a víz

### A MEGYE VÍZKEMÉNYSÉGI TÉRKÉPE



# Szerves anyagok

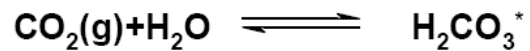
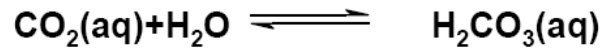
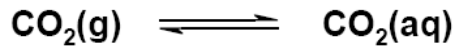
---

## ▶ Mért jellemző:

- ▶ Kémiai Oxigénigény (A vízben lévő anyagok redukáló képessége) (KOI, angol megfelelője COD) [ $O_2$  mg/liter] Meghatározása:  $K_2Cr_2O_7$ -tal vagy  $KMnO_4$ -tal oxidáció tömény kénsavas közegben  $150^\circ C$ -on, 2 órás forralást követően a reagens visszamérésével.
- ▶ A BOI (biológiai oxigénigény) (Az az oxigén mennyiség, amely térfogategységben lévő oldott, kolloidális és szuszpendált, bomlóképes szerves anyagok lebontásához szükséges)
- ▶ TOC (összes szerves szén)



# Szén-dioxid – víz rendszer

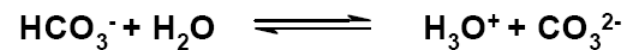
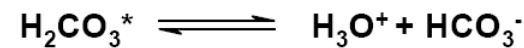


$$[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = [\text{CO}_2(\text{aq})] + [\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})]$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3^*} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3^*]}{p_{\text{CO}_2}} = 2.8 \cdot 10^{-2}$$

$$K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{p_{\text{CO}_2}} = 1.5 \cdot 10^{-3}$$

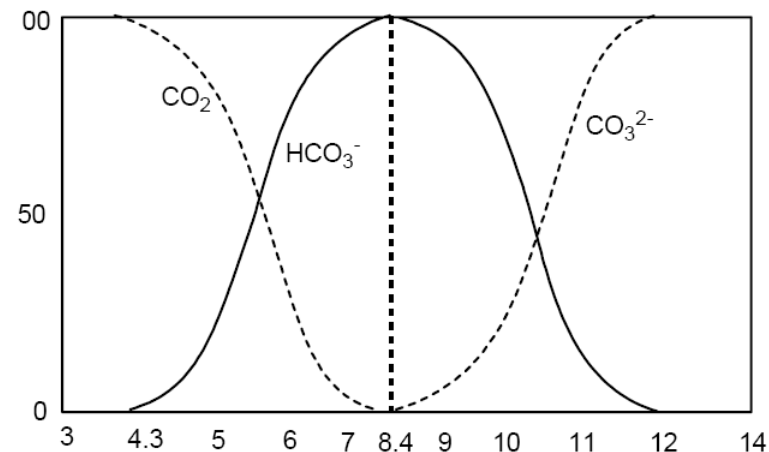
► Disszociáció:



$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3^*]} = 4.5 \cdot 10^{-7}$$

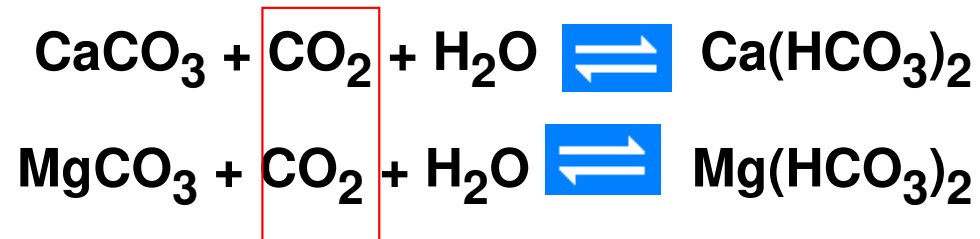
$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4.8 \cdot 10^{-11}$$

Szervetlen szén-  
vegyületek aránya a  
pH függvényében:



# A víz szén-dioxid tartalma

A szén-dioxid a vízzel érintkező, de a vízben rosszul oldódó kalcium- és magnézium-karbonátot jól oldódó hidrokarbonátokká alakítja



A hidrokarbonátok oldatban tartásához meghatározott mennyiségű szabad szén-dioxidra van szükség. Ha ez melegítéssel eltávozik a hidrokarbonátokból oldhatatlan karbonátok képződnek. **Kazánkő kiválás !**



# Vízben oldott gázok

---

## Metán

Mélyégi vizeknél különösen kőolaj és földgáz mező közelében. A felszínre kerülve a nyomás alatt oldott metán a vízből felszabadul és robbanás veszélyt okozhat pl.: zárt víztározóknál

## Ammónia

Szerves, nitrogén tartalmú anyagok bakteriális bomlása során képződik, Az ammónia tartalmú víz ívóvízként nem alkalmas

## Kén-hidrogén

Szerves, kén tartalmú anyagok bakteriális bomlásából vagy vulkánikus eredetű beoldódásból származik. Utóbbi esetben gyógyvíz.

**Kifejezetten korrozív tulajdonságú !**

---



# Vízben oldott szervetlen vegyületek, a víz **kation** tartalma

---

## nátrium- és káliumion

A földkéreg alkotó nátrium és kálium tartalmú kőzetekből oldódik be.

## kalcium- és magnéziumion

Leggyakoribb komponenes. A víz keménységét okozzák. A víz szén-dioxid tartalma növeli ezen ionok beoldódását.

## vas- és mangánion

A víz szén-dioxid tartalma növeli ezen ionok beoldódását



## ammóniumion

Szerves anyag szennyeződés jelzője.  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+$

## hidrogénion

pH < 5 esetén ökológiai és korróziós problémák

---



# Vízben oldott szervetlen vegyületek, a víz **anion** tartalma

---

## hidrogén-karbonát és karbonátion

Természetes vizek leggyakoribb alkotói. Kalcium és magnéziumionokhoz kötődve alkotják a **karbonátkeménységet**.

## Kloridion, szulfátion

Természetes vizek általános alkotói. Kalcium és magnéziumionokhoz kötődve alkotják a **nemkarbonát-keménységet**.

## nitrit és nitrátion

Szerves anyag szennyeződés jelzője. Ammónia biológiai oxidációjából ered. Ivóvízben jelenléte veszélyes mértékű lehet, fulladást okozhat.

## szilikátion

Alkáli-szilikátos ásványok oldásából, kovamoszatok bomlásából. Gőzturbina lapátjaira veszélyes (egyenetlen lerakódás), mivel vízgőzzel illékony.

## arzenátion

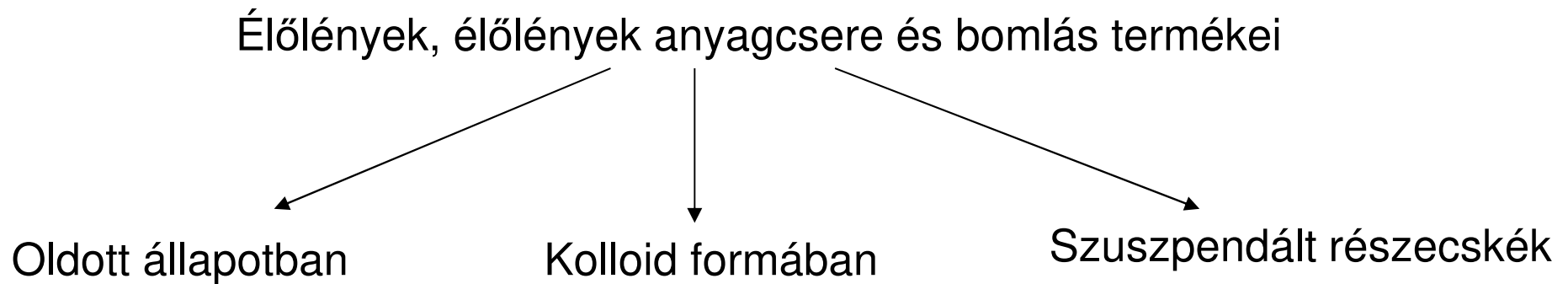
Élőszervezetekre kifejezetten toxikus. Nehéz eltávolítani.

---



# A víz szervesanyag tartalma

---



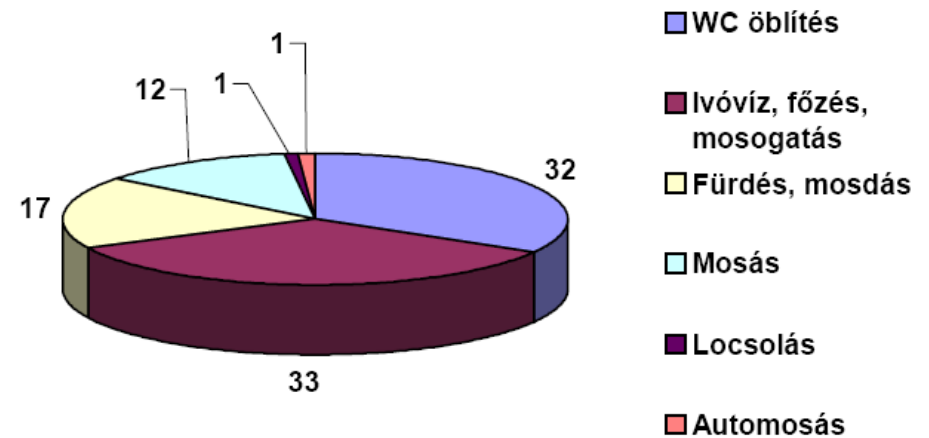
Egyik leggyakoribb szervesanyag tartalom a növényi részek bomlásából származó huminsavak



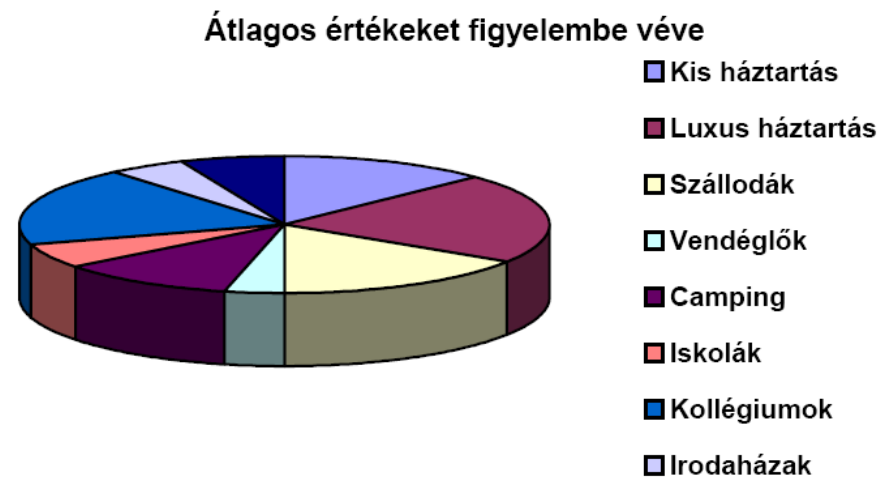
# Vízfelhasználási adatok

▶ Hazai lakosegyenérték:  
150 liter/nap, fő

▶ A háztartások átlagos  
vízfelhasználása



▶ Nem ipari tevékenység  
vízfelhasználása



# Ipari jellegű vízfelhasználás

<i>Iparág, termék</i>	<i>Vízfelhasználás</i>	<i>Dimenzió</i>
Acél hengerlés	1900	l / t
Vasöntöde	4000	l / t
Vegyszerek	5	l / l
Sörfőzde	5	l / l
Textilfestés	80	l / kg
Papíripar	54 000	l / t
Galvanizálás	15 000	l / t
Autóipar	5000	l / jármű
Alumíniumgyártás	8500	l / t
Húsfeldolgozás	16	l / kg

Hazai adatok:

<b>Iparág</b>	<b>Friss víz <math>10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}</math></b>	<b>Többször használt víz hányada (%)</b>	<b>Teljes vízhasználat <math>10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}</math></b>
<b>Bányászat</b>	<b>60</b>	<b>36</b>	<b>94</b>
<b>Villamos- energia ipar</b>	<b>1400</b>	<b>73</b>	<b>3810</b>
<b>Vegyipar</b>	<b>185</b>	<b>80</b>	<b>920</b>
<b>Könnyűipar</b>	<b>120</b>	<b>46</b>	<b>215</b>
<b>Élelmiszer- ipar</b>	<b>100</b>	<b>46</b>	<b>185</b>

# Az ivóvíz

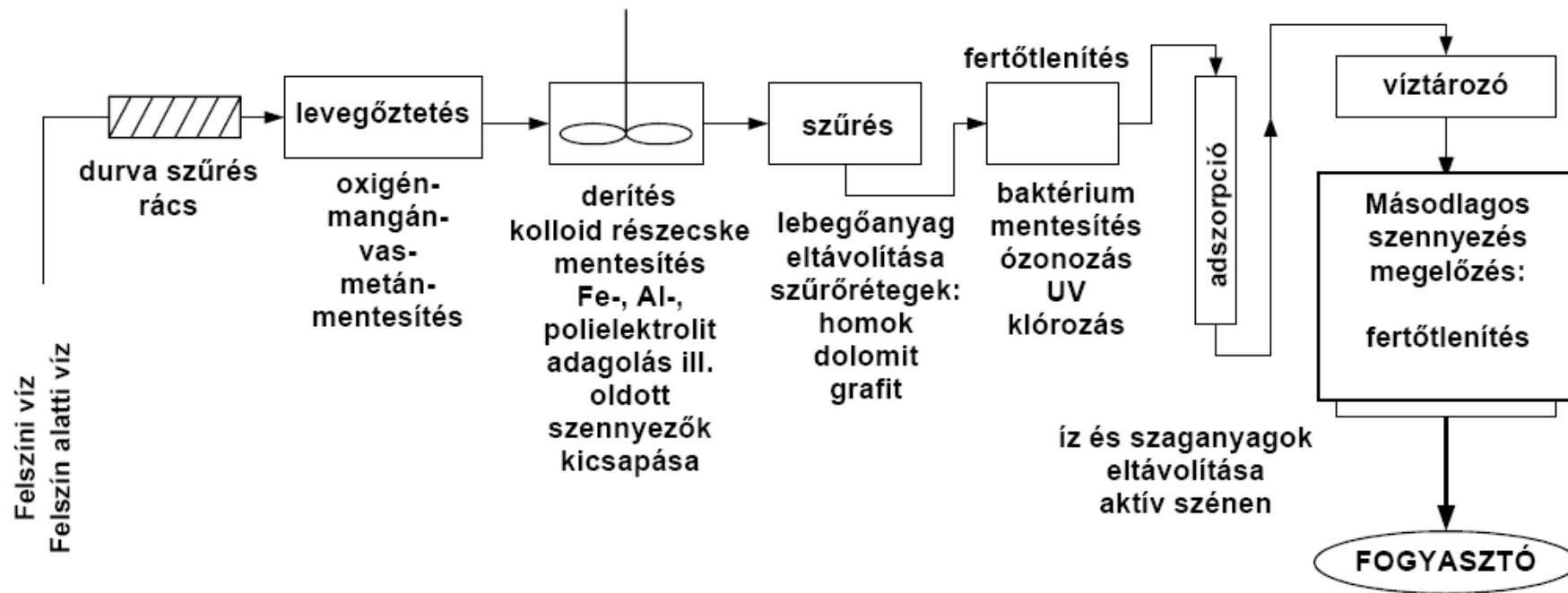
---

- ▶ Az ivóvíz nem tartalmazhat nem megengedhető koncentrációban egészségre káros anyagokat, azonban tartalmaznia kell mindazon anyagokat (ásványi anyagokat, nyomelemeket), amelyekre az emberi szervezetnek szüksége van és amelyeknek a felvétele az ivóvízzel biztosítható.
- ▶ Az ivóvíz lehetőleg ne okozzon korróziót, csapadékképződést.
- ▶ A vízcsőhálózatból kikerülő ivóvíznek esztétikai szempontból is kifogástalannak kell lennie, színtelen, szagtalan, friss és jóízű legyen.
- ▶ A vízszolgáltató feladata, hogy mindenkor megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz álljon rendelkezésre kellő hálózati nyomáson.
- ▶ Az ivóvíz minőségénél fogva kezelése során (a vízkivételtől a fogyasztóig) ne okozzon a műveleti egységekben üzemeltetési gondot, és lehetőleg ne keletkezzen a kezeléskor egészségkárosító ill. minőségrontó komponens. (pl. ne okozzon korróziót, csapadékképződést, ne képződhessen robbanóképes elegy, az alkalmazott vegyszerekkel ne reagáljanak a víz összetevői kellemetlen ízű, szagú ill. karcinogén, mutagén vegyületek képződését eredményezve.)



# Ivóvíz előállítása

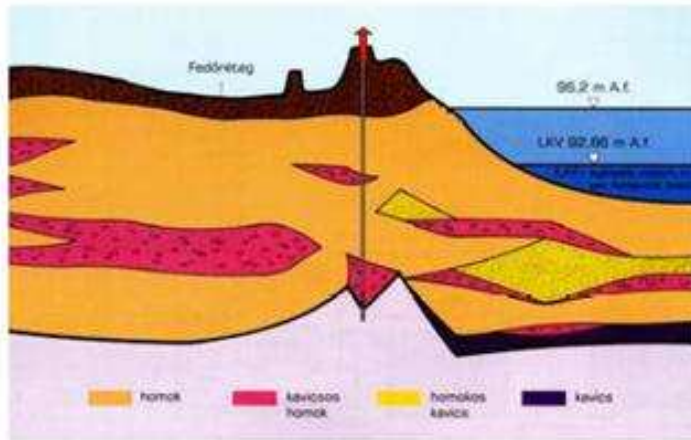
- ▶ A víztisztítás általános folyamatábrája:



# Vízszerezési módok

---

Elsősorban különböző típusú kutakból



[Forrás: Fővárosi Vízművek tájékoztatója]



Parti szűrésű kutak

- ▶ A vizet kétféleképpen lehet megtisztítani. Az egyik módja, amit tulajdonképpen a természet végez el az, hogy amikor a víz több kavics és homokrétegen keresztül halad a mélyben, ezekben a kavics és homokszemcsékben a szennyeződések megakadnak. Így a víz már a mélyben megtisztul.
  - ▶ A másik út, amikor a kutakból kinyert vizet a víztisztító műbe vezetik, ahol mesterségesen készített szűrők szűrik ki a vízből a szennyeződések, természetesen itt is több lépcsőben.
- 



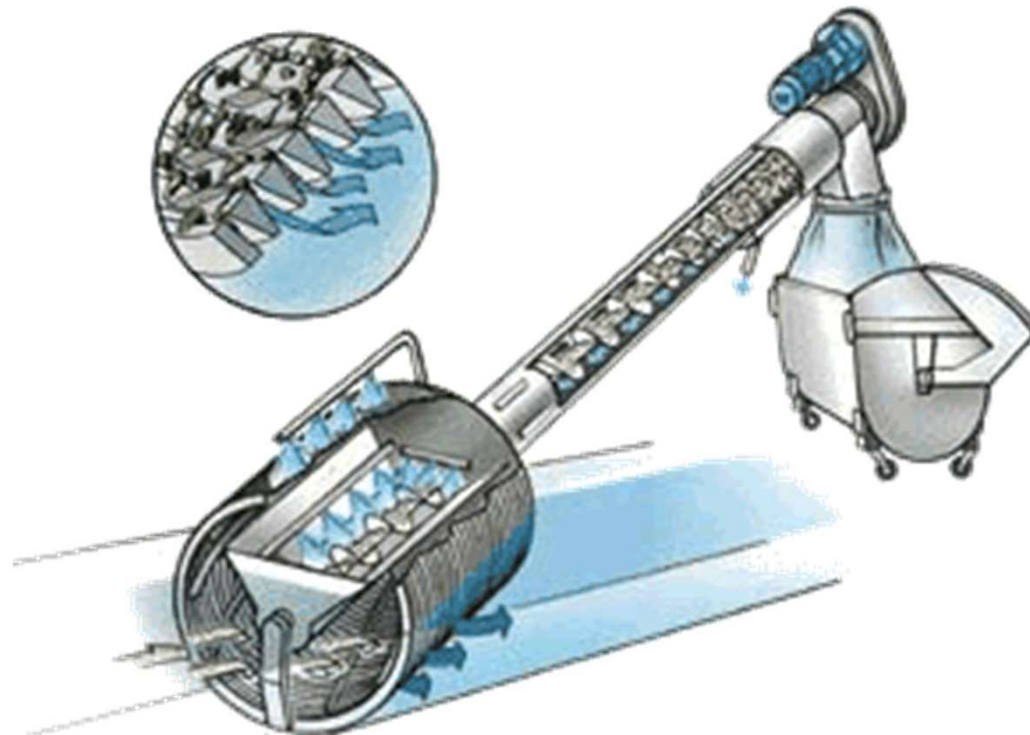
# Durva szűrés

(szennyvíz, ivóvíz felszíni vízkivételnél)

Célja: a víz felszínén úszó nagyobb méretű anyagok eltávolítása.



**Előszűrő rács szennyvíz  
kezelésnél**



**A rácsszemét folyamatos eltávolítása**



# Ülepítés

(szennyvíz, ivóvíz felszíni vízkivételnél)

Célja: a víznél nagyobb sűrűségű lebegő szennyeződések, homok, iszapszemcsék eltávolítása.



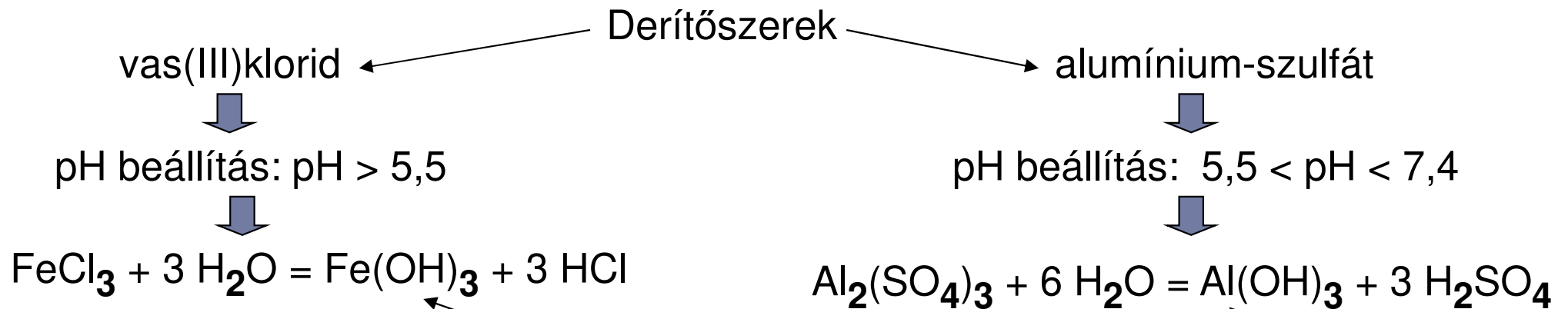
**Az ülepítőegységben a víz áramlási sebessége lecsökken, a tartózkodási idő alatt  
A megfelelő méretű szilárd szemcsék kiülepednek**



# Víz derítése

(szennyvíz, ivóvíz esetén)

Vízben diszpergált 0,01 mm-nél kisebb szemcsenagyságú anyagok eltávolítása a vízben kémiaailag előállított nagyfelületű jól ülepedő csapadékkal.



Nagyfelületű pelyhes ülepedő csapadék



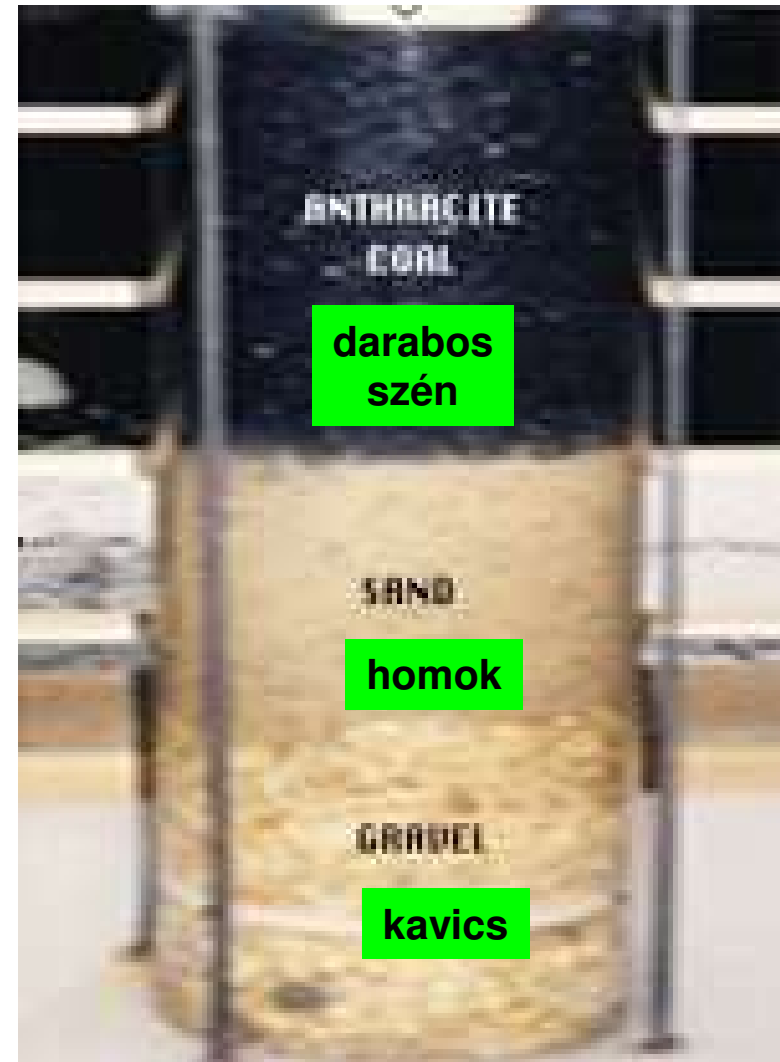
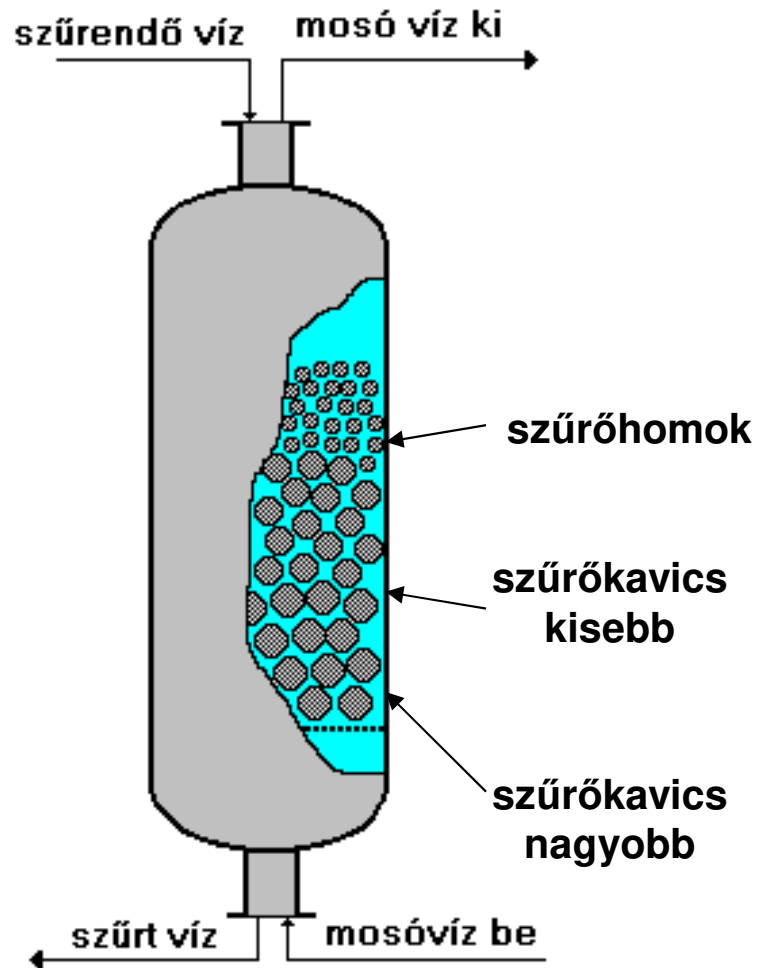
▶ flokkuláció

flokkulációs tartály

# Szűrés

(csak ivóvíz előállítás esetén)

0,1 ... 1  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcseméretű anyagok eltávolítása vegyszer használat nélkül.



▶ rétegek sorrendje és a szűrendő víz iránya lényeges a tisztíthatóság szempontjából.

---

## GÁZTALANÍTÁS (ivóvíz és ipari víz előállítás)

```
graph TD; A[GÁZTALANÍTÁS (ivóvíz és ipari víz előállítás)] --> B[metántalanítás]; A --> C[szén-dioxid mentesítés]; A --> D[levegő eltávolítás, oxigén mentesítés];
```

### metántalanítás

A mélyből felhozott víz tárolásakor a robbanásveszély elhárítása érdekében

### szén-dioxid mentesítés

Korrózió veszély elhárítása érdekében

### levegő eltávolítás, oxigén mentesítés

Korrózió veszély elhárítása érdekében



# Metántalanítás

(ivóvíz előállítás)

A robbanásveszélyes gázt tartalmazó vízhez tisztított levegőt keverve (vízsugár-levegő injektor) a kezelendő vizet a gázmentesítő tartályban mechanikus hatással (szálas anyagon való csörgedeztetés, ütköztetés), kismértékű nyomáscsökkentéssel segítik elő a metán felszabadulását, amelyet az előzetesen bekevert levegővel együtt folyamatosan elszívnak.



← Ilyen volt

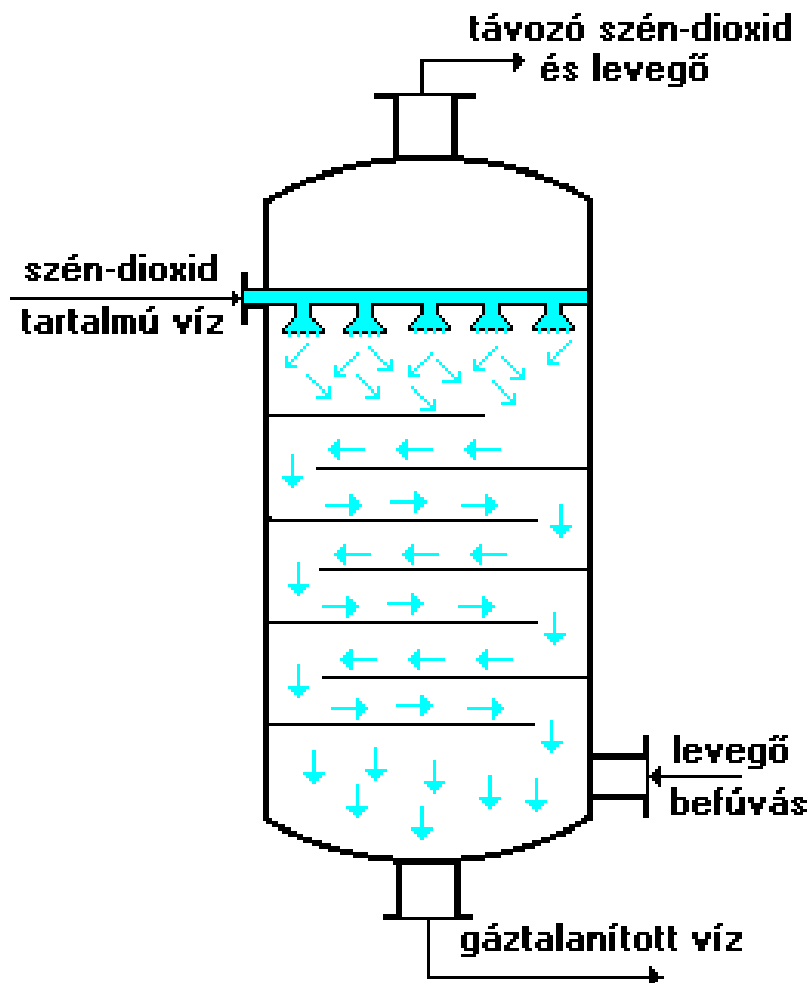
Ilyen lett →



# Szén-dioxid eltávolítás

(ipari víz előállításakor)

Ha a víz oxigéntartalma nem zavaró, akkor a szén-dioxidot a víz levegővel történő szellőztetésével lehet kiűzni.

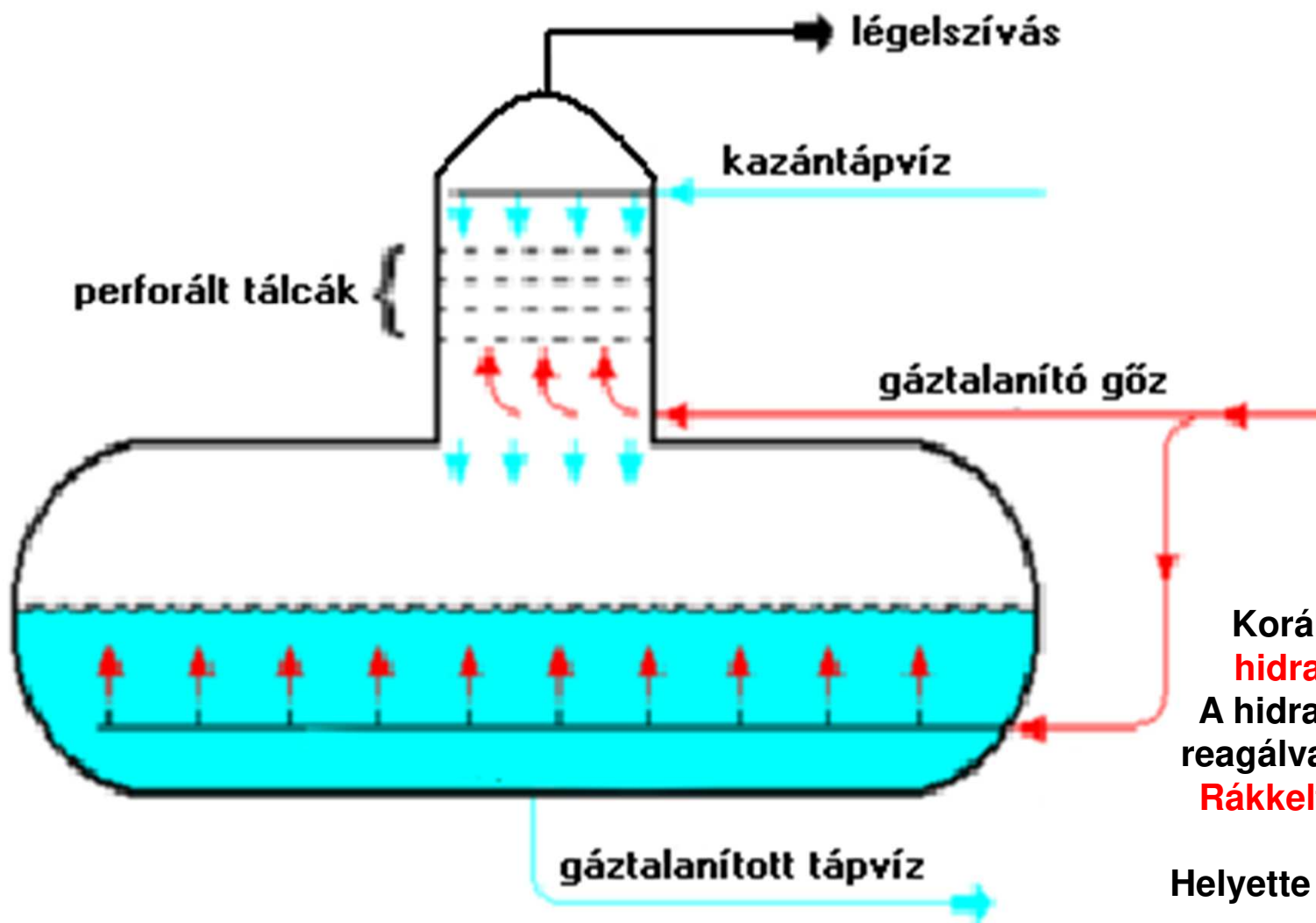


Ipari gáztalanító

# Oxigén eltávolítás

(kazántápvíz előállítás)

Kazántápvíz előkészítésekor nélkülözhetetlen



Korábban gyakran használtak **hidrazint** oxigén eltávolításra. A hidrazin a víz oxigéntartalmával reagálva nitrogénre és vízre bomlik. **Rákkeltő hatása miatt használatát korlátozták.** Helyette nátrium-szulfit alkalmazható  
 -----  
 ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )

► Kazántápvíz légtelenítő

# Vastalanítás

(ivóvíz esetén)

---

Az oldott vasion kellemetlen ízhatású, a vizet sárgára színezi és csapadék formájában kiválik.

**Az ivóvíz előállításakor vegyszert nem célszerű alkalmazni!**

A víz vastalanítása a víz intenzív levegőztetésével érhető el, melynek során az oldható vas(II)-hidrogén-karbonát vas(III) hidroxid csapadékká alakul át.



Baktérium szűrőn  
átvezetett levegőből



Szűrhető, pelyhes csapadék

---



# Szilikátmentesítés

(kazántápvíz esetén)

A kvasav  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  nyomás, hőmérséklet és pH függvényében a vízgőzzel együtt elgőzölögtethető, így cseppáthordás nélkül is a turbinalapátok elszódását okozza.



Egyenetlen szilikát lerakódás a turbina lapátokon

A forrcsőben, kondenzvízben alkáliföldfém-, alumínium-, és vas tartalommal nehezen eltávolítható vízkőlerakódást okoz.



**A víz szilikáttartalma derítéssel (lásd víz derítése flokkulációval) vagy ioncserével (lásd később) távolítható el**

# Olajtalanítás

(szennyvíz, kazántápvíz, kondenzvíz esetén)

A kondenzálódó olajos víz olajtartalma a hőátadó felületet bevonva rontja a hőátadást.



Kis olajtartalomnál aktív szénrel töltött oszlop.  
Az aktív szén adszorbeálja az olajat

A felúszó olaj lefolyozése hosszanti  
▶ átfolyású üleptőben

# A víz fertőtlenítése

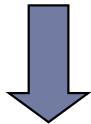
(ivóvíz esetén)

**Célja: az ivóvízben található mikroorganizmusok elpusztítása**

**Leggyakoribb technológia a víz klórozása**



A víz szerves anyag tartalmával  
reagálva egészségre káros és  
kellemetlen szagú szerves klór  
vegyületek képződnek.



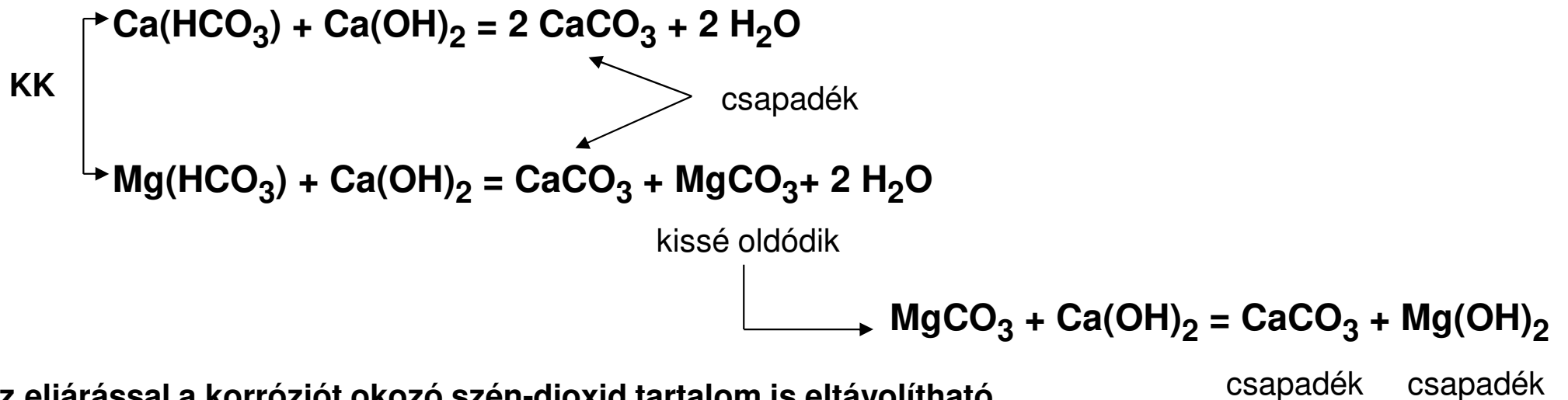
**Eltávolítás: adszorpció aktív szénnel  
töltött oszlopon**

## Alternatív lehetőségek:

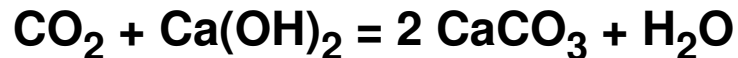
- víz ózonos kezelése  
(drága, hatás csak a gyárkapuig)
- fertőtlenítés klórdioxiddal (drágább)

# Meszes vízlágyítás

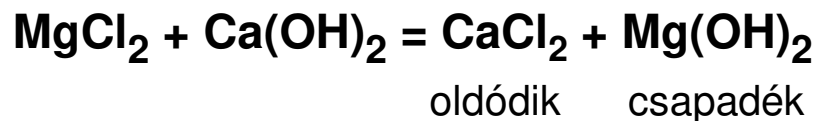
A víz karbonátkeménységét (KK) telített kalcium-hidroxiddal (mészvíz vagy mésztej) oldhatatlan csapadékká alakítjuk.



Az eljárással a korróziót okozó szén-dioxid tartalom is eltávolítható



A nem karbonát-keménységet okozó magnézium só szintén reagál, de a magnézium kicsapódásakor vele egyenértékű kalcium megy oldatba, így a **folyamat során a nemkarbonát-keménység változatlan.**



# Meszes vízlágyítás anyagszükséglete

$$\text{CaO g/m}^3 = 56( \text{KK} + \text{MgK} + \text{CO}_2 )$$

1 m<sup>3</sup> lágyítandó vízhez szükséges 100 % tisztaságú CaO mennyisége grammban

A nyersvíz szén-dioxid tartalma mmol /dm<sup>3</sup>

A nyersvíz magnézium - keménysége mmol CaO/dm<sup>3</sup>

A nyersvíz karbonátkeménysége mmol CaO/dm<sup>3</sup>

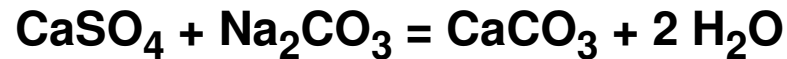
A vízelőkészítéshez használt vegyszerek közül a mész (CaO) a legolcsóbb, ezért a meszes lágyítást ún. előlágyításként használják.



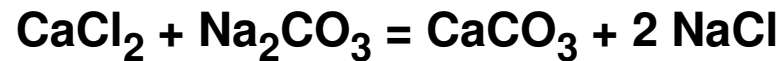
# Mész – szódás lágyítás

---

A mész – szódás lágyítás első lépésében a meszes vízlágyításban leírtaknak megfelelően eltávolítjuk a víz karbonátkeménységét (KK), majd szódával, azaz nátrium – karbonáttal ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a nemkarbonát - keménységet (NKK)




csapadék



csapadék

**Maradék keménység 40 °C-on 0,55 – 0,75 mmol CaO/dm<sup>3</sup>**  
**70 °C-on 0,1 - 0,2 mmol CaO/ dm<sup>3</sup>**

---



# Ioncserés vízlágyítás

**Cél:** a víz kalcium- és magnéziumionjainak lecserélése vízkövesedést nem okozó nátriumionra.

**Megvalósítás:** a víz átáramoltatása nátriumiont tartalmazó kationcserélő gyantával töltött oszlopon.



Az egyensúlyi folyamatnak megfelelően a kimerült kalcium és magnézium tartalmú gyanta tömény nátrium-klorid oldattal regenerálható.

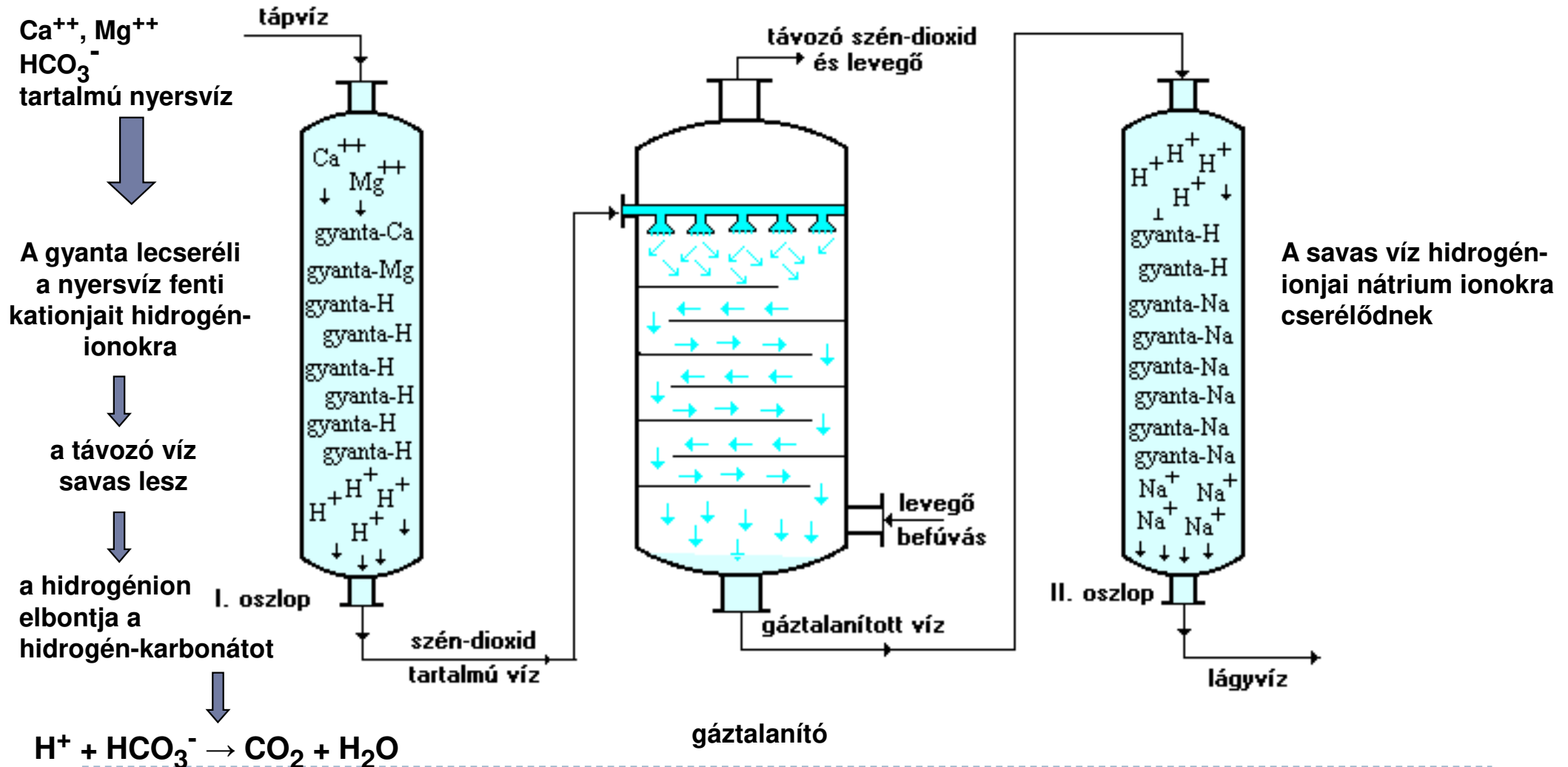


Kationcserélő gyanta bármilyen kationt ( pl.: hidrogénion, nátriumion) tartalmazó formában

# Kisnyomású kazántápvíz előkészítés ioncserés vízlágyítással

Nem elegendő csak a kalcium- és magnéziumionokat eltávolítani, a hidrogén-karbonátoktól ( $\text{HCO}_3^-$ ) is meg kell szabadulni. Melegen bomlik és korrózió-veszélyes szén-dioxid szabadul fel.

## Vízlágyítás és karbonátmentesítés egyáramos eljárással



# Teljes sómentesítés ioncserélő gyantával

---

**Kationcserélő gyanta:**



**Anioncserélő gyanta:**



A kimerült anioncserélő gyanta nátrium-hidroxid oldattal regenerálható

A kezelendő vizet

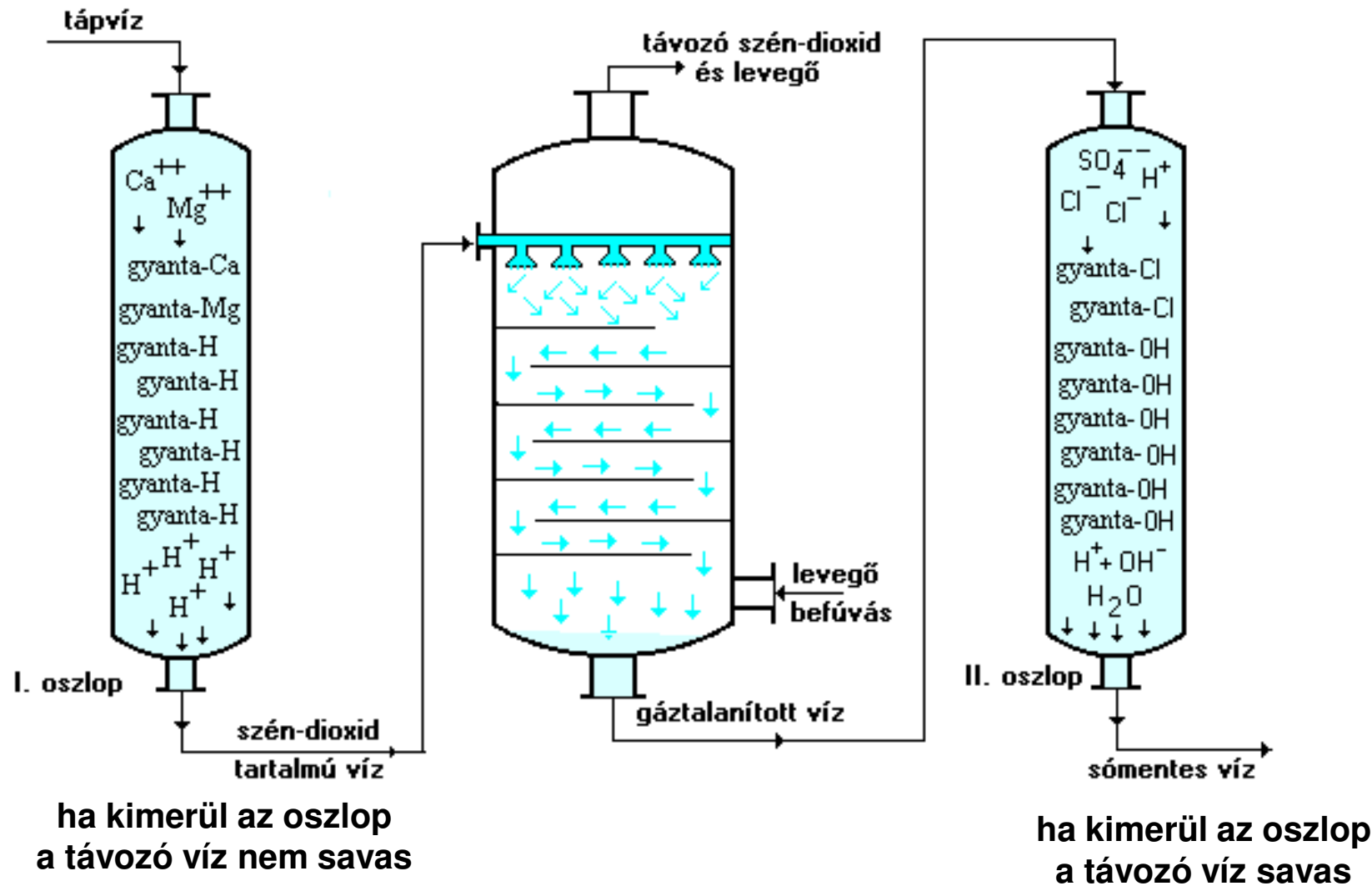
1. kationcserélő oszlopon vezetik keresztül,
2. a savasodás miatt felszabaduló szén-dioxidot kiszellőztetik,
3. anioncserélő oszlopon vezetik keresztül

**A kapott sómentes víz semleges kémhatású !**

---

# Teljes sómentesítés ioncserélővel

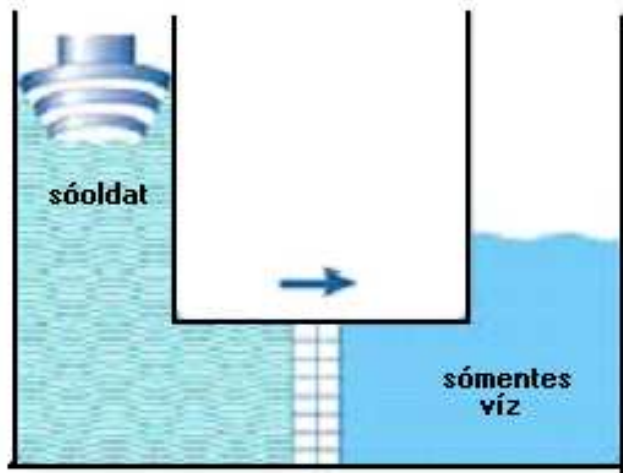
## Nagynyomású kazántápvíz előkészítés



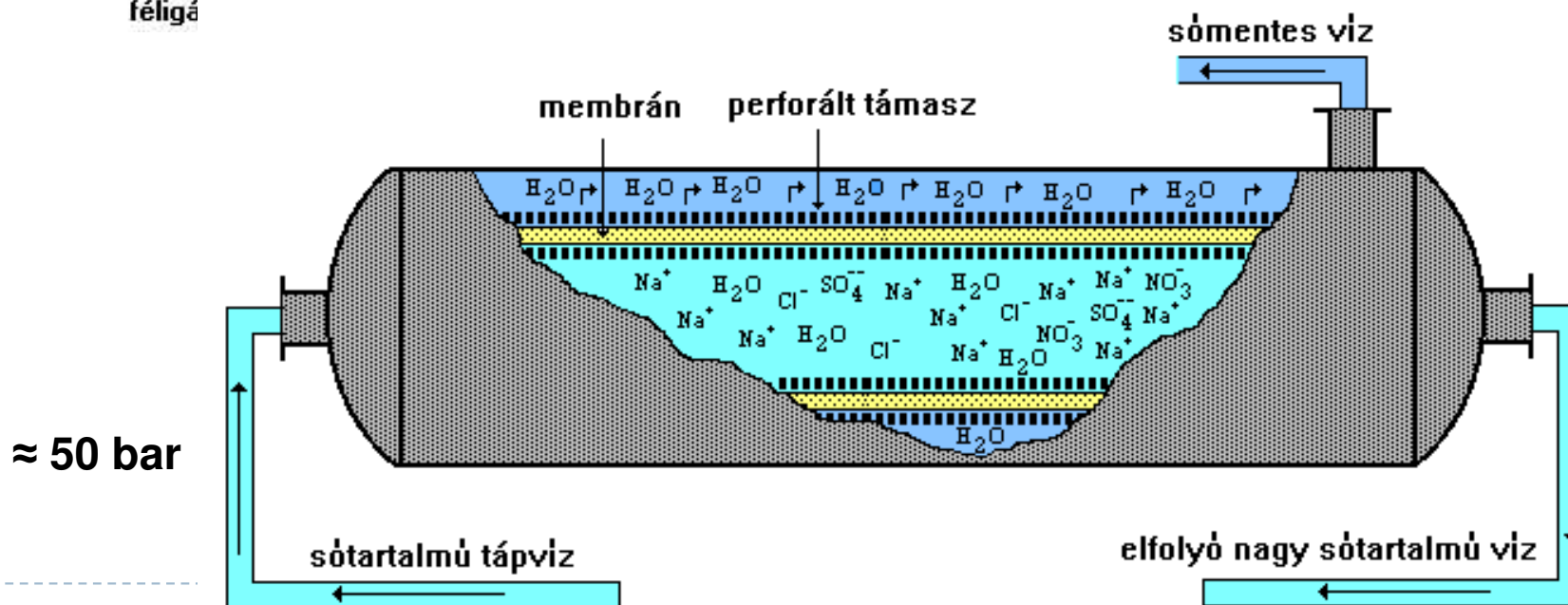
**Az oszlopok sorrendje nem cserélhető fel, mert ha a tápvíz először az anioncserélő oszlopra kerül, akkor a képződő kalcium- és magnézium-hidroxid lerakódik a gyantára.**

# Teljes sómentesítés fordított ozmózissal, ivóvíz tengervízből

nyomóerő



féligá

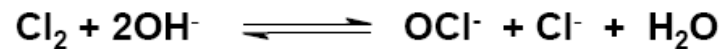
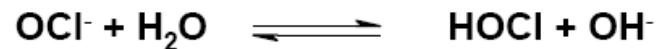
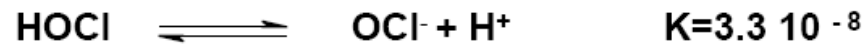
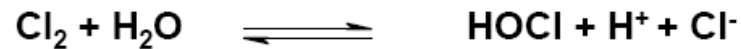


# Fertőtlenítés

---

## ▶ Klórozás

- ▶ Az oldott szerves anyagot oxidálja
- ▶ A mikroorganizmusokat enzimeik roncsolásával pusztítja
- ▶ Reakciók:



- ▶ Ózonozás
  - ▶ UV-besugárzás
  - ▶ Katodyn eljárás
  - ▶ Klórdioxid alkalmazása
  - ▶ Hidrogén-peroxid
  - ▶ Kombinált módszerek
- 



# Ipari vizek

---

- ▶ Oldószer
- ▶ Reagens
- ▶ Mosó/öblítővíz
- ▶ Hűtővíz
  - ▶ Ne tartalmazzon agresszív anyagokat.
  - ▶ Lehetőleg kicsi legyen a változó keménysége, ne rakódjon le kazánkő a hűtendő felületen.
  - ▶ Ne tartalmazzon lebegő anyagokat, amelyek a hűtőfelületen lerakódhatnak, dugulást idézhetnek elő.
  - ▶ Megfelelően hideg legyen, nagyobb termikus hajtóerő (a hőcsere a hőátadó felülettel és a hőmérséklet különbséggel arányos).
- ▶ Kazánvíz (tápvíz)
  - ▶ Ne okozzon habzást, amely különösen gyakori jelenség nagy sókoncentráció, felületaktív anyagok és lúgosság esetén.
  - ▶ Ne legyen korrozív; szabad szénsav, oldott oxigén, Mg-sók.
  - ▶ A tápvízből ne képződjön kazánkő, a kazánkőnek rendkívül rossz a hővezetési tényezője, túlmelegedést idézhet elő, sőt kazánrobbanás is bekövetkezhet.



# Vízlágyítás

---

- ▶ Cél: a keménység részleges vagy teljes megszüntetése, esetleg teljes sótalanítás

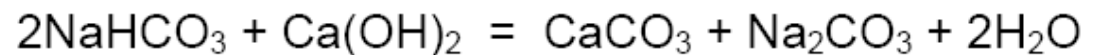
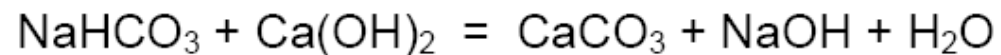
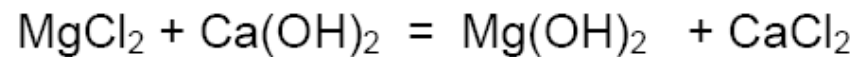
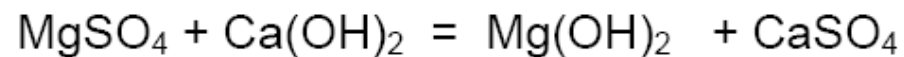
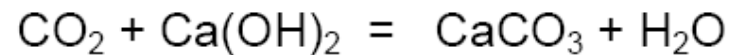
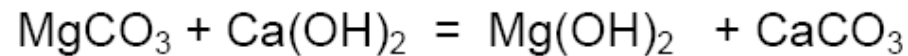
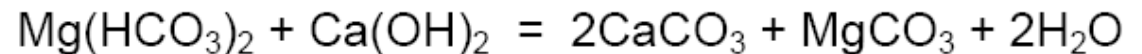
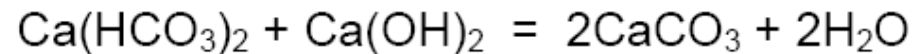
## 1. Termikus eljárás:



- ▶ Részleges sótalanítás, változó keménység megszüntetése

## 2. Meszes-szódás vízlágyítás:

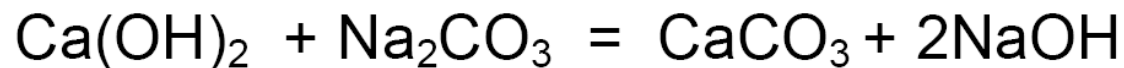
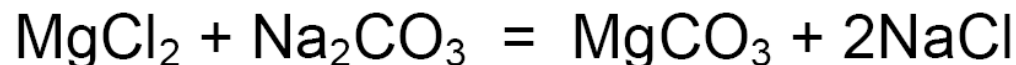
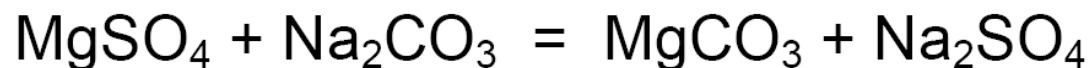
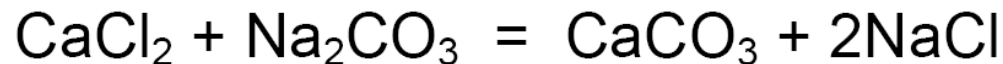
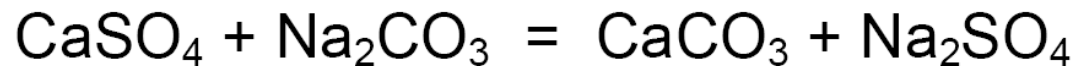
- ▶ A mész  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a legolcsóbb vízlágyítószer. 2-3 nk°-ig lehet ezzel a módszerrel lágyítani.



# Vízlágyítás

---

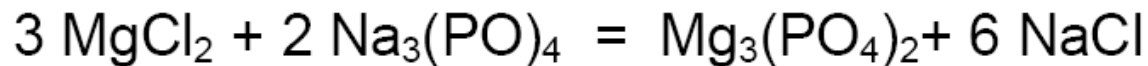
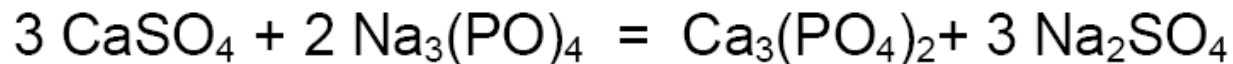
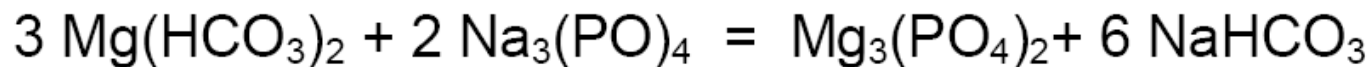
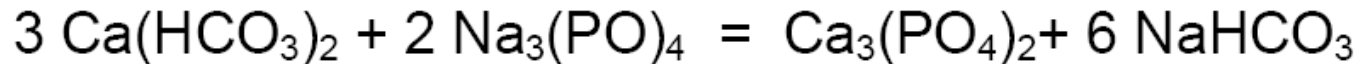
- ▶ Szódával nem csak a karbonátok (hidrokarbonátok), hanem az egyéb sók is eltávolíthatók. A  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tömegegységre eső ára tízszer nagyobb a mésznél.
- ▶ Gazdaságosabb a két módszer együttes alkalmazása: a változó keménységet mésszel, az állandót pedig – pontosan számított módon – szódával távolítjuk el. Az így iparilag elérhető lágyított víz keménysége  $2 \text{ nk}^\circ$ .



# Vízlágyítás

---

## 3. Alkáli-foszfátos vízlágyítás



- ▶ A változó keménységből keletkező  $\text{NaHCO}_3$  kiküszöbölésére (termikus) előlágyítás után alkalmazzák. A víz keménysége a kalcium- és magnézium foszfátok kis oldhatósága miatt 0.1-0.15 nk°-ra csökkenthető (a meszes-szódás eljáráshoz képest lágyabb vizet eredményez)



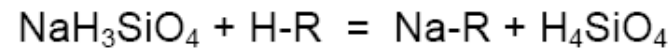
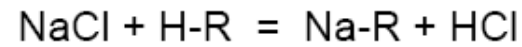
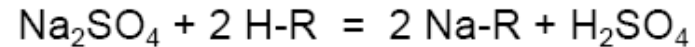
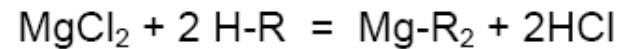
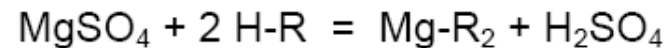
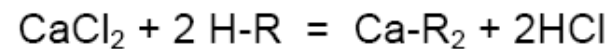
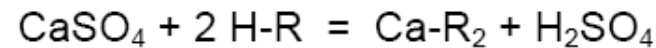
# Vízlágyítás

---

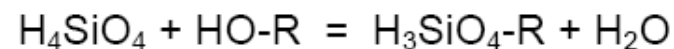
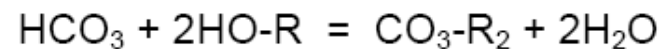
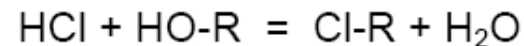
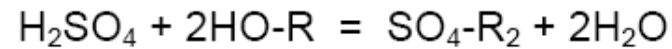
## 4. Ioncserés vízlágyítás

- ▶ Kisfokú keménység létrehozásának elterjedt módszere az ioncserés vízlágyító eljárás
- ▶ Lényege: olyan anyagok használata, amelyek a földalkáli sók kationjait és anionjait kicserélik vagy eltávolítják a vízből
- ▶ Ilyen óriásmolekula a zeolit, amely szerkezetéből fakadóan megköti a Ca-ionokat
- ▶ Ma már mesterségesen előállított szintetikus gyantaalapú ioncserélőket alkalmaznak. Pl. Wofatit = szulfonált bakelit, melynek aktív csoportja az  $-\text{SO}_3\text{H}$  szulfonsav-csoport
- ▶ Az ioncserélők vízoldhatatlanok, ezért rajtuk keresztül áramoltatjuk a vizet.

- Kationcsere:

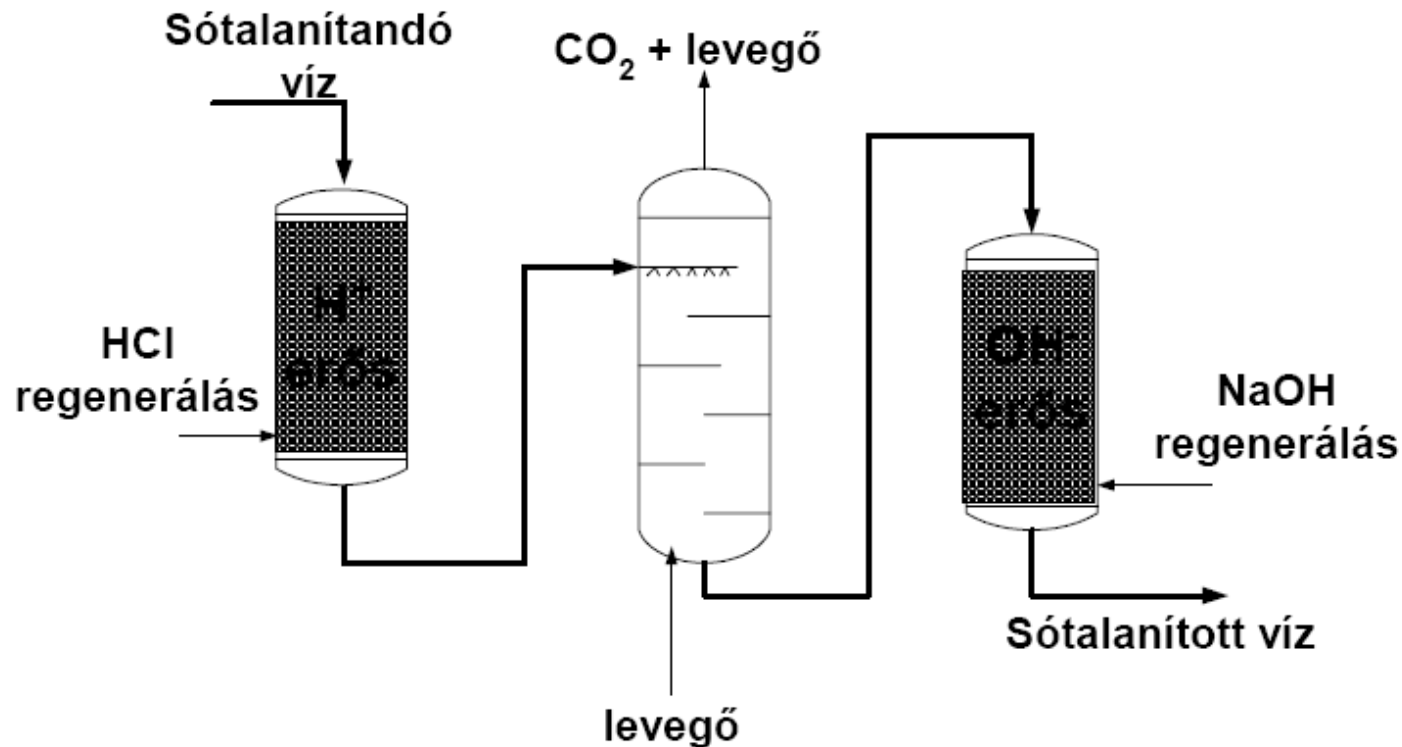


- Anioncsere:



# Az ioncserés vízlágyítás folyamata

---



- ▶ Az ioncserélő gyanták – a katalizátorokhoz hasonlóan – a használatától porlanak, bizonyos idő után nem használhatók, mert eltömítik a készüléket.



# Szennyvizek

---

- ▶ **Vízszennyezők csoportosítása jellegük és hatásaik alapján:**
    1. Szuszpendált anyagok: szerves és szervetlen anyagokból álló finom szemcsés anyagok, például a folyók partvonalala mentén lerakódó iszap.
    2. Színt és zavarosságot okozó nehezen bontható anyagok.
    3. Olajok és úszó anyagok: esztétikailag kellemetlenek, meggátolják a víz oxigénfelvételét.
    4. Toxikus vegyületek.
    5. Biológiailag nehezen, vagy egyáltalán nem bontható anyagok például szerves mikroszennyezők: potenciális karcinogén hatásúak..
    6. Oldható szerves anyagok: az oldott oxigén hiányának növekedését eredményezik a felszíni vizekben.
    7. Oldható szerves anyagok, amelyek a vízellátásban íz- és szagrontó hatásúak.
    8. Oldott szervetlen vegyületek (halobitász), hőszennyezés; jelentősen módosítják a vízi életfeltételeket.
    9. Savak és lúgok.
    10. Tápanyagok: nitrogén, foszfor, a felszíni vizek eutrofizációját okozzák.
    11. Kórokozó szervezetek (baktériumok, gombák, vírusok, férgek stb.); fertőzőképesség
- 



# Szennyvizek csoportosítása eredetük szerint

- ▶ kommunális vagy háztartási szennyvíz
- ▶ mezőgazdasági szennyvizek
- ▶ ipari szennyvizek, melyek osztályozása:

Rendkívül káros	Erősen káros	Részben káros	Kevésbé káros
Fenolok, olajok, zsírok, kátrány, hajtóanyagok, páclevék, nehézfém-tartalmú, galvánüzemi szennyvizek, papíripari vágóhidak, gyártási levek, bőripari szennyvizek	Papíripari, tejiipari, sőriipari, szennyvizek, vágóhidak, húsiipari, előtisztított szennyvizei, mosodák vizei	textilipari, cukoripari, szeszipari, bőripari, Pácolás nélküli dolgozó üzemek, cementgyárak, bányászati üzemek, zöldség-, gyümölcs-konzervgyártás szennyvizei	Olyan semlegesített, mechanikailag és biológiailag kellően tisztított ipari szennyvizek, amelyek számottevően nem károsítják az oxigénháztartást a befogadókban



# A szennyvizek szagát okozó főbb vegyületek

<i>Komponens</i>	<i>Összegképlet</i>	<i>Előidézett szag</i>
<i>Nitrogéntartalmúak</i>		
aminok	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	halszag
ammónia	$\text{NH}_3$	csípős ammóniaszag
diaminok	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ , $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	rothadt hús
szkatol	$\text{C}_8\text{H}_5\text{NHCH}_3$	
<i>Kéntartalmúak</i>		
kénhidrogén	$\text{H}_2\text{S}$	záptojás
merkaptánok	$\text{CH}_3\text{SH}$ , $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	rothadó káposzta
szerves szulfidok	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$ , $\text{CH}_3\text{SSCH}_3$	rohadó káposzta
kén-dioxid	$\text{SO}_2$	szúrós, savas
<i>Egyebek</i>		
klór	$\text{Cl}_2$	klórszag
klórfenol	$\text{Cl-C}_5\text{H}_4\text{-OH}$	fenolos gyógyszer

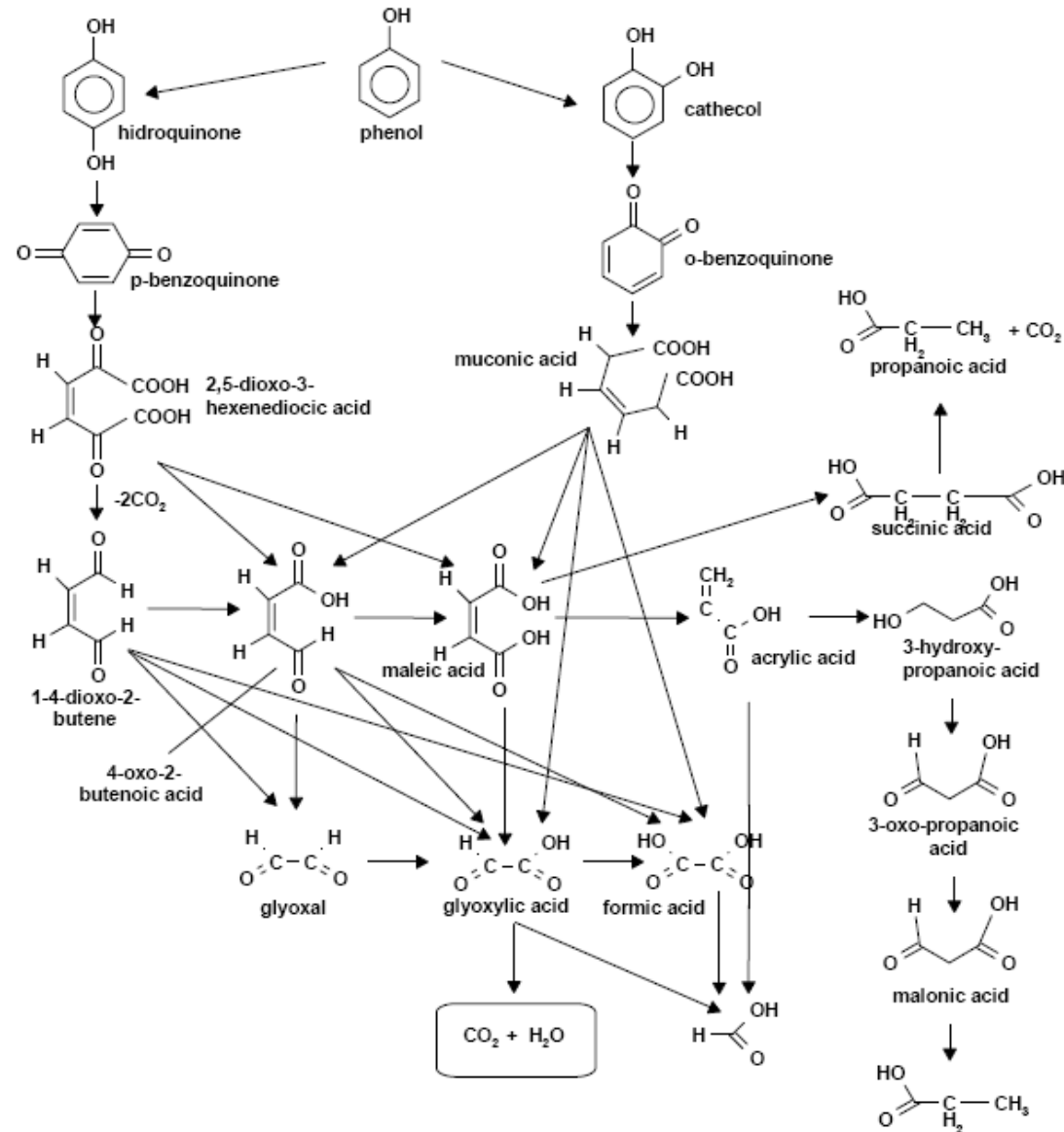
# Szerves anyagok a szennyvízben

---

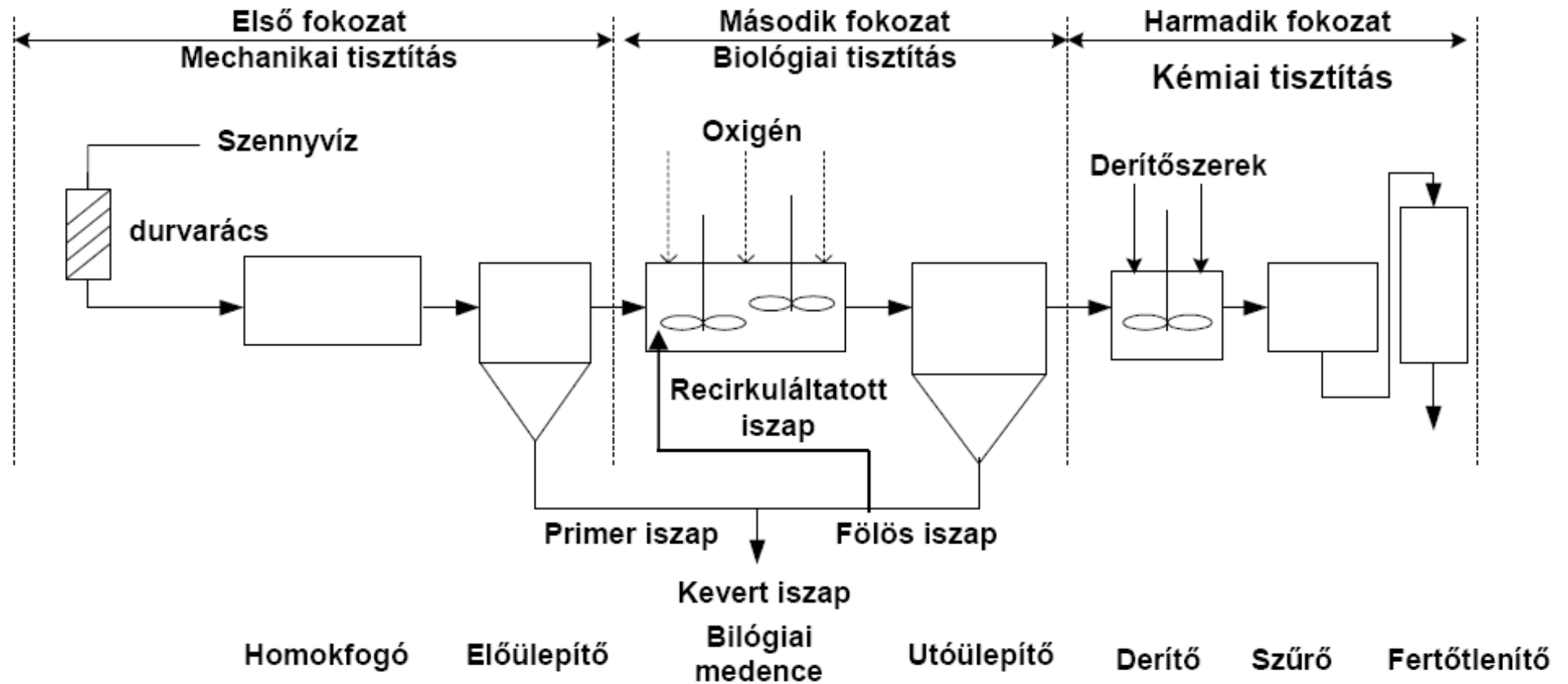
- ▶ A szervesanyag tartalom mérésére alkalmazott összegparaméterek (jellemző mennyiségek):
  - ▶ KOI: kémiai oxigénigény [ $O_2$  mg/liter].
  - ▶ BOI: biológiai oxigénigény [ $O_2$  mg/liter].
  - ▶ TOC: összes szerves széntartalom [ $O_2$  mg/liter]
- ▶ A szerves anyagok lebontása történhet:
  - ▶ biológiai úton: aerob és anaerob
  - ▶ kémiai oxidációval, pl.: nedves oxidáció
- ▶ A szerves anyagok oxidatív lebontása rendkívül bonyolult, rengeteg melléktermék keletkezik.



# A fenol oxidatív lebontása



# A szennyvíztisztítás folyamatábrája



---

---



---

---



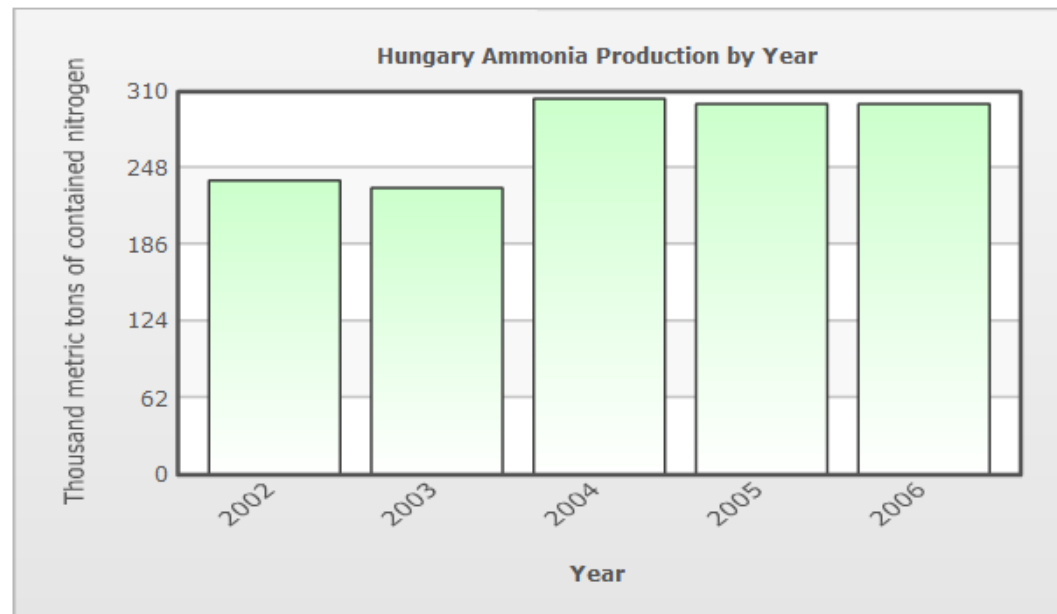
**Levegő**  
**Gépek működésének**  
**termodinamikai kapcsolatai**

**Hűtőgépek**

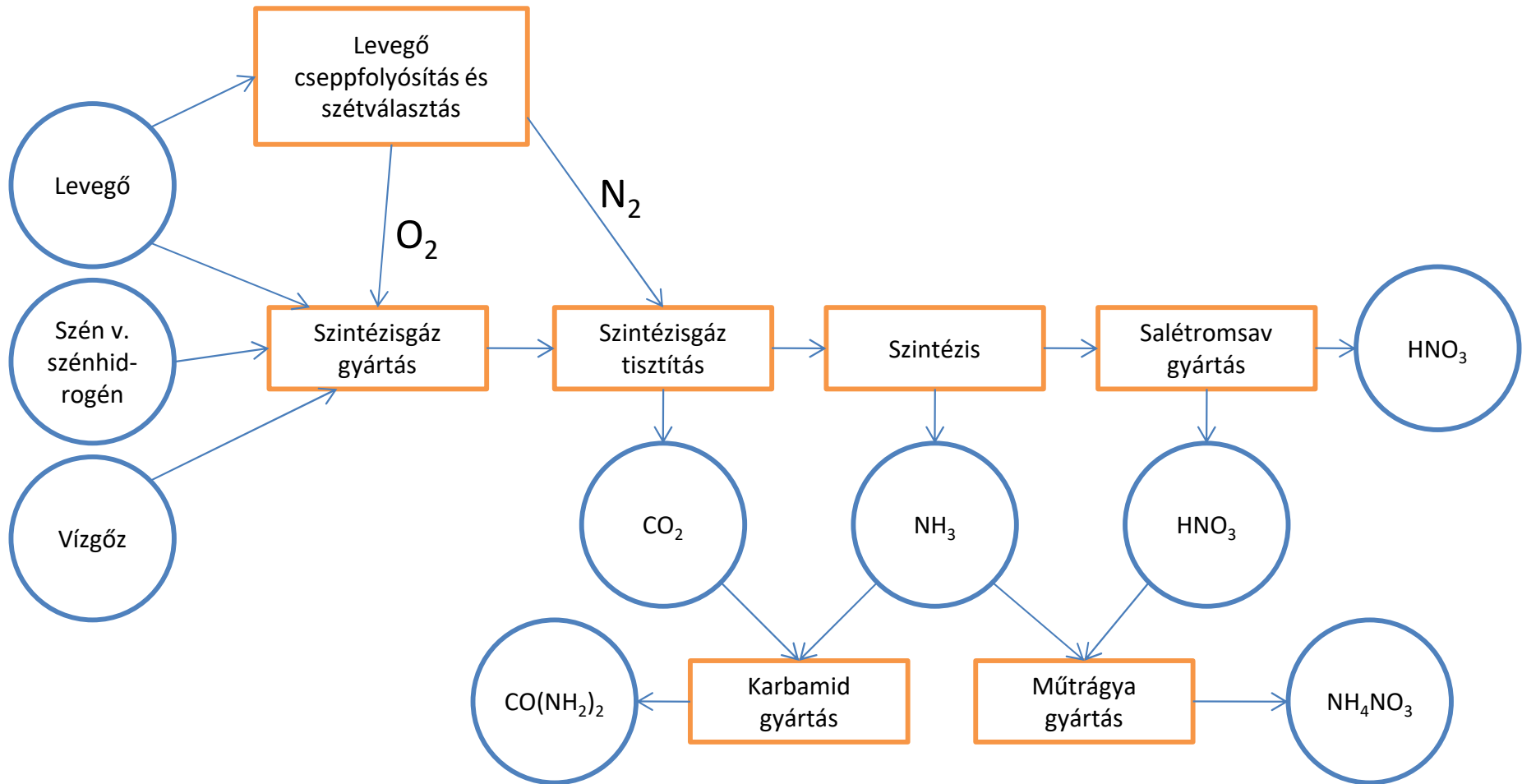
# Bevezetés

- A nehézsvegyipar egyik legfontosabb ága
- Termékei: ammónia, salétromsav, N-tartalmú műtrágyák
- A termelt ammónia 85%-át műtrágya vagy ammónia alakjában trágyázásra használják

Év	Világ Termelés (Mt)
1930	1,5
1950	4,4
1960	17,0
1970	46,0
1980	96,0
2002	109,0
2006	124,0



# Nitrogénmű blokkcsémája



# Levegő cseppfolyósítása

- A száraz levegő összetétele, fizikai jellemzői

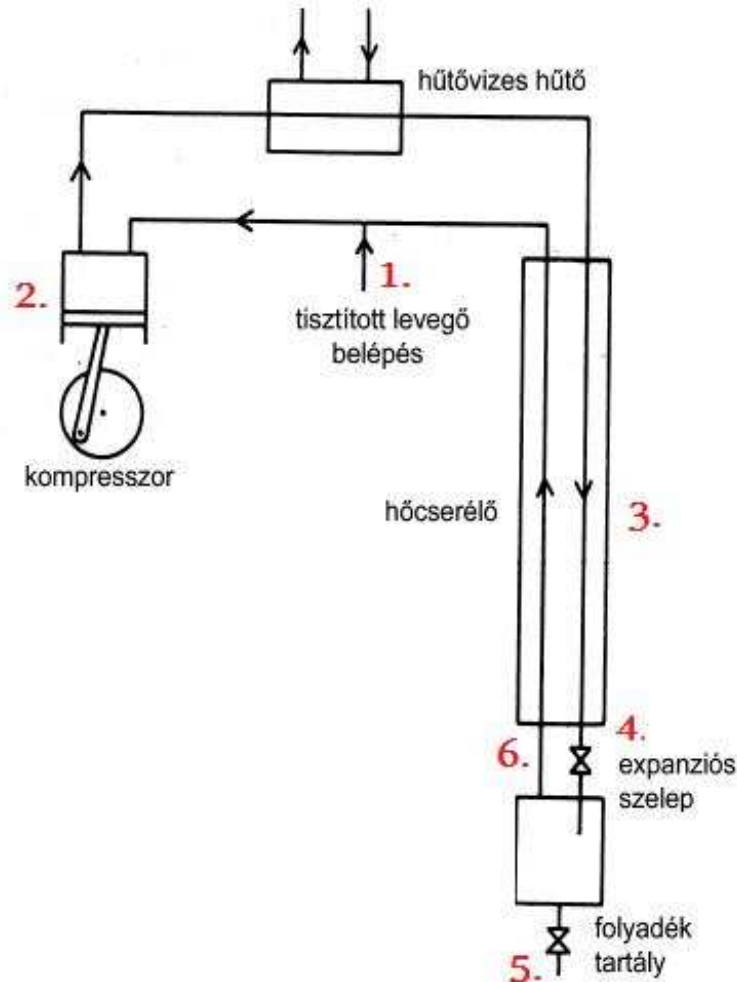
Komponens	koncentráció tf%	Olvadáspont °C	Forráspont °C
nitrogén	78,03	- 210,5	- 195,8
oxigén	20,95	- 218,9	- 182,9
argon	0,93	- 189,0	- 185,8
szén-dioxid	0,033	- 57	- 78
neon	0,0015	- 248,7	- 245,9
hidrogén	0,0010	- 259,1	- 252,5
helium	0,0005	- 272,2	- 268,9
metán	0,0002	- 182	- 161,0
kripton	0,00011	- 156,6	- 152,3
nitrogén-oxid	0,00005	- 90,8	- 89,5
xenon	0,000008	- 111,9	- 108,1

Mennyiség:  $\sim 5 \cdot 10^{15}$  t, évi felhasználás  $\sim 1 \cdot 10^9$  t

# Levegő cseppfolyósítása

- Termékek: oxigén, nitrogén, nemesgázok
- Az első előállítási mód Lavoisier nevéhez fűződik: izzó réz fölött levegőt vezetett át és az oxigént réz-oxid alakjában megkötötte:
  - $4\text{N}_2 + \text{O}_2 + 2\text{Cu} = 4\text{N}_2 + 2\text{CuO}$
- Régebben alkalmazott ipari előállítási mód: A levegőben lévő oxigén szénnel történő elégetése.
  - $4\text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{C} = 4\text{N}_2 + \text{CO}_2$
  - $4\text{N}_2 + \text{O}_2 + 2\text{C} = 4\text{N}_2 + 2\text{CO}$
  - A keletkezett oxidokat a gázelegyből kimossák és a nitrogén visszamarad
- Ipari méretekben a levegő cseppfolyósításával állítják elő: Linde eljárás, mely a Joule-Thomson effektuson alapul.
  - (Ha egy gáz porózus dugón keresztül kiterjed egy alacsonyabb nyomású helyre, hőmérsékletváltozás következik be. A legtöbb reális gáz esetében ilyen körülmények közt a hőmérséklet csökken, mivel a gáznak a kiterjedéshez munkát kell végeznie a molekulák közti erők legyőzésére. )

# Egylépcsős Linde-ciklus



Levegőcseppfolyósítás adiabatikus expanzióval: Linde-Hapson eljárás

1.  $20^{\circ}\text{C}$ , 1 bar
2. izoterm kompresszió:  $20^{\circ}\text{C}$ , 200 bar
3. izobár hűtés:  $-120^{\circ}\text{C}$ , 200 bar (regeneratív)
4. expanzió:  $-188^{\circ}\text{C}$ , 2 bar (vegyes fázis)
5. cseppfolyós levegő
6. gázfázis

# Hűtőgépek

Működési elvek:

- Párolgáshő
- Gázok lehűlése nyomáscsökkenés hatására
- Termoelektromos (Peltier-effektus)

Lehülnek-e a gázok nyomáscsökkenés hatására?

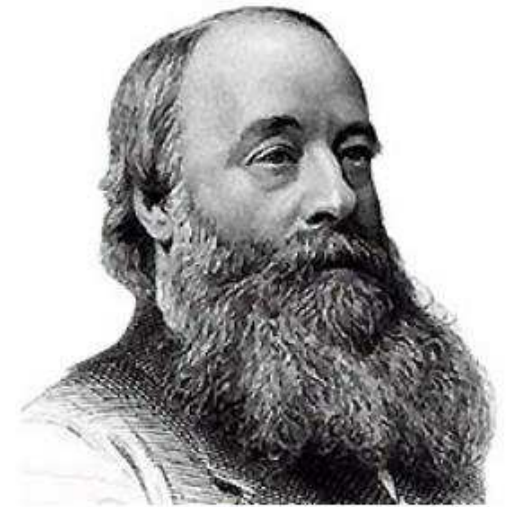
# Ideális gázok belső energiája nem függ a térfogattól

Ideális gáz esetén

$U$  nem függ a térfogattól:  $(\partial U/\partial V)_T = 0$ .

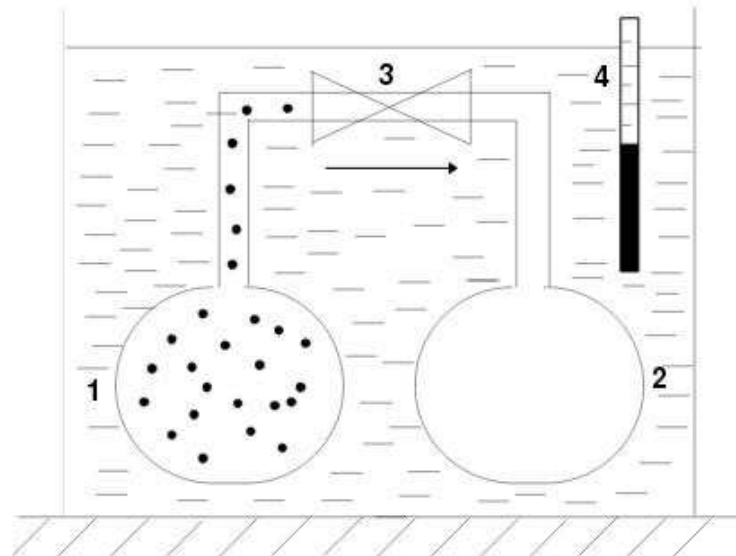
Reális gázok esetén

$(\partial U/\partial V)_T$  nem nulla, de nagyon kicsi.



James Prescott Joule  
(1818-1889)  
skót sörfőző

**Kísérleti igazolása a Joule-kísérlettel:**



(1) lombikban nagy nyomású gáz (2) lombikban vákuum.  
A (3) csapot kinyitották, a gáz térfogata duplájára nőtt,  
de a (4) hőmérő nem mutatta a víz hőmérséklet megváltozását

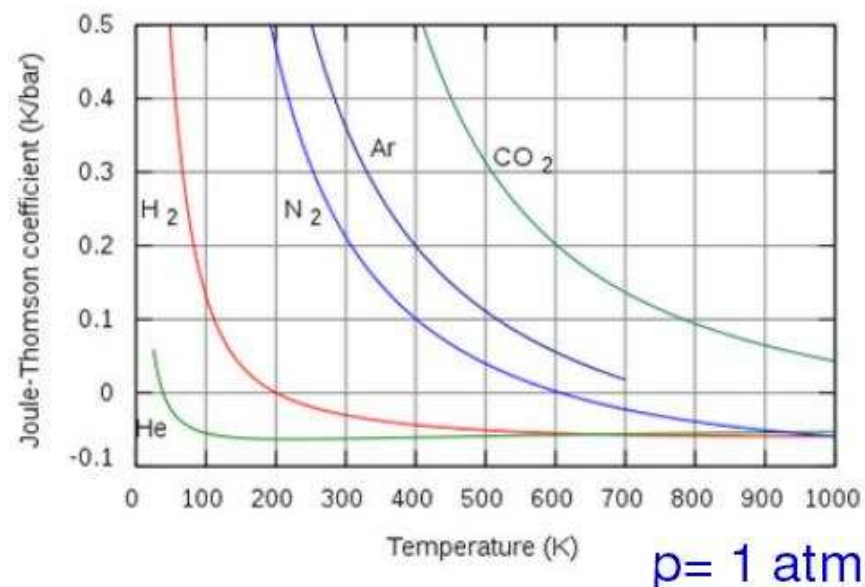
# Gázok viselkedése összenyomásra

adiabatikus Joule–Thomson-együttható:

$$\mu = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_H$$

kiterjedés = nyomáscsökkenés  $\Rightarrow$

felmelegedés  $\Leftrightarrow \mu$  negatív  $T_{\text{inverziós}}$  felett  
lehűlés  $\Leftrightarrow \mu$  pozitív  $T_{\text{inverziós}}$  alatt



**DEF** inverziós hőmérséklet feletti hőmérsékletreől indulva a gázok kiterjedéskor felmelegszenek, alatti hőmérsékletreől indulva lehűlnek.

A Joule-Thomson hatás gyakorlati alkalmazásai:

- hűtőszekrény
- gázok cseppfolyósításának Linde-féle eljárása

# A levegő cseppfolyósítása

The **Hampson–Linde cycle** is based on the [Joule-Thomson effect](#) and is used in the [liquefaction of gases](#), especially for [air separation](#). [William Hampson](#) and [Carl von Linde](#) independently filed for patent of the cycle in 1895. [\[1\]](#)

No. 727,650.

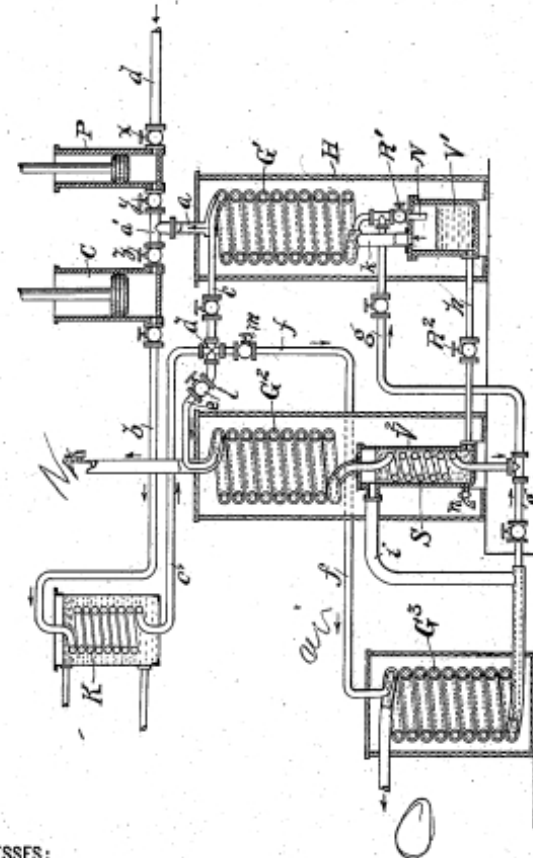
PATENTED MAY 12, 1903.

C. LINDE.

PROCESS OF PRODUCING LOW TEMPERATURES, THE LIQUEFACTION OF GASES, AND THE SEPARATION OF THE CONSTITUENTS OF GASEOUS MIXTURES.

APPLICATION FILED JULY 9, 1895.

NO MODEL.



WITNESSES:

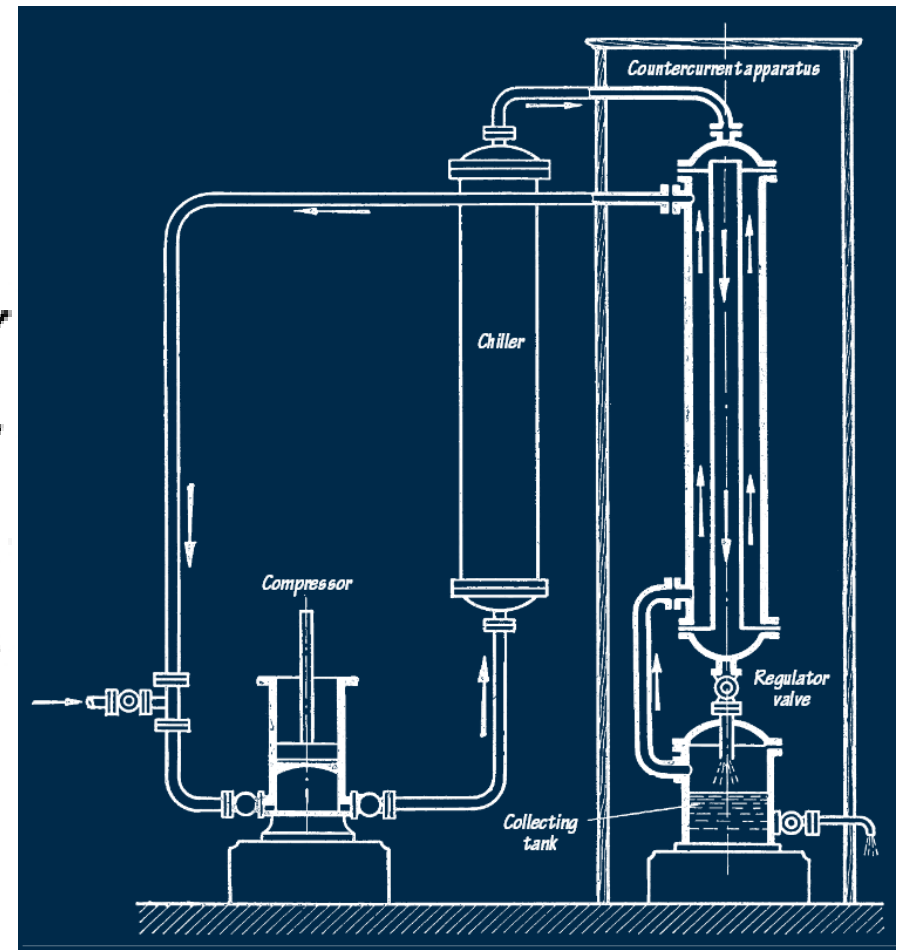
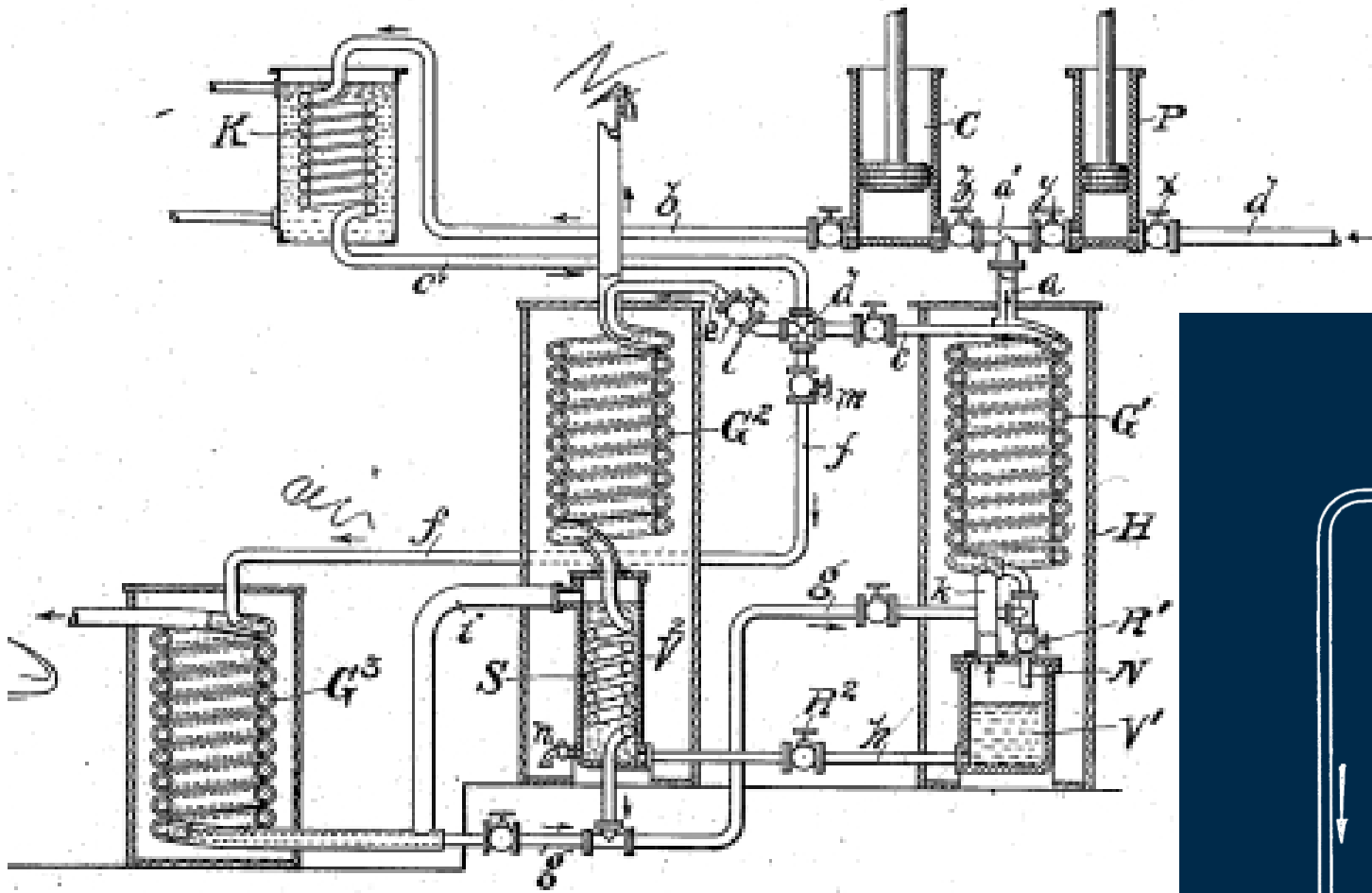
Chas. W. Thomas.  
Geo. W. Eschenbaum

INVENTOR:

Carl Linde,

BY

*Richard D. ...*  
ATTORNEY.



# Gázok cseppfolyósíthatósága

adiabatikus Joule–Thomson-együttható:

$$\mu = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_H$$

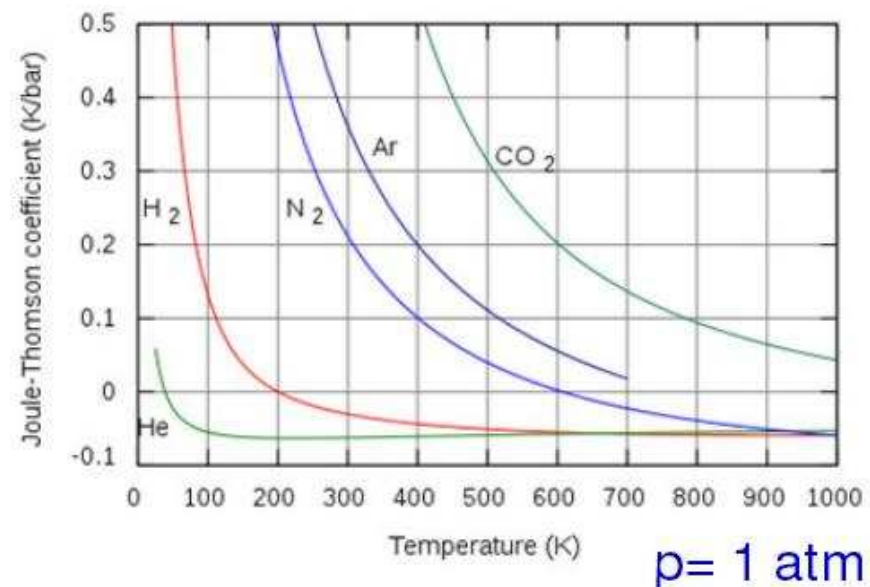
kiterjedés = nyomáscsökkenés  $\Rightarrow$

felmelegedés  $\Leftrightarrow \mu$  negatív

lehűlés  $\Leftrightarrow \mu$  pozitív

$T_{\text{inverziós}}$  felett

$T_{\text{inverziós}}$  alatt



Gázok	Kritikus nyomás (bar)	Kritikus hőmérséklet	Forráspont
CO <sub>2</sub>	73,8	304,3 K +31,1 C	-78 C szublimál
Bután			231,1 K -42,1C
CH <sub>4</sub>			111,6 K -161,6 C
N <sub>2</sub>	0,13	63,2 K -195,8 C	77,35 K
H <sub>2</sub>	0,07	14 K	20,3 K
He	2,27	5,19 K	4,22 K

# A jövő üzemanyagai?

## **Metán, hidrogén**

szobahőmérsékleten nem cseppfolyósíthatók

Hőszigetelt tartály vagy

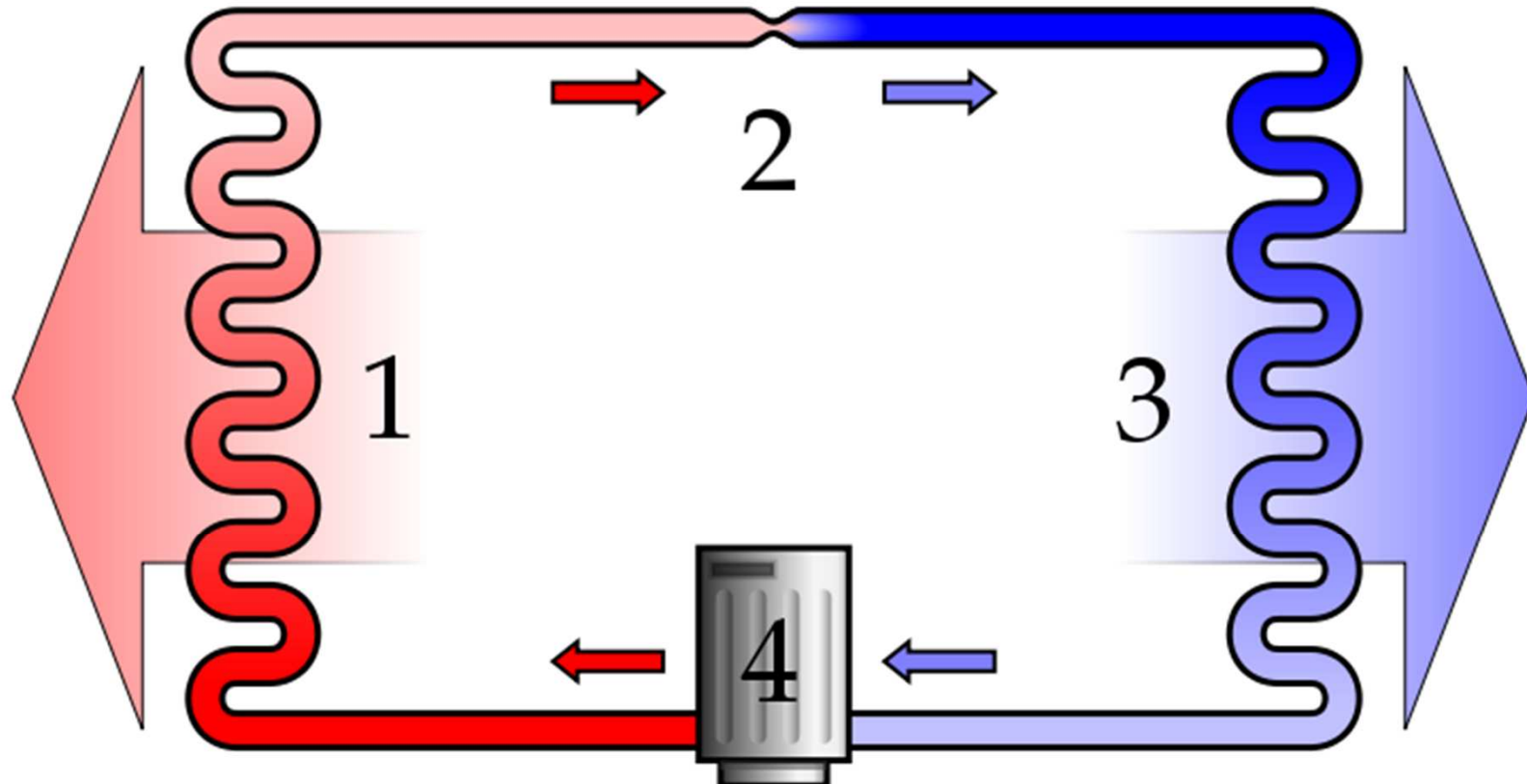
növekvő mennyiség-növekvő nyomás

**Hidrogén** diffundál tömítéseken, cső falán

Csak? veszteség – robbanásveszély

Mai gázüzemű autók – garázsban parkolás korlátozás  
(propán-bután)

# Kompresszoros hűtőgép működési elve



<b>Freonok</b>	<b>Freon-12</b>	<b>CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub></b>
<b>CFC-k</b>	<b>Freon-11</b>	<b>CF<sub>3</sub>Cl</b>
	<b>Freon-2</b>	<b>CHFCl<sub>2</sub></b>

<b>Problémák</b>		
<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>PROPÁN</b>
<b>CO<sub>2</sub> szub-</b>	<b>szuper</b>	<b>kritikus</b>

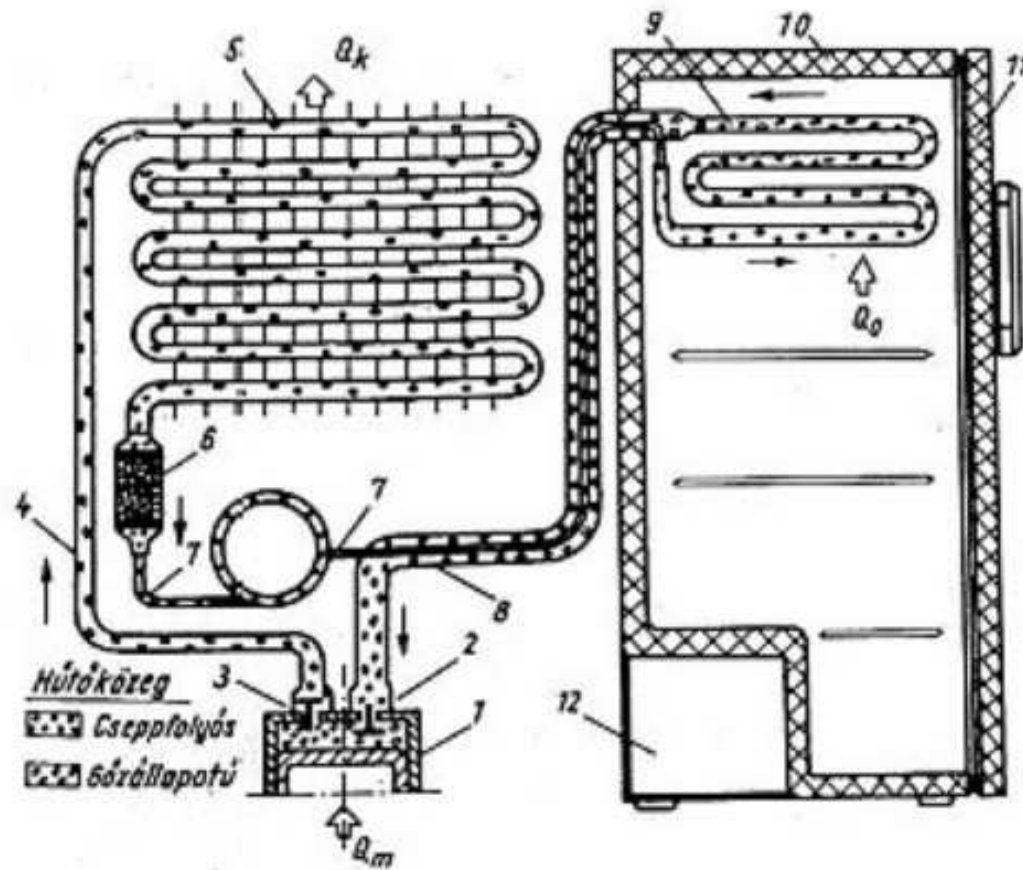
**HCFC** R-22 CHF<sub>2</sub>Cl háztartási hűtőgépekben

**Hidrokloro-  
fluorokarbon**

Montreáli egyezség szerint ez is fokozatosan kivonandó

**HFC** R-410A Azeotrópos elegy:

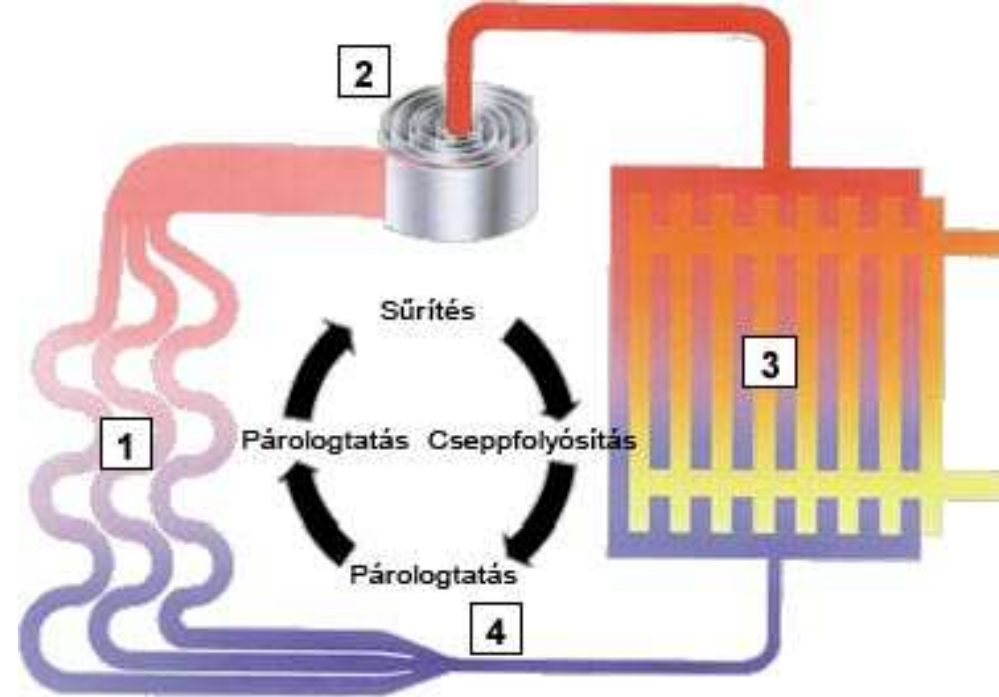
R-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	50%
R-125	CHF <sub>2</sub> -CF <sub>3</sub>	50%



### 1. ábra: Kompresszoros hűtőrendszer felépítési vázlata

1. kompresszor, 2. szívószelep, 3. nyomószelep, 4. nyomócső, 5. kondenzátor, 6. szűrő, 7. kapilláris cső, 8. szívócső, 9. elpárologtató, 10. szekrényttest, 11. szekrényajtó, 12. motortér,  $Q_0$  elpárologtatóba belépő hő,  $Q_m$  a kompressziómunka hőegyenértéke,  $Q_k$  kondenzációs hő

# Hőszivattyú



- 1. Párolgató.** Itt párolog el a munkaközeg. Az ehhez szükséges hő (energia) a környezetből vonódik el. (talaj, talajvíz, levegő) és így módon felhasználja az ingyenes környezeti hőt (a tárolt napenergiát).
- 2. Sűrités.** Egy kompresszor összenyomja a gázhalmazállapotú munkaközéget. Ezáltal a munkaközeg egy alacsonyabbról egy magasabb hőmérsékletre kerül.
- 3. Cseppfolyósítás.** A hőcserélőben a munkaközeg hője (energiája) átadásra kerül a fűtési rendszernek, ami azt jelenti, hogy a fűtési rendszer vize felmelegszik és a munkaközeg lehűl. A lehűlés során a munkaközeg cseppfolyóssá válik.
- 4. Párolgató.** A folyékony, lehűlt munkaközeg most a párolgatóban egy szabályozott fűvókán keresztül halad (befecskendezőrendszer, expanziósszelep). Fontos itt, hogy a fűvóka mindig éppen annyi munkaközéget engedjen át, amit a párolgató maximálisan felhasznál és a kompresszort is megkíméli.

# Napenergia - Földhő (pince-”meleg”)

éves átlaghőmérséklet 11-13 C-fok - hőszivattyú

$$\epsilon_{FO} = \frac{T_1}{T_1 - T_0} = \frac{1}{\eta_{Carnot}}$$

Erőmű hatásfok 40%

2,5 fajlagos

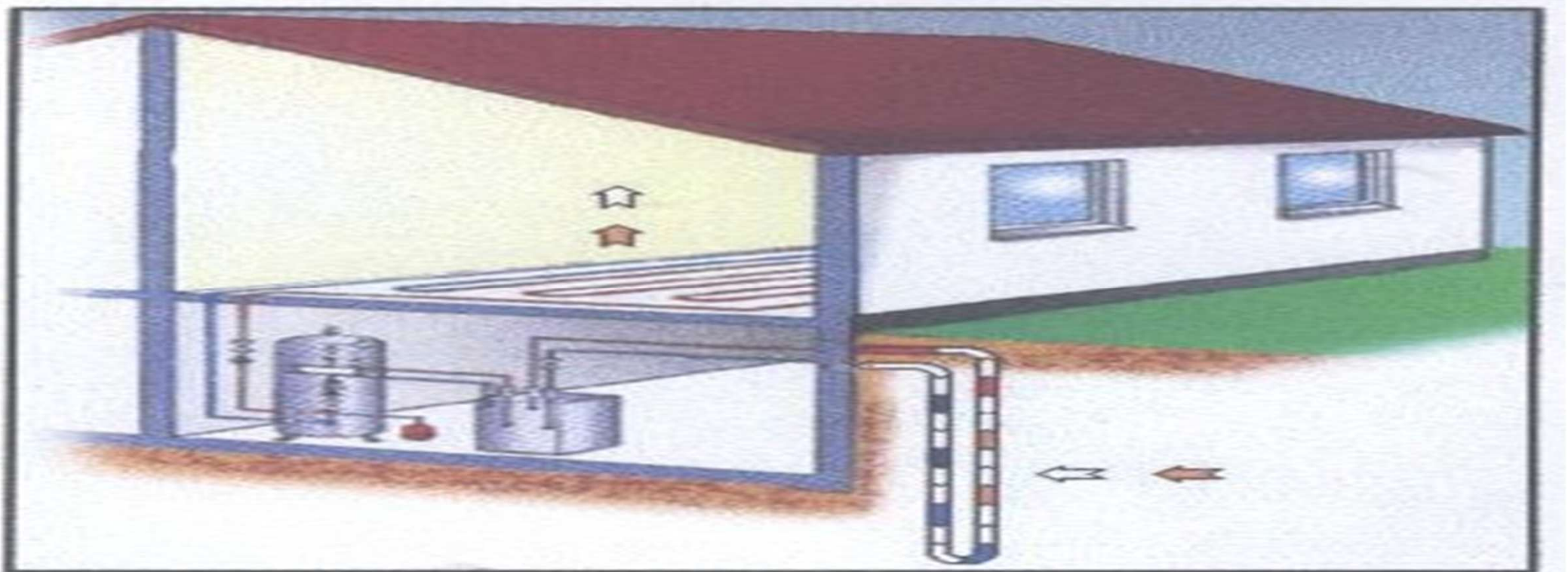
Hőszivattyú 20-33%

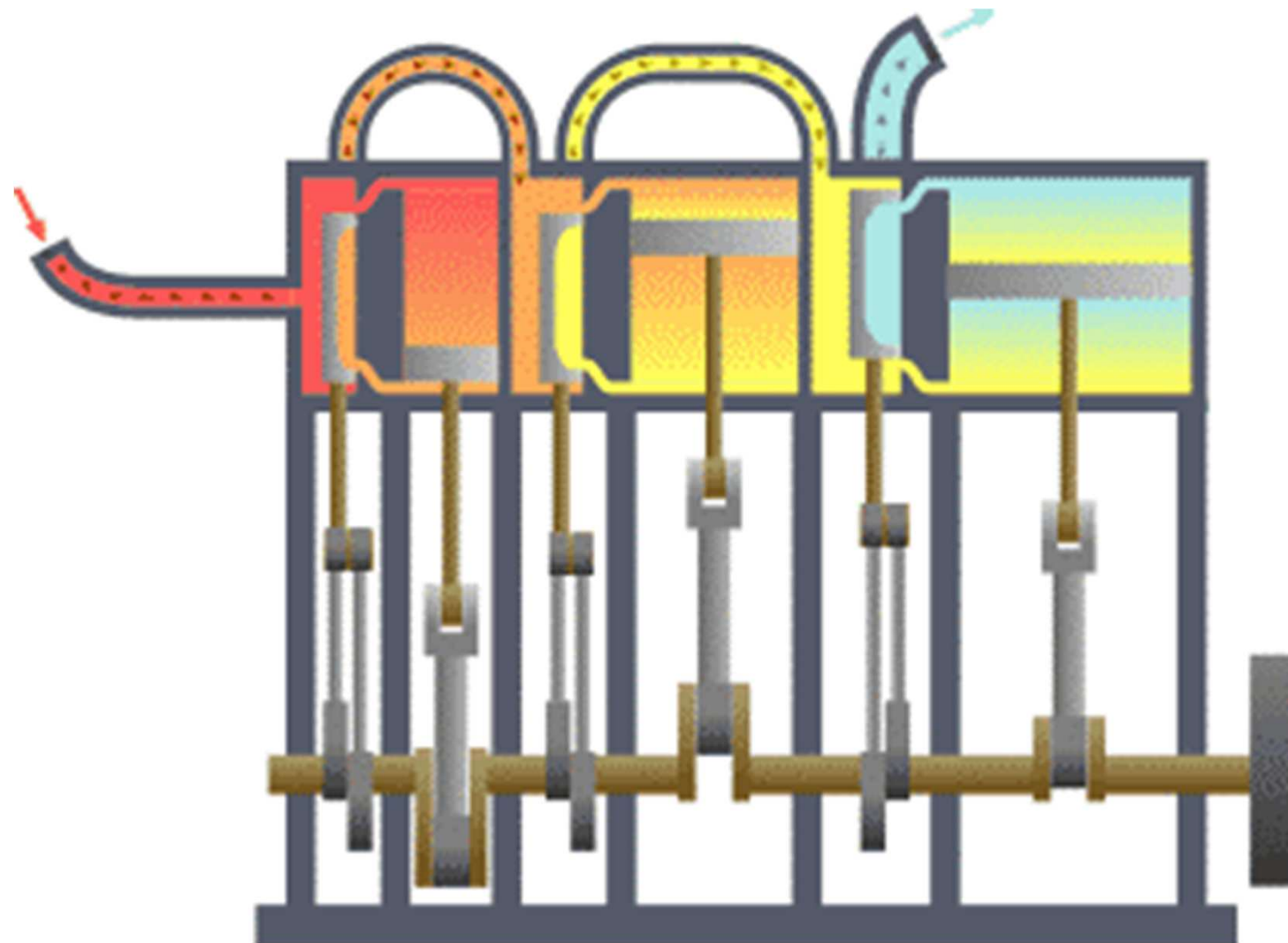
3-4 fajlagos

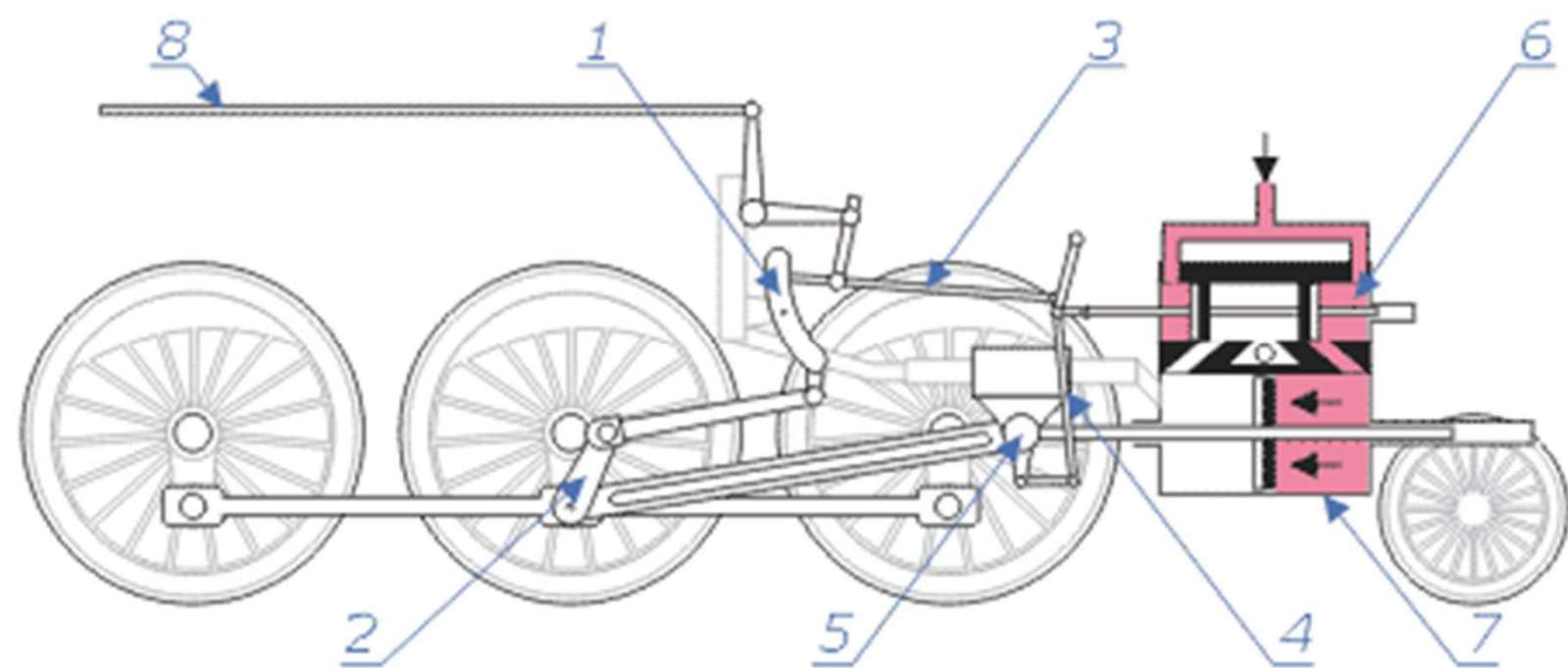
$T_1$  az ideális gáz meleg oldali abszolút hőmérséklete [K],

$T_0$  az ideális gáz hideg oldali abszolút hőmérséklete [K],

$\eta_{Carnot}$  pedig a Carnot-ciklusú [hőerőgép hatásfoka](#).



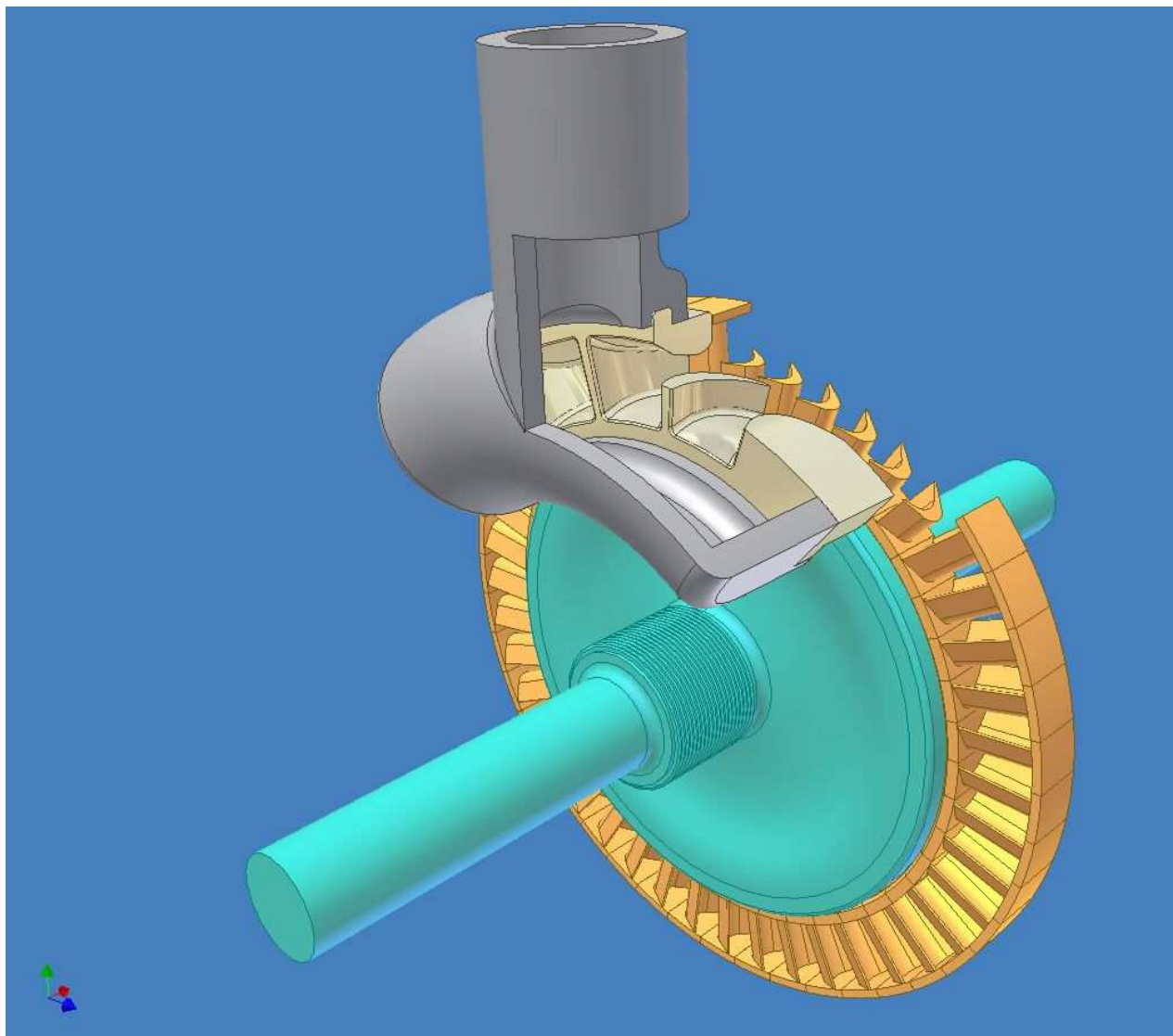




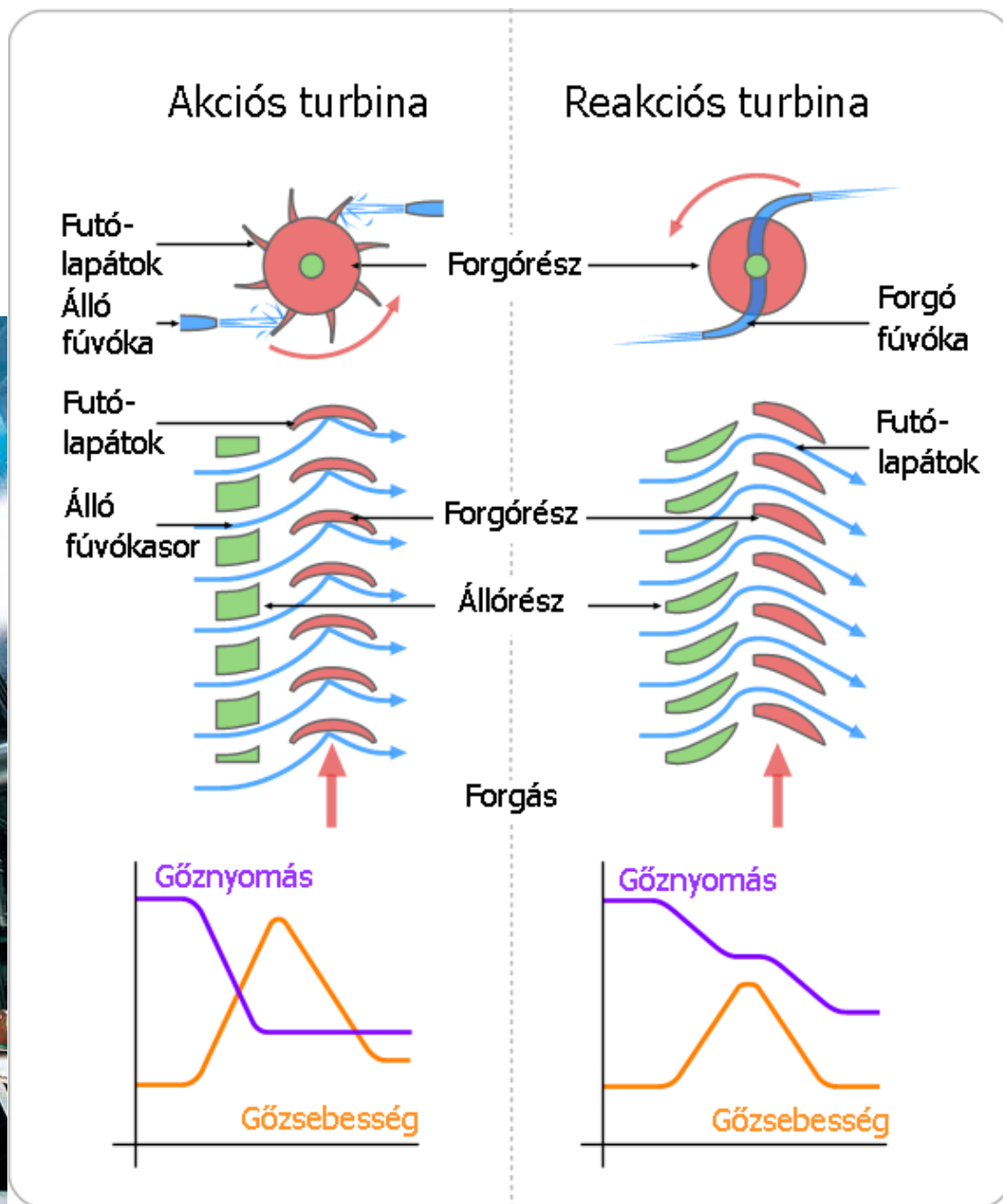
# A turbina működési elve



Hérón-labda ie. 1.sz.



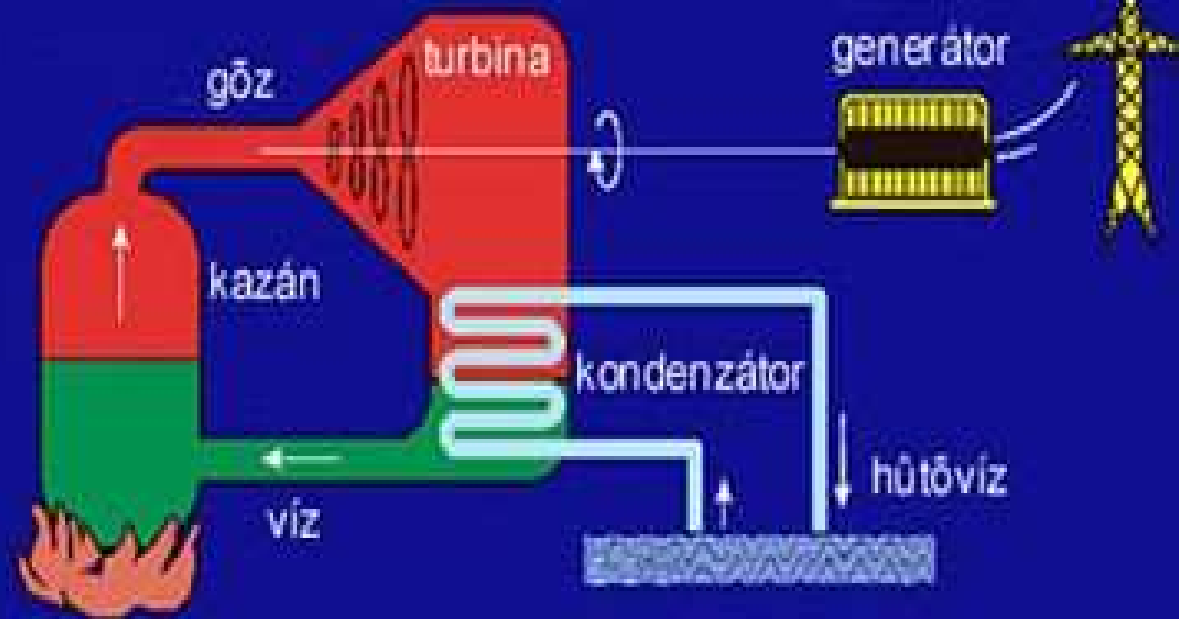
# Turbina forgórész nyomáscsökkenés - nagyobb lapátok



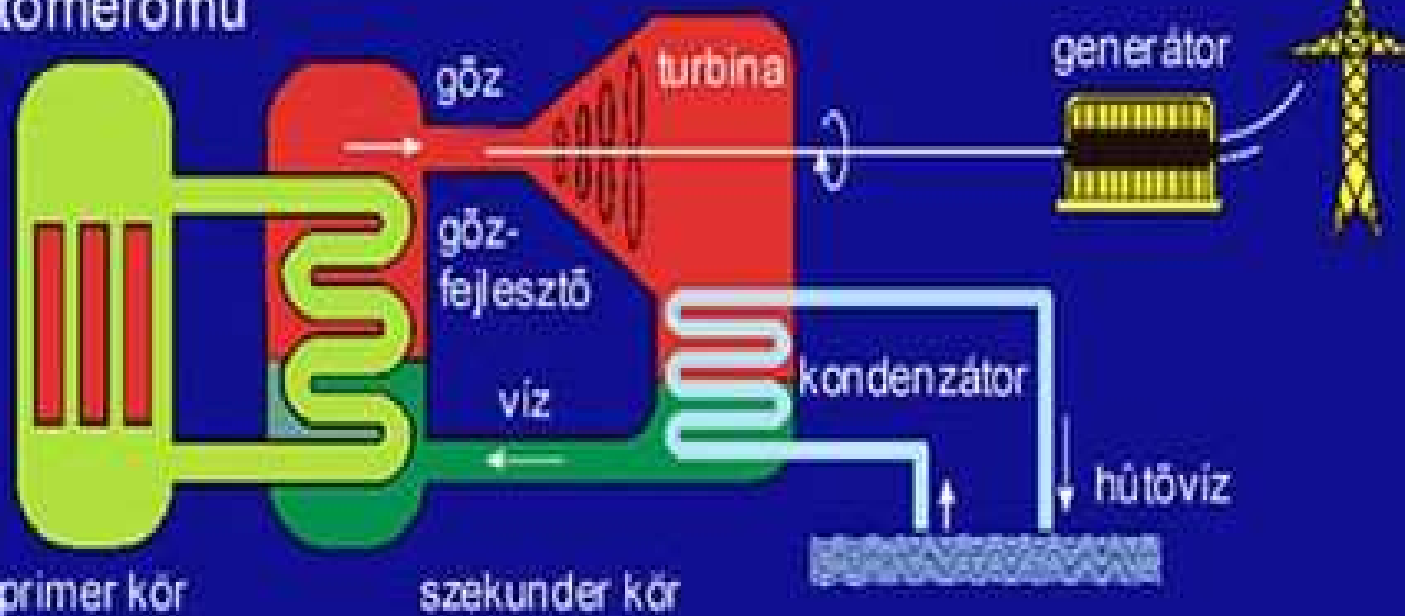
- A gőzgép legnagyobb előnye az, hogy bármilyen forrásból származó hőenergiát mechanikai munkává tud alakítani.
- A belsőégésű motorok csak igen szűk határok között változtathatják üzemanyagukat, a gőzgépeknél viszont közömbös, milyen forrásból származik a gőzképzéshez szükséges hőenergia.
- A nukleáris energia hasznosítása nem is volna lehetséges gőz felhasználása nélkül.
- Napenergia segítségével gőzt lehet előállítani egy központi hőtermelő torony és megfelelően mozgatott tükrök segítségével. Hőtárolás is megoldható.

# Atomerőmű - hőerőmű

fosszilis  
erőmű



atomerőmű

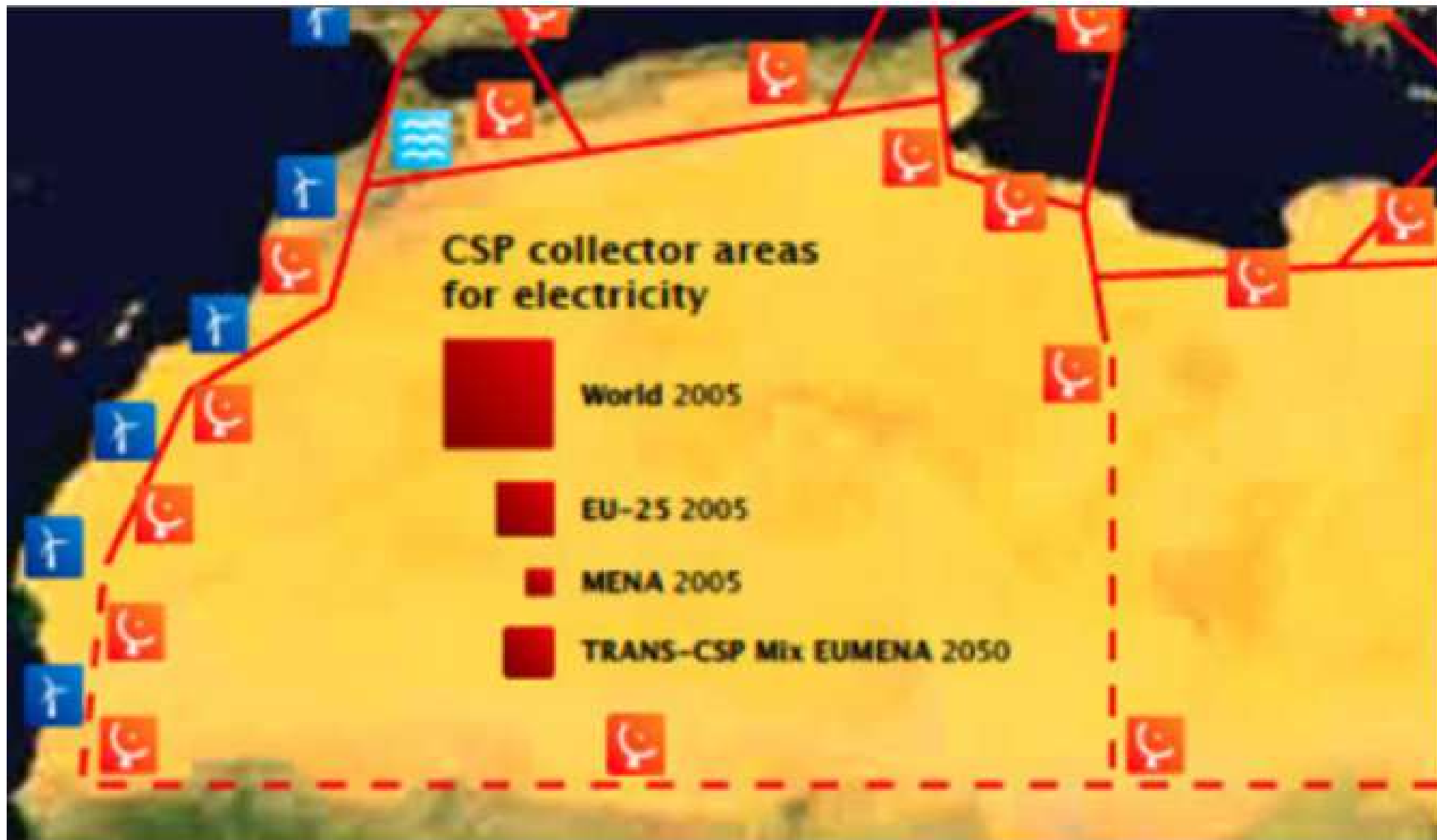


A nagy különbség a hagyományos hőerőmű és az atomerőmű között abban rejlik, hogy hogyan szabadítjuk fel a szükséges hőt. Fosszilis erőműben a kazánban szenet, olajat vagy gázt égetünk el, és a tüzelőanyag kémiai energiája alakul hővé. Atomerőműben viszont a maghasadásokból felszabaduló energiát hasznosítjuk.

A világ legnagyobb naperőműve Kalifornia  
392 MW, 1600 ha 300 000 2x3 m-es számítógépvezérelt tükör



# Napenergia tervek



Energiaigény fedezésére szükséges területek a Szaharában

MENA: Közel-Kelet+Eszak-Afrika

8.33 Tervezett 100 GW Naperőmű (TRANS-CSP Mix EUMENA 2050)

# Napenergia tervek



100 gigawattos erőmű legalább 400 milliárd Euró  
Desertec Foundation, Siemens, Deutsche Bank, RWE, Eon  
Nagyfeszültségű távvezetékek Európába. Éjszakára hőtárolás.

Helyi mezőgazdasági fejlesztés

Probléma – politikailag instabil államok

A Carnot-körfolyamat hatásfoka a két tartály hőmérsékletkülönbségének és a magasabb hőmérsékletű tartály abszolút hőmérsékletének a hányadosa.

A gyakorlatban a kazán-gőzgép rendszer hatásfoka abban az esetben, ha a kiömlő gőz atmoszferikus nyomáson a **szabadba** távozik, kb. **5%**, azonban **gőzkondenzátor** alkalmazásával a hatásfok **25%**-ig növelhető.

**Kombinált** ciklus esetén, ahol a tüzelőanyag elégetése először egy **gázturbinát** hajt és csak **utána** használják **gőzfejlesztésre**, a hatásfok **60%** is lehet.

Hőhasznosítás esetén, amikor is a rendszerből távozó hőenergiát **fűtésre** használják, az összh hatásfok **90%**-ot is elérhet.

---

---



---

---

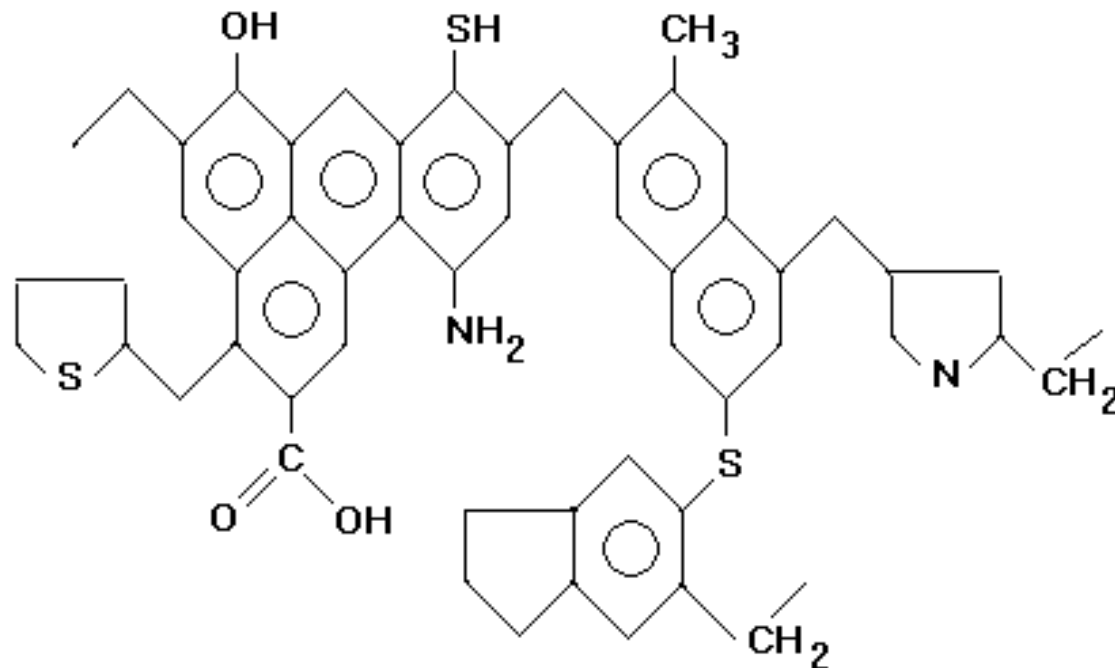


# **Szenek kémiai technológiája**

# A szén alkotói és szerkezete

A szén egykor élő anyag, amelyben megtalálhatók az élő anyagot alkotó elemek: pl. szén, hidrogén, nitrogén, kén, nyomelemek

A természetben található szén szerkezete



Nem egyedi szénatomok halmaza, hanem egy polimer

# Szénfajták

Szén fajták a legfiatalabbtól a legidősebbig: tőzeg → lignit



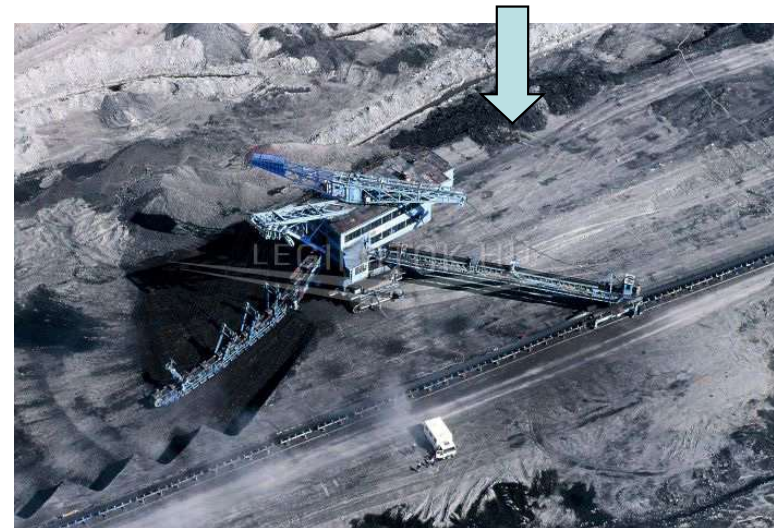
↑  
tőzeg, szárított tőzeg



Víztartalom 80 – 90 %



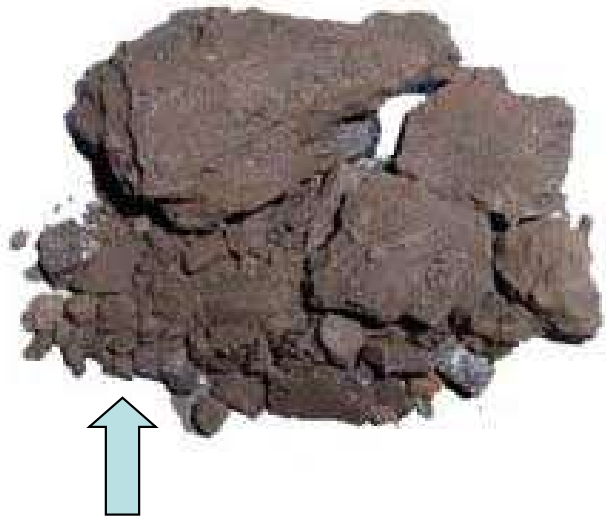
↑  
lignit, felszíni lignit bánya



↓  
Víztartalom 40 – 50 %

# Szénfajták

Szén fajták a legfiatalabbtól a legidősebbig: barnaszén → fekete szén → antracit



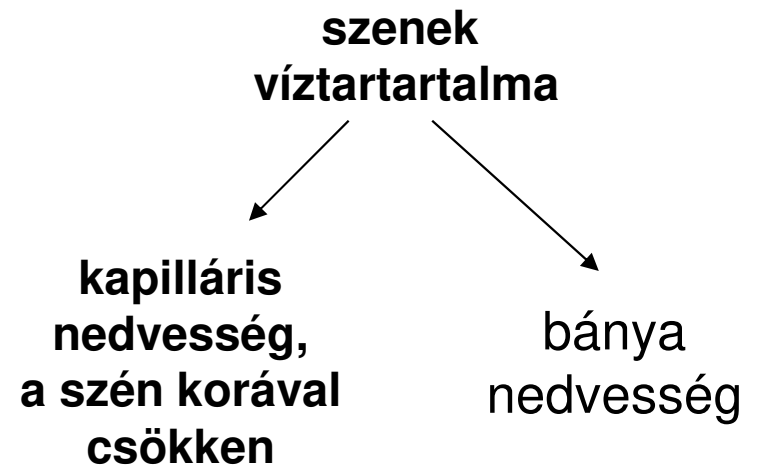
**Barnaszén, víztartalom 35 – 50 %**



**Fekete szén, víztartalom 10 – 30 %**



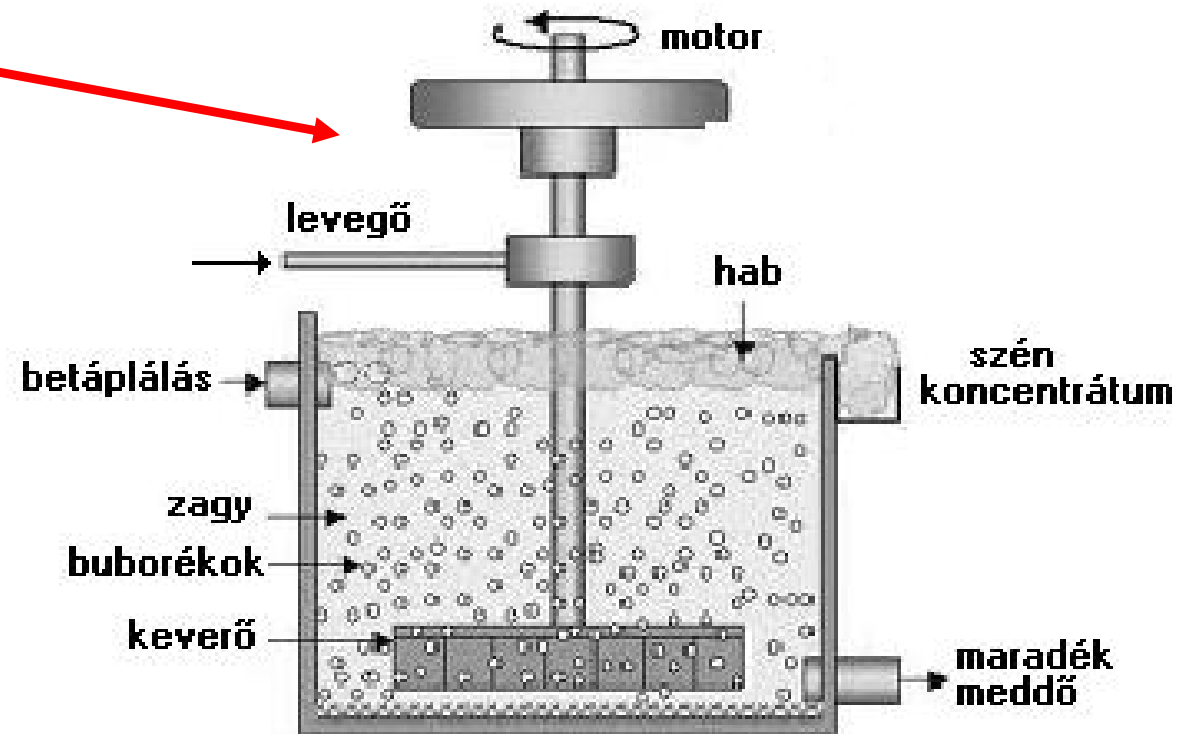
**Antracit  
Víztartalom  $\approx$  3%**



# A kitermelt szén feldolgozása

## Szénelőkészítés

- aprítás, őrlés, osztályozás szemcse nagyság szerint
- mosás, dúsítás, meddő elválasztás
- szárítás
- porszén darabosítása



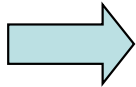
FLOTÁLÁS

# Szén kéntartalma

A szenek legkellemetlenebb összetevője a kéntartalom

## Szenek kéntartalma

A kazán  
égőterében



**Pirites kén**  
vas-szulfid

Kén-dioxid  
képződik

Sűrűség különbségen  
alapuló flotálással  
eltávolítható

**Szulfát kén**  
 $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$

Kén-dioxid  
**nem** képződik

**Mátrix kén**  
Kémiaailag kötött kén

Kén-dioxid  
képződik

Fizikai módszerrel  
nem távolítható el,  
megjelenik a füstgázban

# Szén elgázosítása I.

## Szén elgázosítása

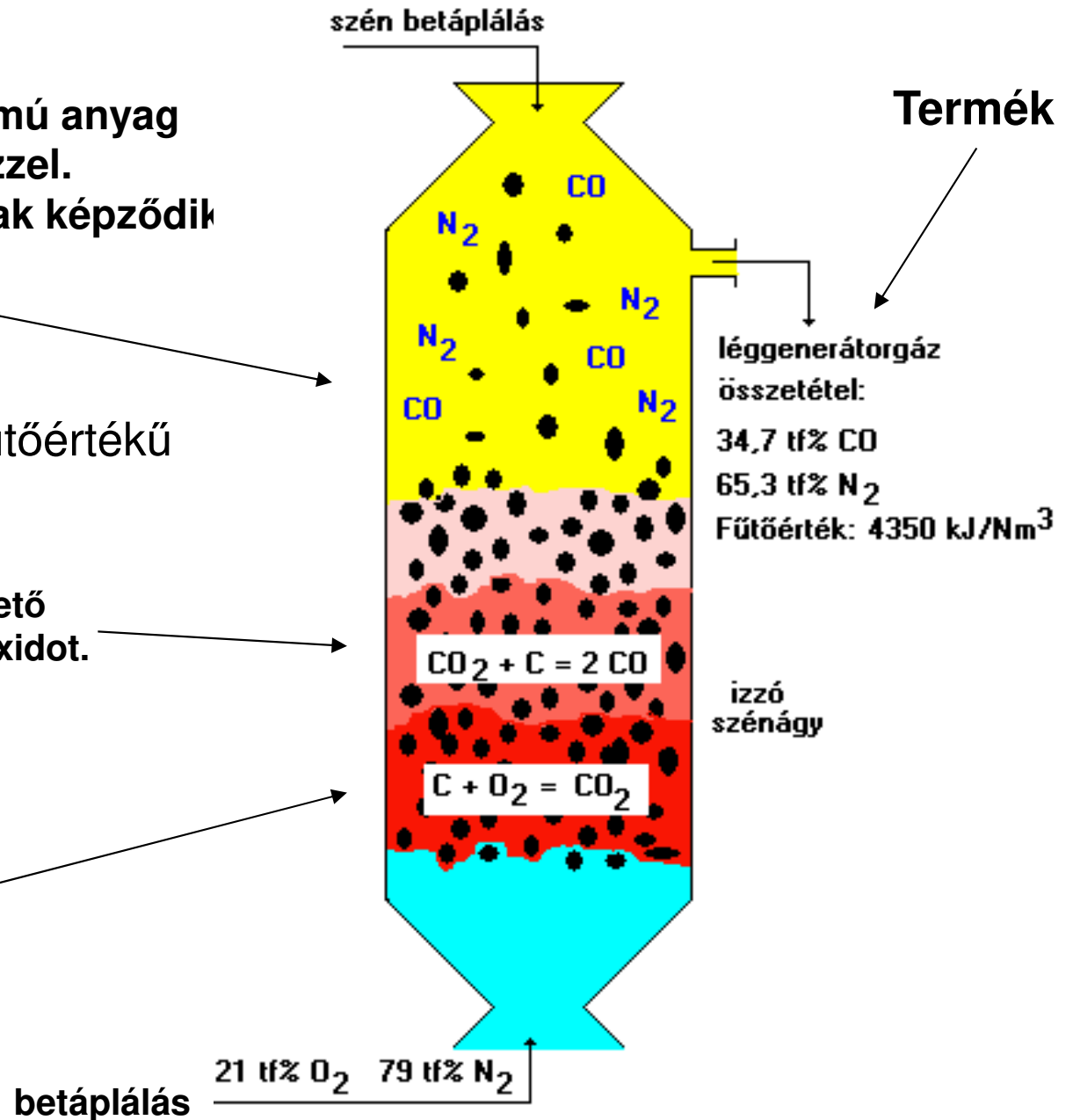
Izzó állapotú szén vagy széntartalmú anyag reakciója levegővel és/vagy vízgőzzel.  
A reakció során éghető gáz és salak képződik

## Léggenerátorgáz gyártás

Folyamatos üzemű, alacsony fűtőértékű éghető gáz képződik

Ebben a szakaszban az izzó szén éghető  
Szén-monoxiddá redukálja a szén-dioxidot.  
Endoterm reakció

Az elgázosító alsó részében elégő szén szén-dioxiddá ég el jelentős hőképződés kíséretében.



# Szén elgázosítása II.

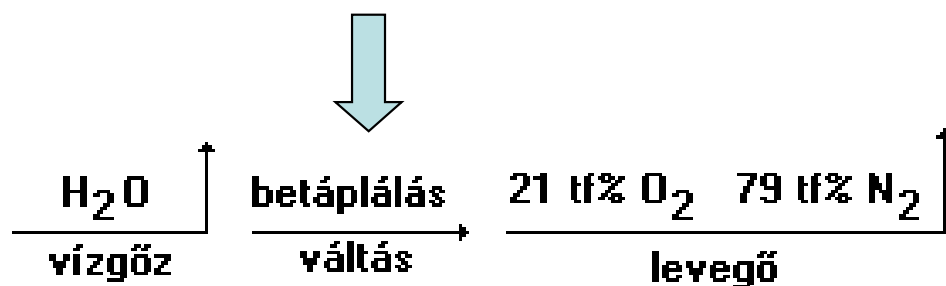
## Vízgáz gyártás

Szakaszos üzemben, nagy fűtőértékű éghető gáz képződik

Az elgázosító alsó részében az izzó szén endoterm reakció közben a vizet hidrogénné és szén-monoxiddá redukálja

A reakció hő elvonó jellege miatt az izzó szénágy lehűl a reakció lelassul, majd megáll.

Léggenerátorgáz előállítására kell átállni, hogy a szénágy hőmérséklete ismét megemelkedjen.



szén betáplálás



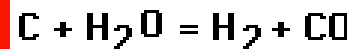
Termék

vízgáz vagy  
szintézisgáz  
összetétel:

50 tf% CO

50 tf% H<sub>2</sub>

Fűtőérték: 10500 kJ/Nm<sup>3</sup>



# Szén elgázosítása III.

## Kevertgáz gyártás

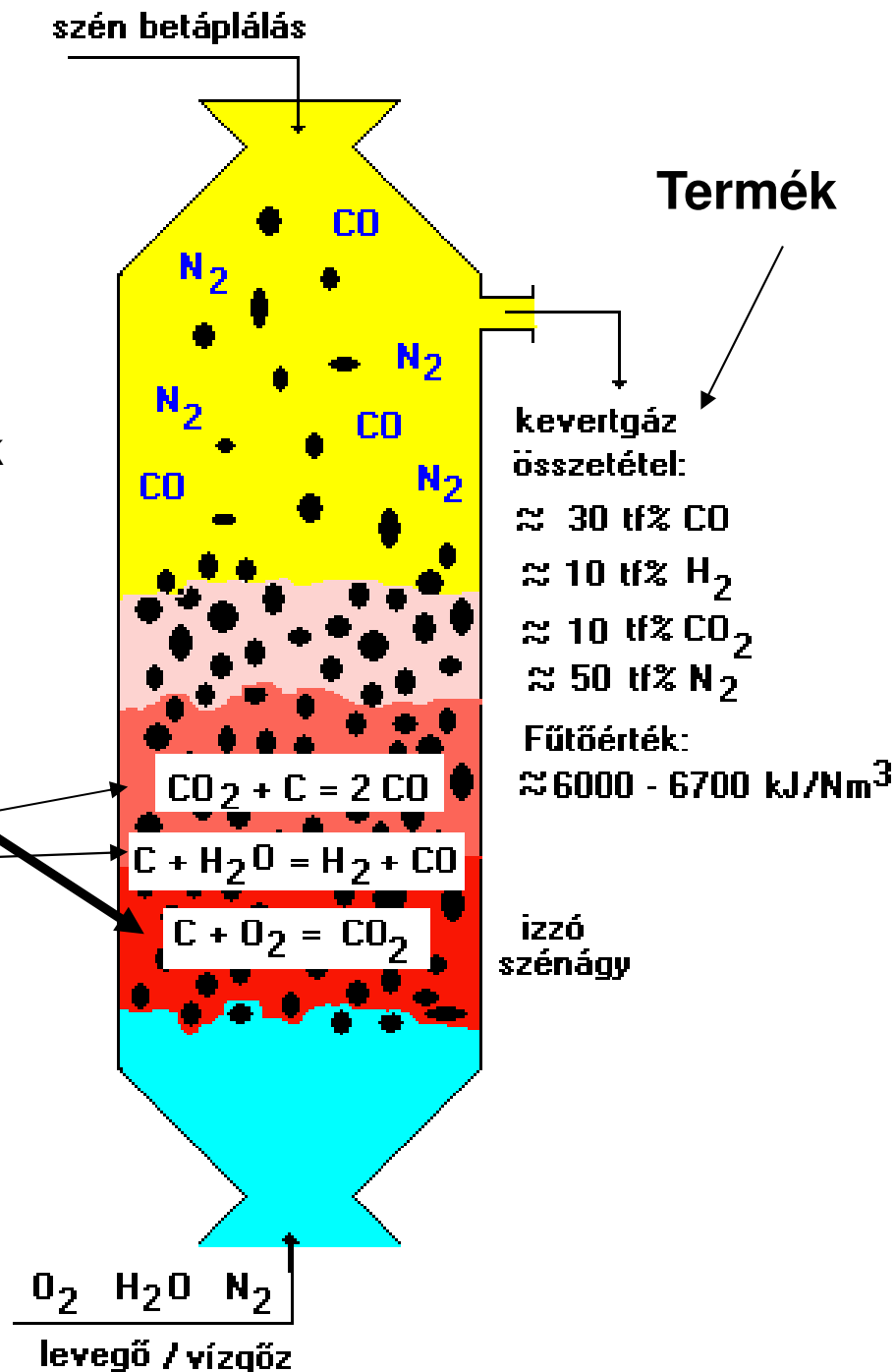
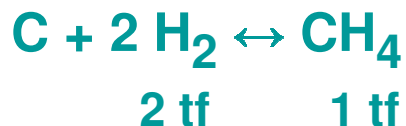
Folyamatos üzemű, a léggenerátor- és vízgáz közötti fűtőértékű éghető gáz képződik.

Olyan levegő / vízgőz arány betáplálást valósítunk meg, amely folyamatos üzemet tesz lehetővé.

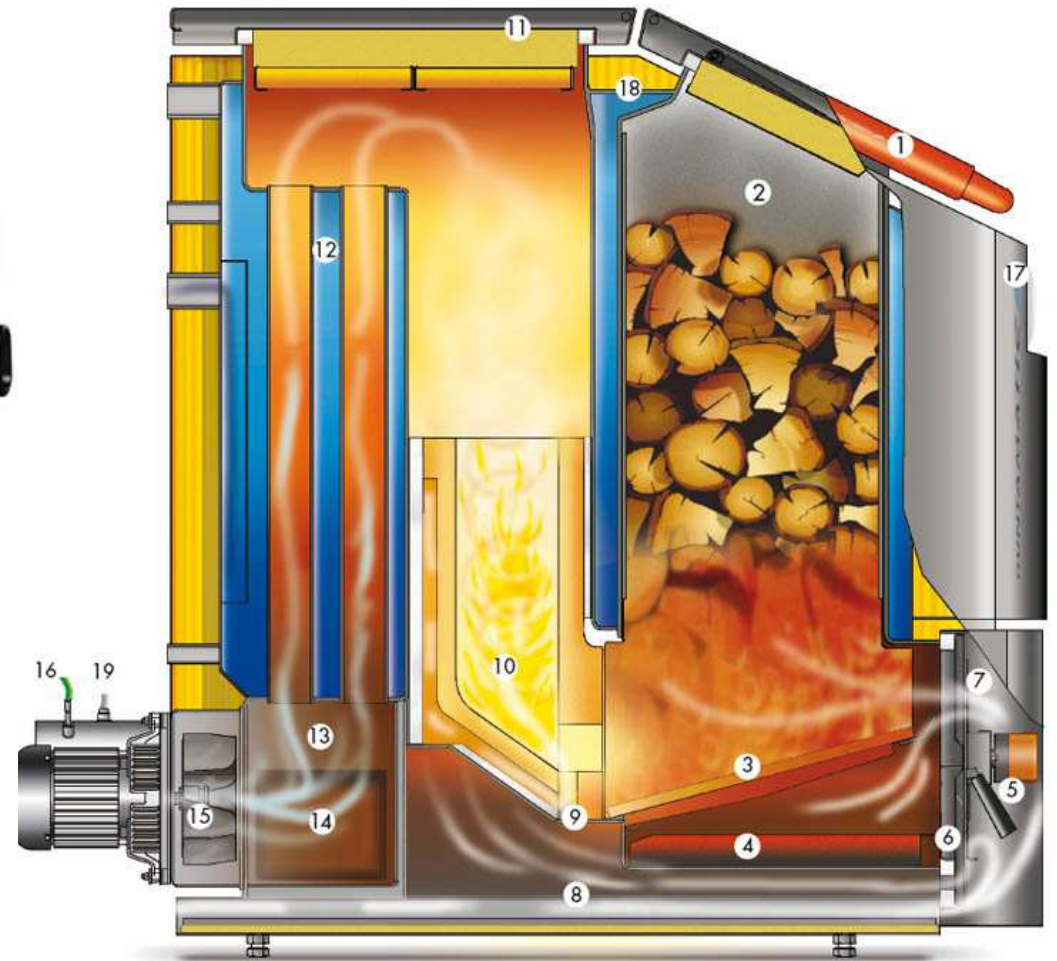
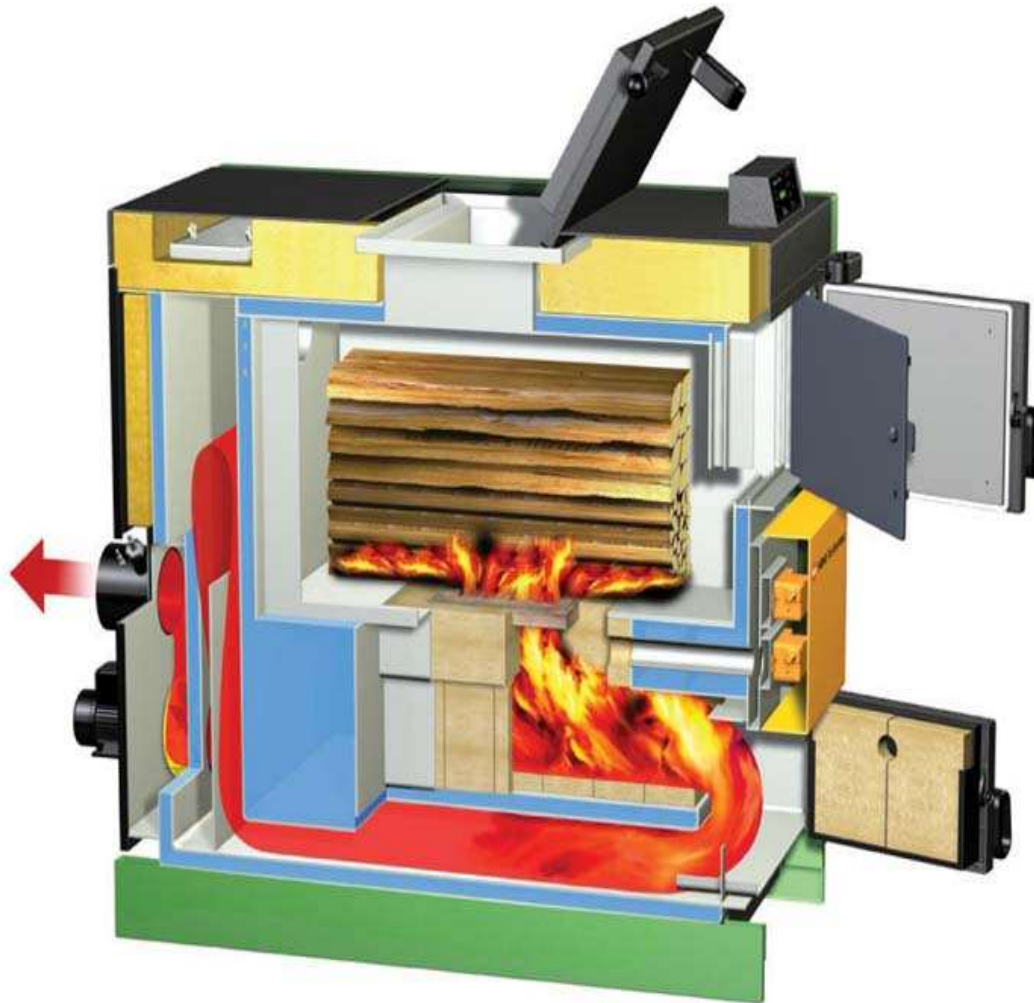
Ennek a reakciónak a hőtermelése

fedezi ezen reakciók hőigényét

Nyomás alatt végzett elgázosításnál metán is képződik



# Faelgázosító kazánok



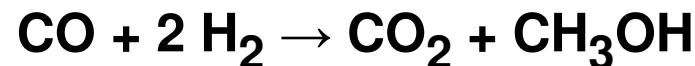
# Szénelgázosítás hasznosítása

## 1. A legolcsóbb hidrogén előállítási módszer az ammónia szintézishez

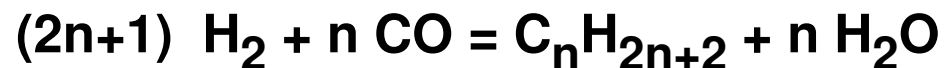
Az elgázosításkor keletkező szén-monoxid és víz reakciójakor megfelelő hőmérsékleten katalizátor alkalmazásával tovább növelhető a hidrogén mennyisége.



## 2. A szén-monoxid hidrogén elegyből katalizátorral metanol állítható elő



## 3. Szintézis gáz (CO és H<sub>2</sub> elegye) előállítása Fischer-Tropsch eljárásához



n: tetszőleges  
egész szám

„n” függvényében megfelelő hőmérsékleten és katalizátorral különböző motorhajtó alapanyagok (benzin, gázolaj), olajok, viaszok

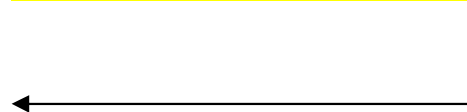
**Szintézisgázt biomassa elgázosításával is elő lehet állítani !**

# Szénelgázosítás hasznosítása, Fischer-Tropsch üzemek

Dél-afrikai technológia Kínában



Picture by: Sasol SASOLBURG PLANT  
100 000 tons of coal enters Secunda's 80 gasifiers every day



szintézis gáz előállítható metánból is



Shell technológia Malaysiában, Bintulu



# Szén cseppfolyósítása

## Bergius- Peer eljárás



**Varga József professzor**  
1891 – 1956

**Kémiai Technológia Tanszék vezetője**

Varga effektus felfedezője:  
a kéntartalom nem katalizátor mérég  
a műbenzin előállítás folyamatában

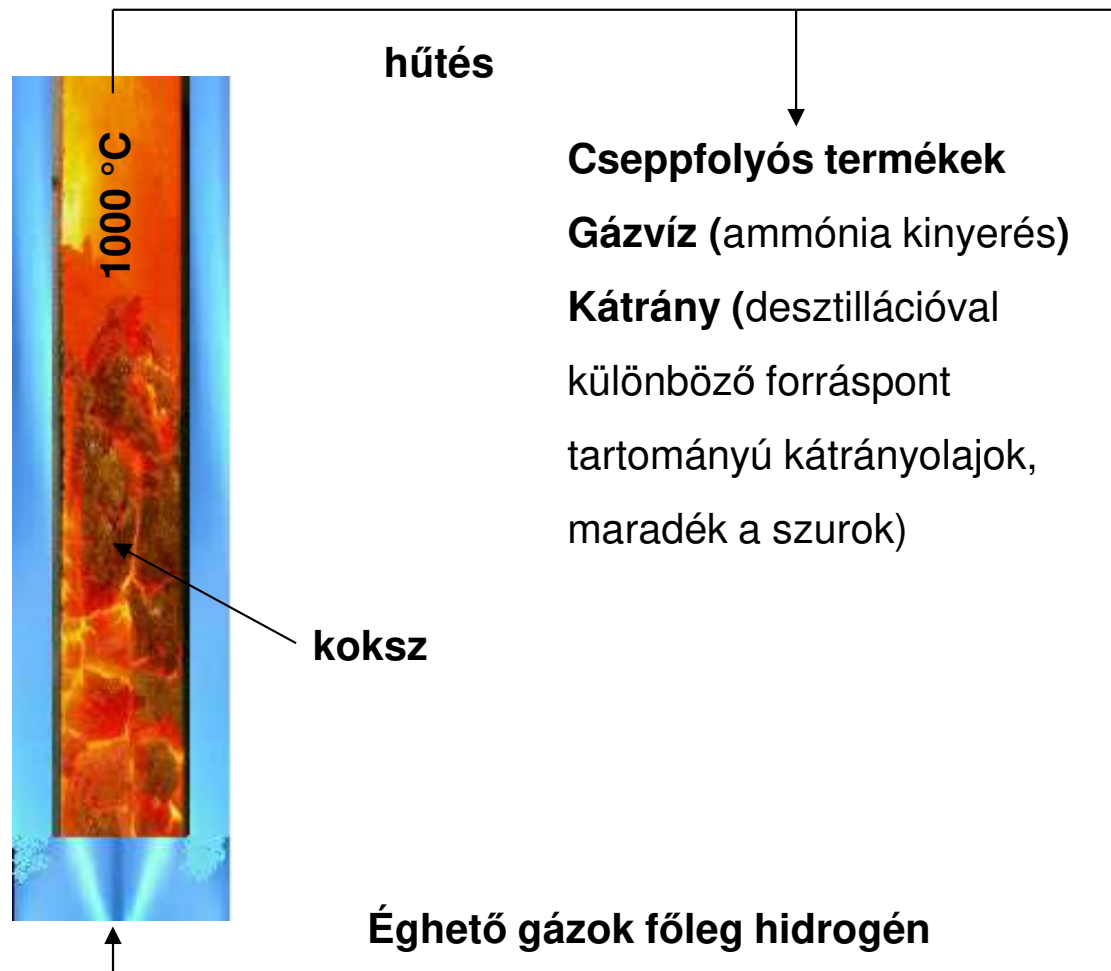
### TECHNOLÓGIA

1. A szénpor iszapfázisú hidrogénezése  
480 °C **300-700 bar-on**, vas-oxid katalizátor  
Termék: középolaj fp: 200-324 °C
2. Középolaj finomítása (kén, oxigén, nitrogén eltávolítása).
3. Krakkolás 400 °C-n  $WS_2$  katalizátor jelenlétében  
Termék: műbenzin

# Szénlepárlás, szén kigázosítása

Szén vagy széntartalmú anyagok lepárlásán ezen anyagok levegő kizárásával végrehajtott hevítését, kigázosítását értjük.

Ennek során a kiindulási anyag összetételétől függő mennyiségű gázvíz, kátrány és gázok keletkeznek. A lepárlás vagy kigázosítás maradéka a kokszt.



Metallurgical Coke

**Kokszt, kemény, levegő járatokkal teli viszonylag könnyű anyag. Felhasználás: vas és acélgyártás**

# Szénlepárlás, szén kigázosítása



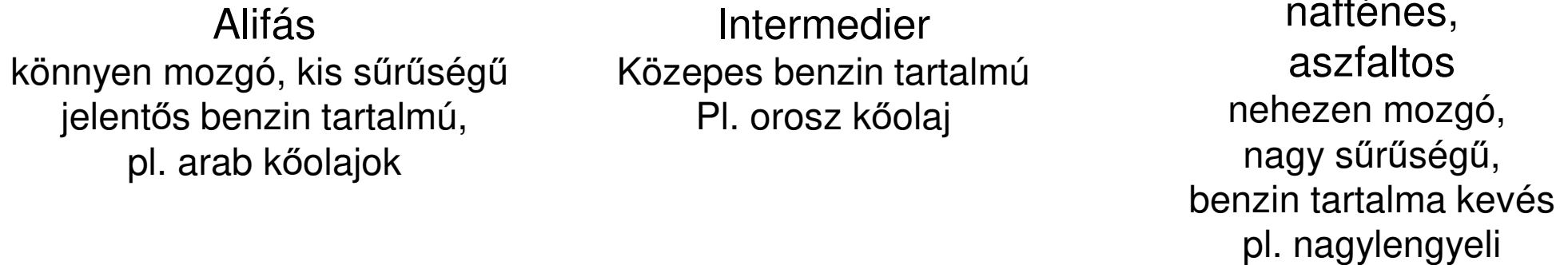
Kokszoló kamrák    kitoló berendezés





# Kőolajfeldolgozás

## Kőolajok felosztása kulcspárlatok sűrűsége alapján



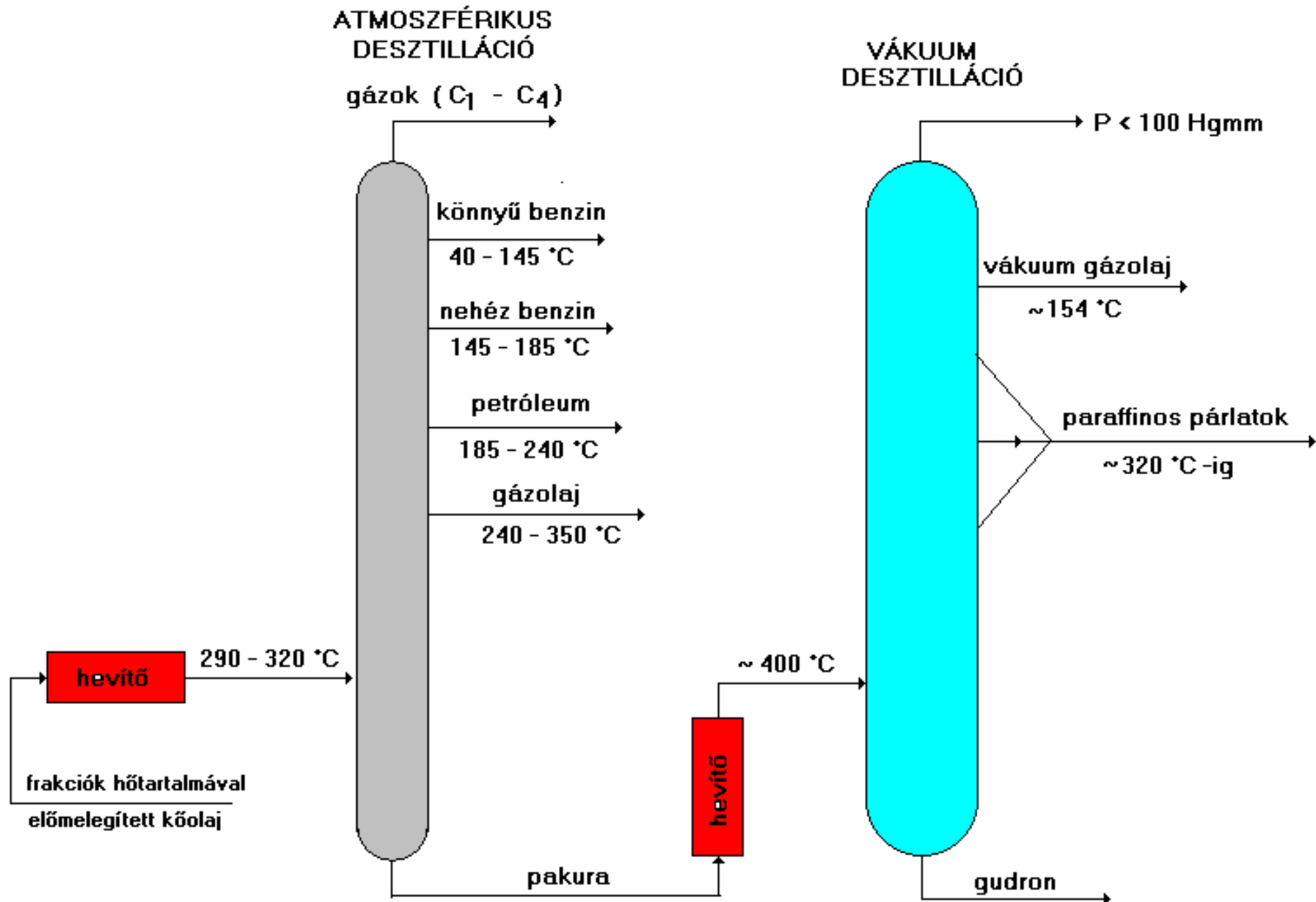
1. Kulcspárlat:  $p = 1 \text{ bar}$      $250 - 275 \text{ °C}$  –on desztilláló frakció
2. Kulcspárlat:  $p = 5,33 \text{ kP}$      $275 - 300 \text{ °C}$  –on desztilláló frakció

	Első kulcspárlat $15.5 \text{ °C}$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	második kulcspárlat $15.5 \text{ °C}$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
Paraffinos	830	874
Intermedier	830 – 860	874 – 928
Nafténes	< 860	< 928

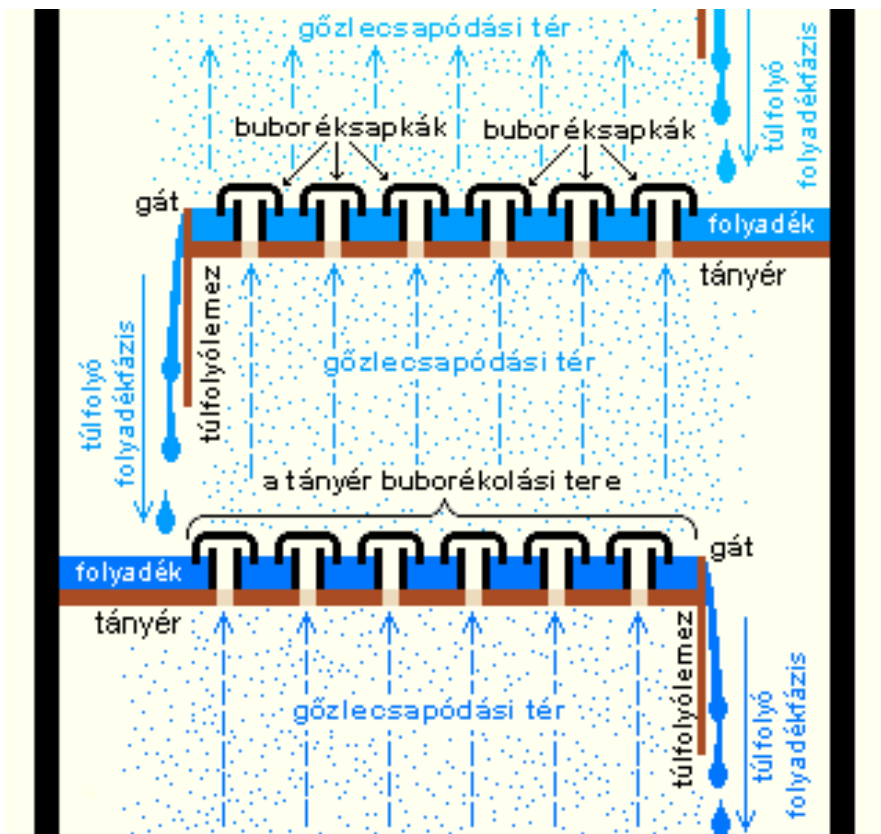
## Beosztás kéntartalom alapján



# Kőolaj feldolgozás egyszerűsített folyamata



# Kőolaj feldolgozás



buboréksapkák

Desztilláló tornyok

# Kőolajalapú motorhajtóanyagok alapanyagai

1. Kolonnáról közvetlenül lejevő benzin, petróleum, gázolaj
2. Kőolajipari maradvány termékek (hosszú szénláncú) **termikus krakkolása** (lánctörés magas hőmérsékleten)  
Termék: rövidebb szénláncú, de jelentős olefintartalmú (kettős kötést) tartalmazó krakkbenzin, krakkfűtőolaj, petrolkocsz.
3. gázolaj, vákuum gázolaj, paraffinos párlatok **katalitikus krakkolása** (lánctörés megfelelő hőmérsékleten katalizátoron)  
Termék: rövidebb, de elágazó szénláncú telített és telítetlen szénhidrogének.
4. pakura, vákuum gázolaj, paraffinos párlatok **hidrokrakkolása** (lánctörés, kettőskötések telítése megfelelő hőmérsékleten katalizátor és hidrogén jelenlétében 100 – 200 bar nyomáson)  
Termék: kén mentes, rövidebb, de elágazó szénláncú telített és telítetlen szénhidrogének.

# Kőolajipari termékek heteroatom mentesítése (kén, nitrogén, oxigén) hidrogén atmoszférában

## Környezetvédelmi szempontból nélkülözhetetlen eljárás

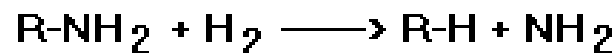
A kéntartalomból égetés után kén-dioxid képződik,  
amely a savas eső okozója

### KÉN ELTÁVOLÍTÓ REAKCIÓ



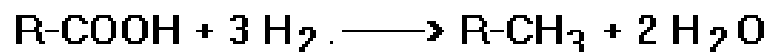
A nitrogéntartalomból égetés után nitrogén-monoxid képződik,  
amely a fotokémiai szmog egyik okozója

### NITROGÉN ELTÁVOLÍTÓ REAKCIÓ



Az oxigéntartalmú vegyület korrózióveszélyes lehet

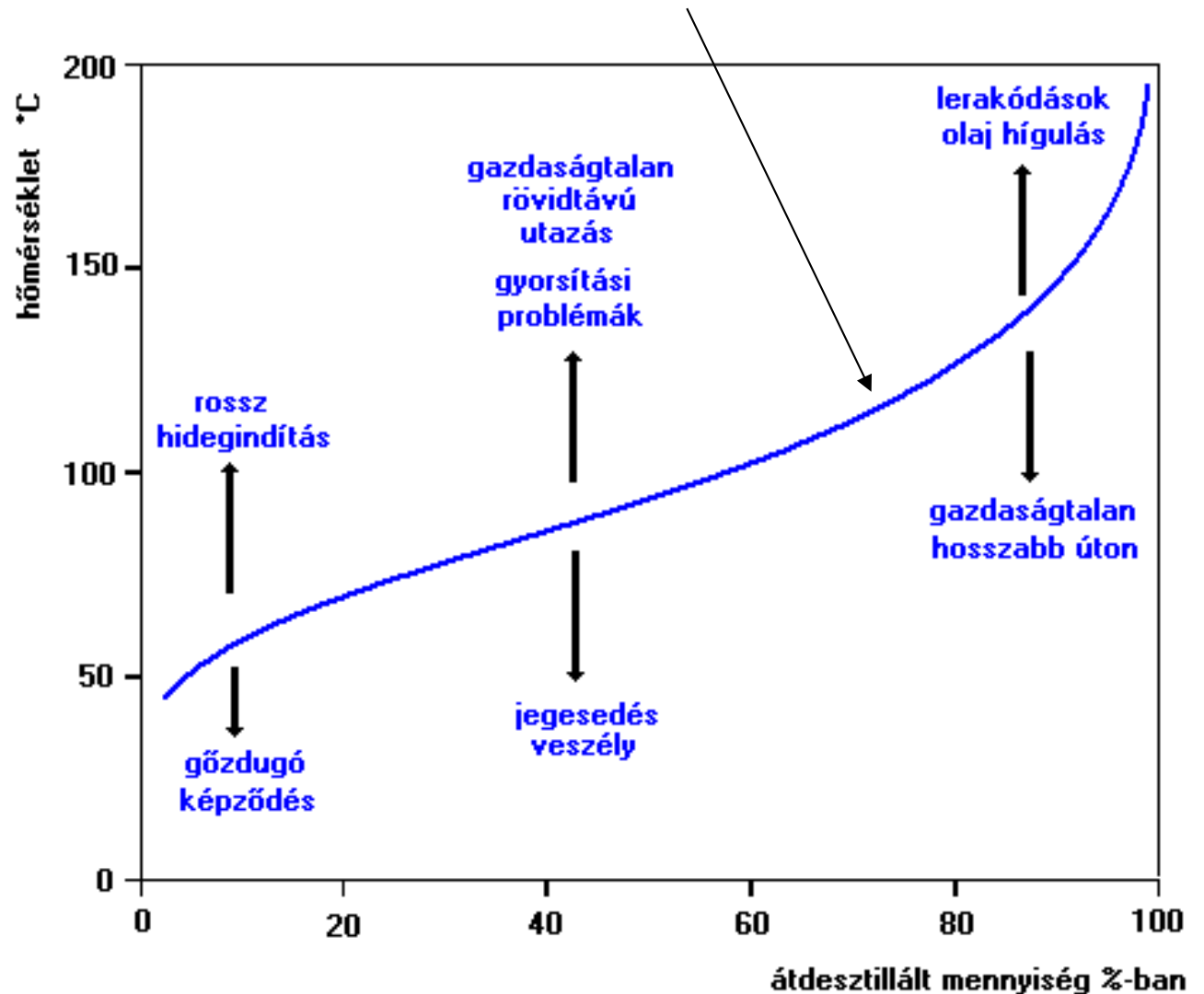
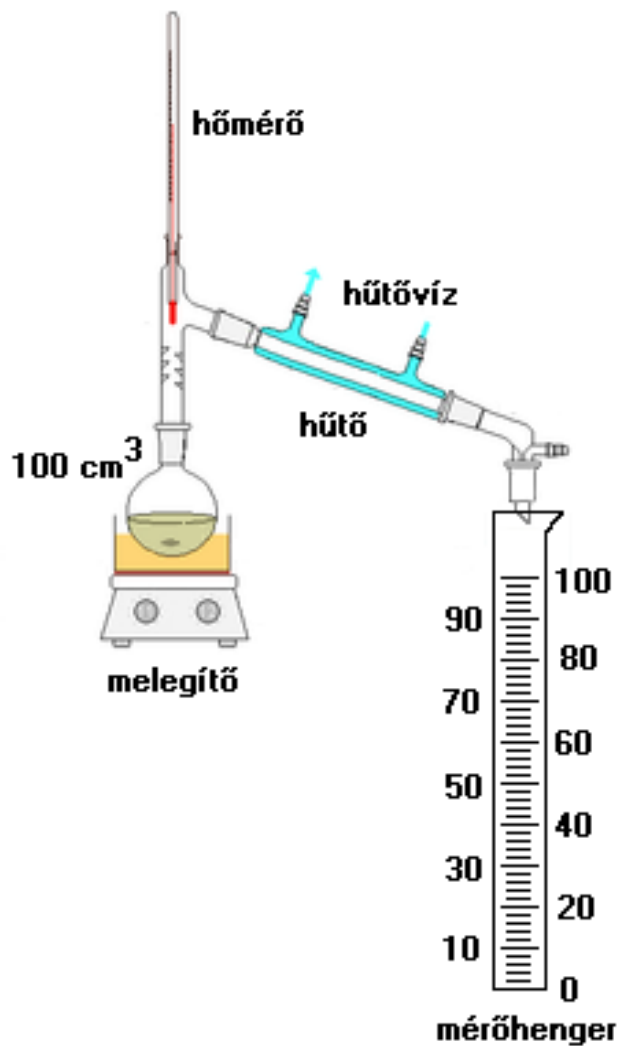
### OXIGÉN ELTÁVOLÍTÓ REAKCIÓ



# Motorbenzinek tulajdonságai I.

## ILLÉKONYSÁG a.

Ne legyen túl nagy, de ne legyen túl kicsi. → optimális desztillációs görbe



# Motorbenzinek tulajdonságai II.

## ILLÉKONYSÁG b.

Az illékonyság fontos mérőszáma a motorbenzin gőznyomása

Reid féle gőznyomás mérés:

38°C-on, meghatározott folyadék-gőztérfogat mellett mért nyomás.



# Motorbenzinek tulajdonságai III.

## Gyantatartalom

A benzinben oldott vagy tárolás során képződő nem elpárolgatható szerves vegyületek összessége, amelyek a benzin elpárolgatatás helyén pl. porlasztó lerakódásokat, dugulásokat képezhetnek.

## Aktuális gyantatartalom

A benzinben oldott állapotban lévő nem elpárolgatható szerves vegyületek: 100 cm<sup>3</sup> benzin elpárolgatatása után visszamérhető maradék, max. 10 mg

## Potenciális gyantatartalom

A benzin telítetlen szénhidrogénjei (olefin tartalma) idővel polimerizálódnak növelve a gyantatartalmat.

A benzint egy nyomásálló edényben oxigénnyomás alá helyezik és figyelik, hogy mikor kezd el csökkenni a nyomás (indukciós periódus).

Gyors nyomáscsökkenés a nem kívánatos gyantásodásra hajlamos olefin szénhidrogének jelenlétére utal.

# Motorbenzinek tulajdonságai IV.

## Korróziós hatás

**A benzin korlátozott mennyiségben tartalmazhat korróziót okozó vegyületeket:**

- szerves vagy szervetlen savakat**
- szerves vagy szervetlen lúgokat**
- kénvegyületeket (, karbonil-szulfid, szén-diszulfid, merkaptánok, stb., korróziós hatás mellett levegőszennyező kén-dioxid képződik. 500 mg/kg-ról levitték 10 mg/kg-ra)**

Rézlemez próba: a benzinbe mártott fényes felületű rézlemez elszíneződését színskálához hasonlítják


# Motorbenzinek tulajdonságai VI.

## Oktánszám

Mérése változtatható kompresszióviszonyú CFR motorral

motor módszer: fordulatszám: 900 1/perc  $t_{\text{levegő}} = 24 \text{ °C}$  

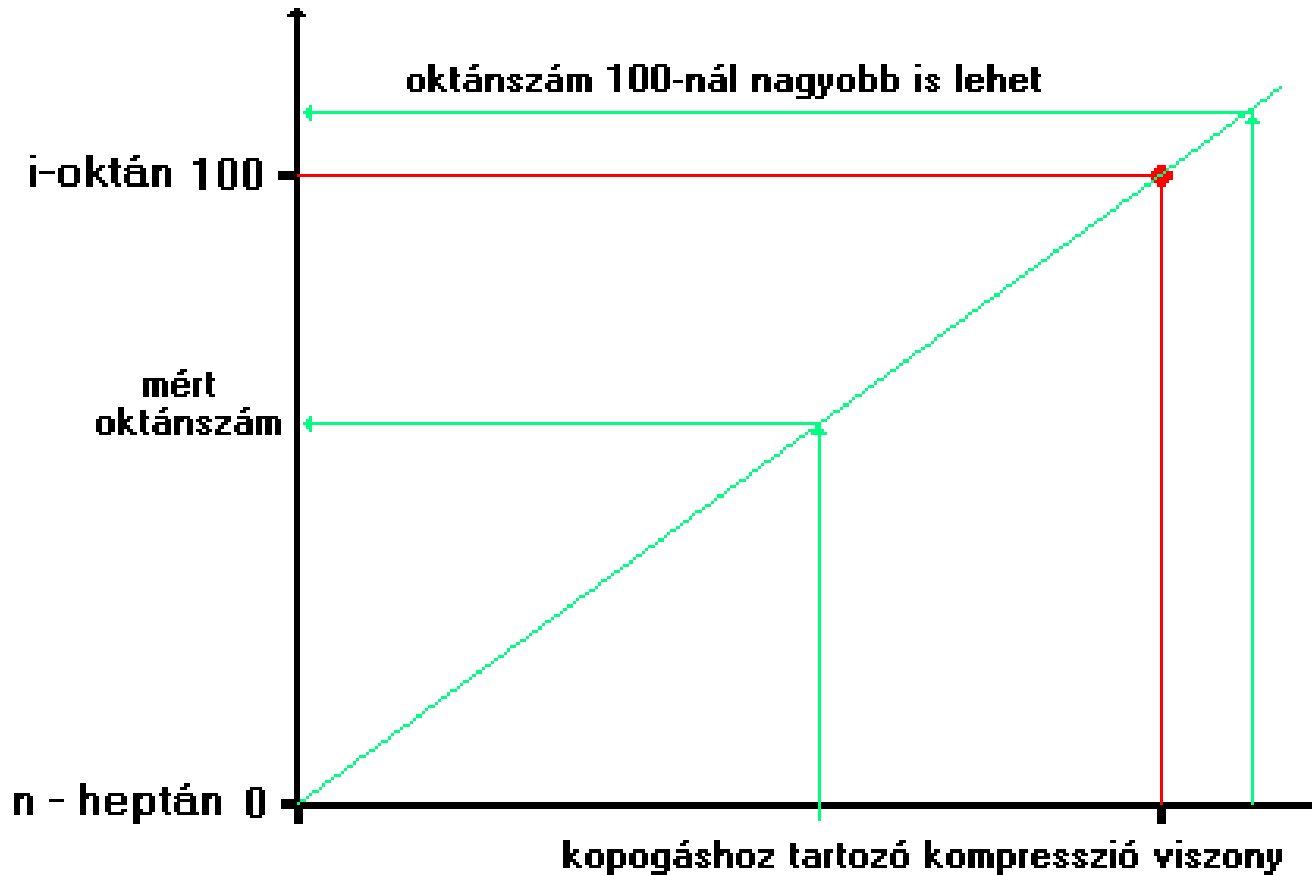
MON vagy MOSZ  
motor octane number  
motor oktánszám

kísérleti módszer: fordulatszám: 600 1/perc  $t_{\text{levegő}} = 52 \text{ °C}$  

RON vagy KOSZ  
research octane number  
kísérleti oktánszám

MON < RON      RON – MON = szenzibilitás (terhelés függvényében hogyan változik az oktánszám)

# Oktánszám mérése



Változtatható kompresszió viszonyú CFR motor

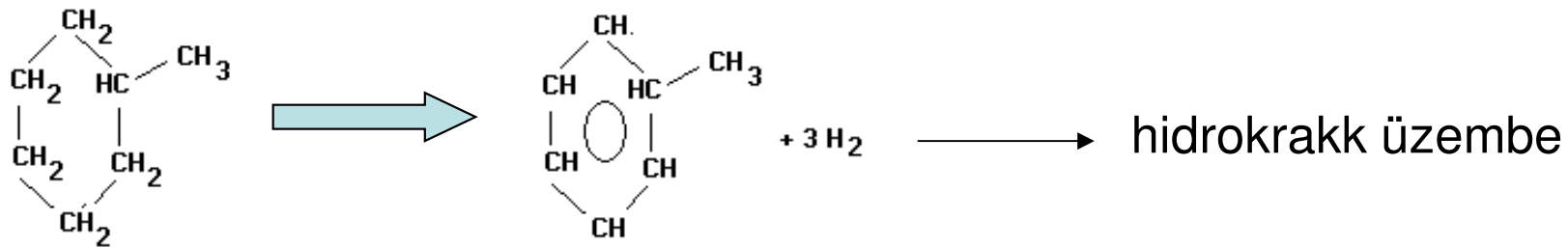
**A kereskedelmi forgalomban a kísérleti oktánszámot adják meg !**

A 95-ös oktánszámú benzin **kompressziótűrés szempontjából** megegyezik egy olyan üzemanyag eleggyel, amely 95 tf% i-oktánt 5 tf% n-heptánt tartalmaz.

# Oktánszám növelése

A kolonnáról lejövő benzin kb. 70 es oktánszámú, mosóbenzin minőség

1. Kis és közepes oktánszámú paraffin és naftén szénhidrogének átalakítása (katalitikus reformálás, aromizálás) nagy oktánszámú aromás és izoparaffin szénhidrogénekké.

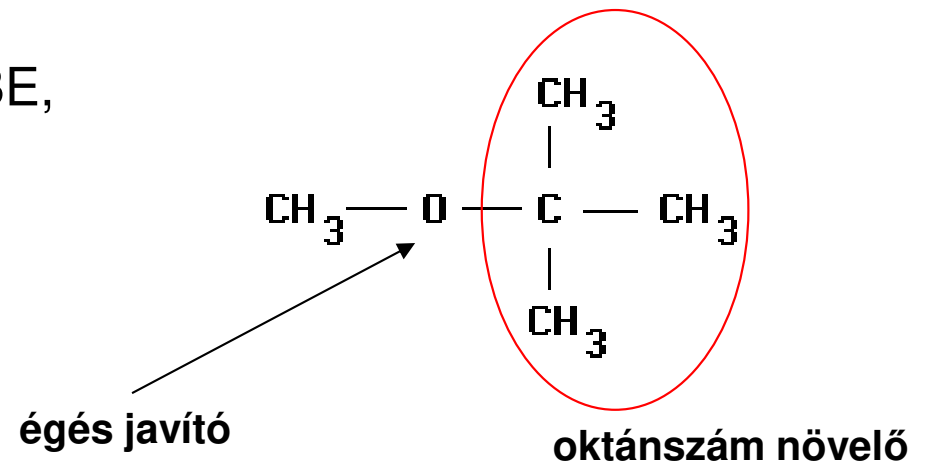


naftén váz RON 75

Toluol, RON 120 (aromás vegyületek nagy oktánszámúak, benzol tilos !)

2. alkilezés: 7-9 tagszámú izoparaffinok előállítása

3. Éterszintézis (metil-tercier-butil-éter, MTBE, RON 117)



# Petróleum

**Világító petróleum: 180 °C – 300 °C forráspont tartomány**



**Lökhajtásos petróleum, kerozin:  
Lényeges minőségi paraméterek**

- dermedés pont
- zavarosodási pont (paraffin kristályok kiválása (– 60 °C))
- vízmentes (kifagyás veszély)
- kénmentes (korrózió veszély)



# Gázolaj tulajdonságai I.

## Szivattyúzhatóság

- megfelelő dermedéspont (paraffin kristályok kiválása miatt az üzemanyag bedermed)
- szűrhetőségi határhőmérséklet: nyári gázolaj + 5°C  
téli gázolaj – 15 °C

## Porlaszthatóság

- forrpont határok és viszkozitás beállítás

## Kokszosodási hajlam

- nem tartalmazhat magas hőmérsékleten kokszosodó szénhidrogéneket, mérőszáma: Conradson szám (a gázolaj 10%-nyi desztillációs maradékát egy vastégelyben termikusan elbontják, a maradékot visszamérik)

## Korróziós hatás

- minimális kén, sav és lúgtartalom

# Gázolaj tulajdonságai II.

## Gyulladási hajlam, cetánszám

A dízelmotorban a kompresszió végén a forró levegőbe fecskendezik a gázolajat.

Gyújtási késés: A beporlasztás kezdetétől a gyulladás kezdetéig eltelt idő

Túl nagy gyújtási késéskor sok üzemanyag kerül a hengerbe, amely elégséges jelentős nyomáscsúcsértéket eredményez  **dízel-kopogás**

**A kompresszióra való gyulladás ellentéte a kompresszió tűrésnek**

A gázolajban a normál, azaz egyenes szénláncú szénhidrogének a kedvezők

**Cetánszám skála:** 0 pont alfa-metil-naftalin, 100 pont normál cetán

A 45-ös cetánszámú gázolaj **gyulladási hajlam** szempontjából megfelel egy olyan elegynek, amely 45 tf% normál-cetánból és 55 tf% alfa-metil-naftalinból áll.

# Biomasszából energia, alternatív motorhajtóanyagok, bioetanol



kukorica



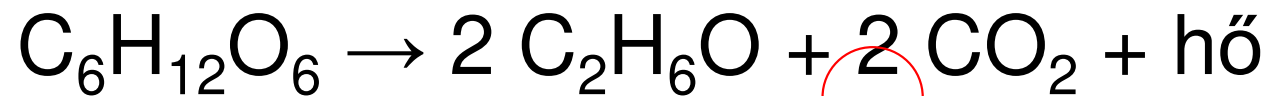
Bioetanol → motorhajtóanyag

# Bioetanol

- **Glükóz növényi fotoszintézisből.**



- **Glükóz fermentációja élesztőgombákkal**



- **Etanol égése**



- **NINCS NETTÓ SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁS**

# Bioetanol gyártása I.

## Nyersanyag:

- **cukor tartalmú biomassza** (cukornád, cukorrépa, cukorcirriok)
  - közvetlen fermentáció
- **keményítő tartalmú biomassza** (kukorica, búza, burgonya)
  - hidrolízis
  - fermentáció
- **cellulóz tartalmú biomassza** (fa)
  - ☹ hosszú láncú cellulose (40-60%) ellenáll a hidrolízisnek
  - ☹ hemi cellulóz (20-40%): könnyű a hidrolízis, de az öttagú gyűrűs cukrok nem fermentálhatók
  - ☹ lignin: ez nem cukor (10-24%)

**A technológia költségigénye : Cukor < keményítő <<< cellulóz**

# Bioetanol gyártása II.

- **Cukortartalmú vizes oldat erjesztése**
  - Jelentős vízigény, maradék szervesanyag tartalmú vizes oldat
- **Etanol desztillációja a vizes oldatból**
  - Jelentős energiaigény, kb.96 térf%-os vizes etanol
- **Etanol vízmentesítése**
  - Jelenleg molekulaszitával (lényegesen olcsóbb, mint a korábban alkalmazott desztillációs eljárások)
- **Bioüzemanyag előállítása**
  - E100 tiszta etanol
  - E10 10 térf% etanol 90 tf% benzin

# BIOETANOL GYÁRTÁS

## Melyik a legjobb nyersanyag ?



cukorrépa

1. cukorrépa 7140 dm<sup>3</sup>/ hektár
2. cukornád 6620 dm<sup>3</sup>/ hektár
3. manióka 4100 dm<sup>3</sup> / hektár
4. kukorica 3540 dm<sup>3</sup>/ hektár
5. búza 2770 dm<sup>3</sup>/ hektár



kukorica



cukornád

1 hektár = 10 000 m<sup>2</sup>



manióka, cassava



búza

# Bioetanol tulajdonságai

- Energiatartalma kevesebb a benzinnél benzin: 43,5 MJ/kg etanol: 26,8 MJ/kg
- Oktánszáma nagyobb: RON 121, MON 97 reális RON 106-108
- Jelentősen korrózió veszélyesebb, mint a benzin
  - Víz és ecetsav a tartályban
  - Percetsav képződés a hengerben, amely támadja a hengerfalat
- Hidegindítási probléma max:E75
- Poláros tulajdonsága miatt nem keveredik a kenőolajjal
- Az E100-as szintelen lánggal ég
- A benzinnel kevert üzemanyag csak tartálykocsiban szállítható a szételegyedés veszélye miatt.

# Bioetanol környezetvédelmi vonatkozásai

- CO csökkenés az oxigéntartalom miatt
- (CH)<sub>x</sub> csökkenés az oxigéntartalom miatt
- Korom csökkenés az oxigéntartalom miatt
- Nitrogén-oxid kb. marad, kisebb égéshő és nagyobb párolgáshő miatt csökken, de a nagyobb kompresszió miatt nő.
- Új környezetszennyező: acetaldehid
- Nincs kéndioxid emisszió !
- Szén-dioxid egyensúly !

# Tisztázandó kérdések

- Élelmiszerárakra vonatkozó hatása
- Energiamérleg
- Mennyi fosszilis energia váltható ki ?

# Váltsuk ki a benzint bioetanollal Magyarországon !

Benzin fogyasztás = 1 600 000 t/év

benzin: 43,5 MJ/kg      etanol: 26,8 MJ/kg

Etanol igény :  $1\,600\,000 * 43.5/26.8 \approx 2\,600\,000$  t/év

Kukorica 2,8 tonna alkohol/hektár/év

Terület igény:  $2\,600\,000/2,8 \approx 930\,000$  hektár = **9 300** km<sup>2</sup>

Ugyanazon területen nem lehet ismételni a termesztést :

Terület igény  $\approx 3 * 9\,300 =$  **27 900** km<sup>2</sup>

# Biomassából energia, alternatív motorhajtóanyagok, biodízel



repce



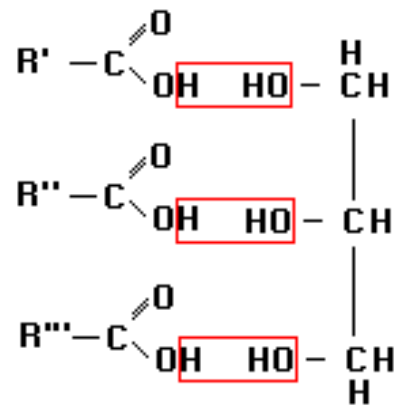
Repcemagból repceolaj

Repceolajból biodízel → motorhajtóanyag

A repceszalma, repcepogácsa elégethető így a melléktermékek is jelentős energiaforrást képviselnek

# Biodízel gyártás anyagszükséglete

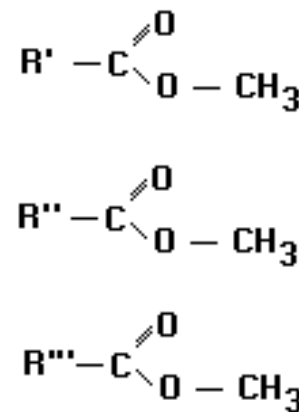
zsírok, olajok :  
zsírsavak glicerinnel  
alkotott észterei



zsírsavak      glicerín

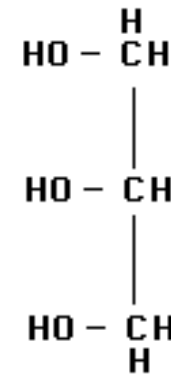
átészterezés  
CH<sub>3</sub> - OH  
katalizátor  
4 - 5 óra

felső fázis

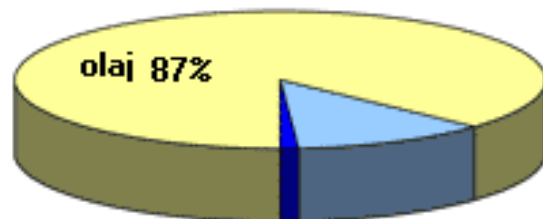


zsírsav metilészter  
BIODÍZEL

alsó fázis

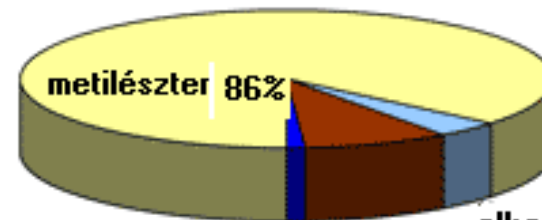


glicerín



katalizátor 1%    alkohol 12%

KIINDULÁSI ÖSSZETÉTEL



szerves trágya 1%    glicerín 9%    alkohol 4%

TERMÉK ÖSSZETÉTEL

# Biodízel gyártás technológiai lépései

- Alapanyag:
  - Bármilyen olajtartalmú mag : repce, napraforgó, szója, jatrofa stb.
  - Használt növényi olaj, zsiradék
  - Etanol vagy metanol, katalizátor
- Olajkinyerés
  - Melléktermék: nagy energiatartalmú repcepogácsa
- Olajmegbontása, átészterezés
  - Olaj (trigliceridek) lúgos hidrolízise (KOH, NaOH)
  - Melléktermék: glicerin

# Biodízel tulajdonságai

- **9 %-kal kisebb energiatartalom**
- **Cetán száma 50, nagyobb a dízelolajnál**
- **Kiváló kenőképesség**
- **Kéntartalma < 0,01 %, dízelolaj 0,2 %**
- **Biológiailag bontható, de ez hátrány is lehet**
- **Dízelolajjal keverhető B10 , B99 (bakteriális támadás miatt)**
- **Vízzel nem elegyedik**
- **Zavarosodási pont -10 °C és + 16 °C között (zsísavaktól függ)**
- **Gumiból készült alkatrészeket megtámadja**
- **Magashegyi utakon kiváló**

# Tisztázandó kérdések

- Energiamérleg
- Élelmiszer árakra történő hatás
- Melyik olajos növény a legjobb ?
  - Pálma olaj: 5000 - 7000 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Algae: 2700 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Kókusz olaj: 2300 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Yathropa cserje : 1900 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Len: 1500 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Repce: 1000 dm<sup>3</sup>/hektár
  - mogyoró: 900 dm<sup>3</sup>/hektár
  - napraforgó: 820 dm<sup>3</sup>/hektár
  - Szója: 760-1610 dm<sup>3</sup>/hektár

# Potenciális olajnövények



olajpálma



olajpálma



Jatropha cserje



Olajtartalmú algatenyészet

# Váltsuk ki a dízelolajat biodízelrel Magyarországon !

Dízel olaj szükséglet = 2 500 000 t/év

Biodízel igény :  $2\,500\,000 * 1,1 = 2\,750\,000$  t/év

**Repce:  $1000\text{ dm}^3$  biodízel /hektár/év  $\approx$  880 kg/hektár/év = 0,88 t/hektár/év**

Terület igény :  $2750000/0,88 = 3\,125\,000$  hektár =  $31\,250\text{ km}^2$

Három éves vetésforgóval számolva :

Terület igény  $\approx 3 * 31\,250 = 93\,750\text{ km}^2$

# Bioetanol vs. biodízel

Kinyerhető energia és a befektetett energia hányadosa

(Gottfried Mónika diplomamunka 2006)

	bioetanol		biodízel	
	búza	kukorica	napraforgó	repce
<b>Fajlagos energianyereség</b>	1,19	1,42	2,35	2,13
fermentlé szárítással	1,01	1,18		
<b>szántóföldi maradékkal</b>	2,43	3,58	4,43	4,19

# Következtetés

- A biomassa csak egy lehetőség, hogy csökkentsük a fosszilis tüzelőanyag felhasználást és az üvegház hatású gáz, a szén-dioxid kibocsátását.
- A fenntartható fejlődés '**sustainable development**', szempontjából a teljes kiváltás nem lehetséges.
- A fenntartható túlélés szempontjából '**sustainable survival**', azonban kiemelkedő jelentőségű.





# BIO-TECHNOLÓGIÁK

SZERVESANYAGOK  
MIKROBIÁLIS ELŐÁLLÍTÁSA  
IPARI MÉRETEKBEN

- A biotechnológia jelentése sokkal szélesebb körű:  
pl. hasznos szervesanyagok mikrobiális,  
enzimatis előállítása
  - Miért jó? Környezetbarát:
    - Kevesebb hulladék keletkezik
    - Kevesebb toxikus melléktermék keletkezik
    - Gáz emisszió csökken
    - Újrahasznosítás: hulladékok
- Mikrobiális fermentációk a szintetikus technológiák helyett
- Növények, vagy részeik mint fermentációs alapanyagok

# Növények, mint alapanyagok

- Előnyös, mert egyrészt a napot, mint megújuló energiaforrást hasznosítják, valamint CO<sub>2</sub>-ot fixálnak, ezáltal a túlzott CO<sub>2</sub> kibocsátás mértékét némileg enyhítik
- Elsősorban olyan növényeket használnak, melyek nem élelmiszer növények (vagy azok nem felhasznált részei)
- Közvetlen felhasználásuk: textilipar, papíripar, szeszipar, műanyagipar, stb
- Alapanyagként szolgálnak számos mikrobiális fermentációban



**CO<sub>2</sub>**

**cukor**

**keményítő**

**cellulóz**

**olaj**

**fehérje**

**Fermentáció**

**Aerob kultúra**

# Mikrobiális fermentációk

- Mikróbák képesek nagy mennyiségben különböző egyszerű, és összetett vegyületeket, előállítani
- Termékeiket a gyógyszer-, élelmiszer-, vegyipar-, környezetvédelem stb. hasznosítja
- Ipari szinten a fermentációs végtermékek szintje, kinyerése legtöbbször nem optimális
  - Cél a folyamatok fejlesztése:  
mikroorganizmusok fiziológiája, környezeti hatások, génszűrés alkalmazása

# Fermentációs termékek

- Elsődleges termékek:
  - nélkülözhetetlenek a sejtek szaporodásához, életfeltételeihez, pl. DNS, RNS, aminosavak, vitaminok, illetve anyagcsere végtermékek
- Másodlagos termékek:
  - általában a növekedési szakasz befejezte után termelődnek, nem nélkülözhetetlenek a szaporodáshoz, életfeltételekhez.
  - Képződésük függ a környezeti körülményektől.
  - Képződésüket pl. tápanyag, ásványianyag hiány előidézheti.
  - A sejtek számára helyzeti előnyt jelenthet bizonyos, másodlagos metabolitok termelése (de ez nem mindig nyilvánul meg)



**CO<sub>2</sub>**

cukor

keményítő

cellulóz

olaj

fehérje

Fermentáció

Aerob kultúra

Elsődleges metabolitok

Másodlagos metabolitok

# Fermentációs termékek

## Elsődleges termékek

- Sejt:
  - Pl. élesztő (*Saccharomyces* fajok): sörélesztő, pékélesztő
  - SCP (single cell protein)= egy-sejt-fehérje, olcsó szubsztráton pl. metanol, metán, szénhidrogén növesztve nyerünk sejt-biomasszát
- Eszenciális sejtalkotók
  - DNS, RNS, aminosavak, egyes vitaminok
- Elsődleges metabolitok
  - Citromsav, etanol, glicerin, tejsav, ecetsav, fumársav, aceton

# Fermentációs termékek és az azokat előállító mikroorganizmusok

<b>termék</b>	<b>mikroorganizmus</b>
ecetsav	<i>Acetobacter spp.</i>
aceton	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
butanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
izopropanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
etanol	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Clostridium acetobutylicum</i>
glicerin	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
fumársav	<i>Rhizopus oryzae</i>
citromsav	<i>Aspergillus niger</i>
tejsav	<i>Lactobacillus spp.</i>

# Fermentációs termékek

## másodlagos termékek

- Másodlagos metabolitok(nem eszenciálisak)
  - Antibiotikumok, sideroforok (vas keláló ligandok), biopolimerek, lipidek, poliszaharidok, ...
- Egyéb fehérjék
  - Interferon, növekedési hormon, inzulin
- Enzimek
  - Amilázok, proteázok, lipázok, glükóz izomeráz, ...
- Vakcina
  - Nagytisztaságú poliszaharidok vagy membránfehérjék pl. HepatitisB

# Esődleges metabolitok biotechnológiai előállítására példák bemutatása

# Etanol

- cukorból élesztővel fermentált termék
- Fermentáció lényege: *Saccharomyces cerevisiae* oxigén hiányában cukorból etanolt és CO<sub>2</sub>-ot állít elő (fermentációs körülmények: pH=3,5-6,0 és 28-35°C)

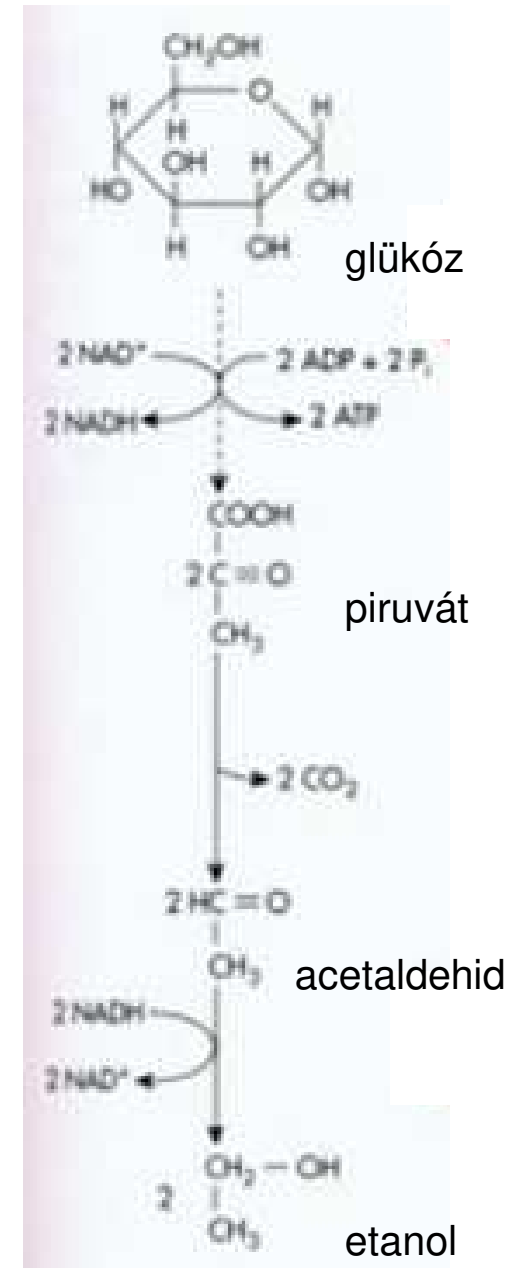
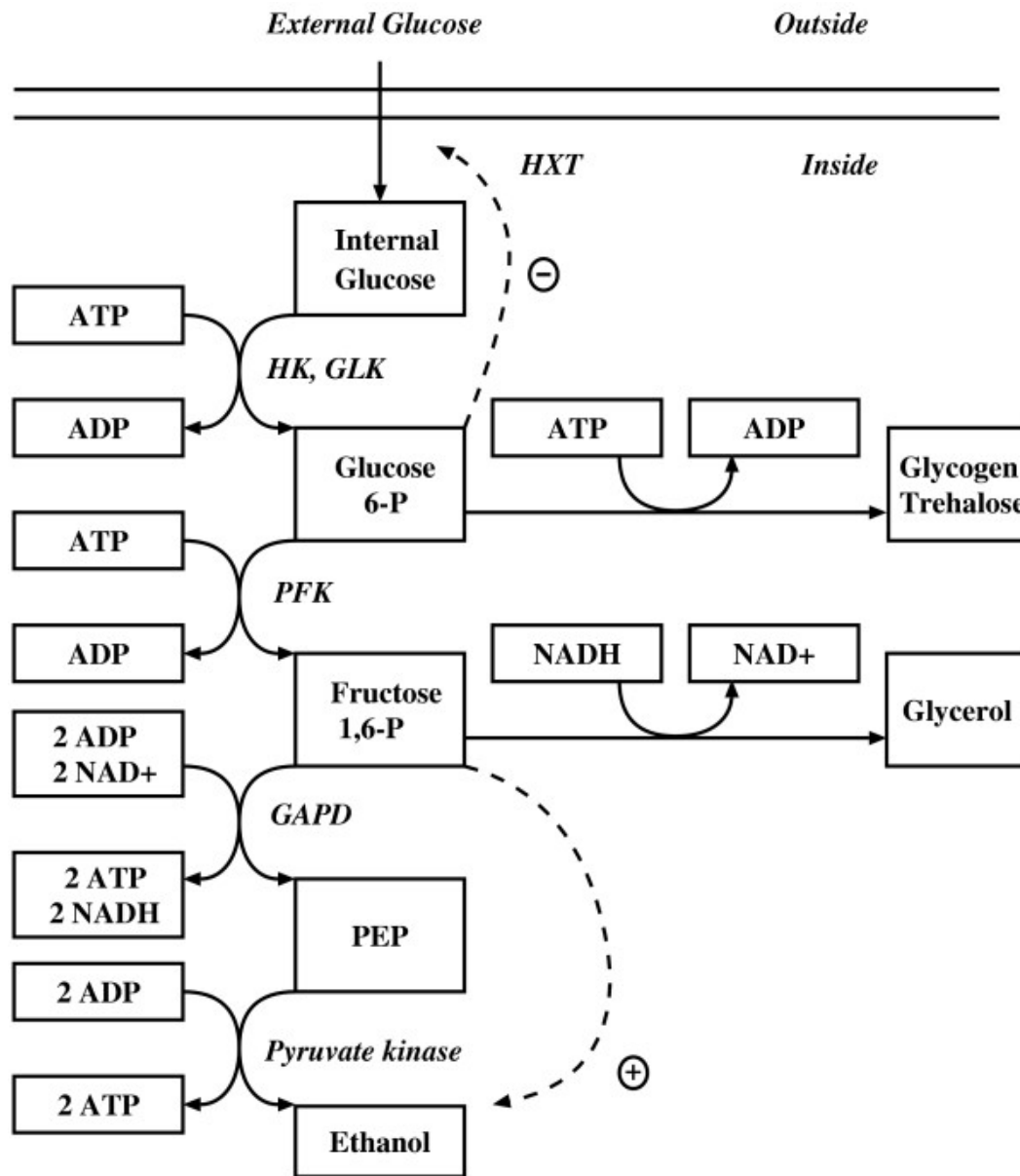


- Előnye, hogy magas cukortartalmú hulladékot, mellékterméket is fel lehet használni alapanyagként
- Nagyüzemi gondok: az etanol, 5% feletti koncentrációban gátolja a fermentációt



Sör készítés

# Alkohol termelő *Saccharomyces cerevisiae*-ben a glükóz átalakulása etanollá

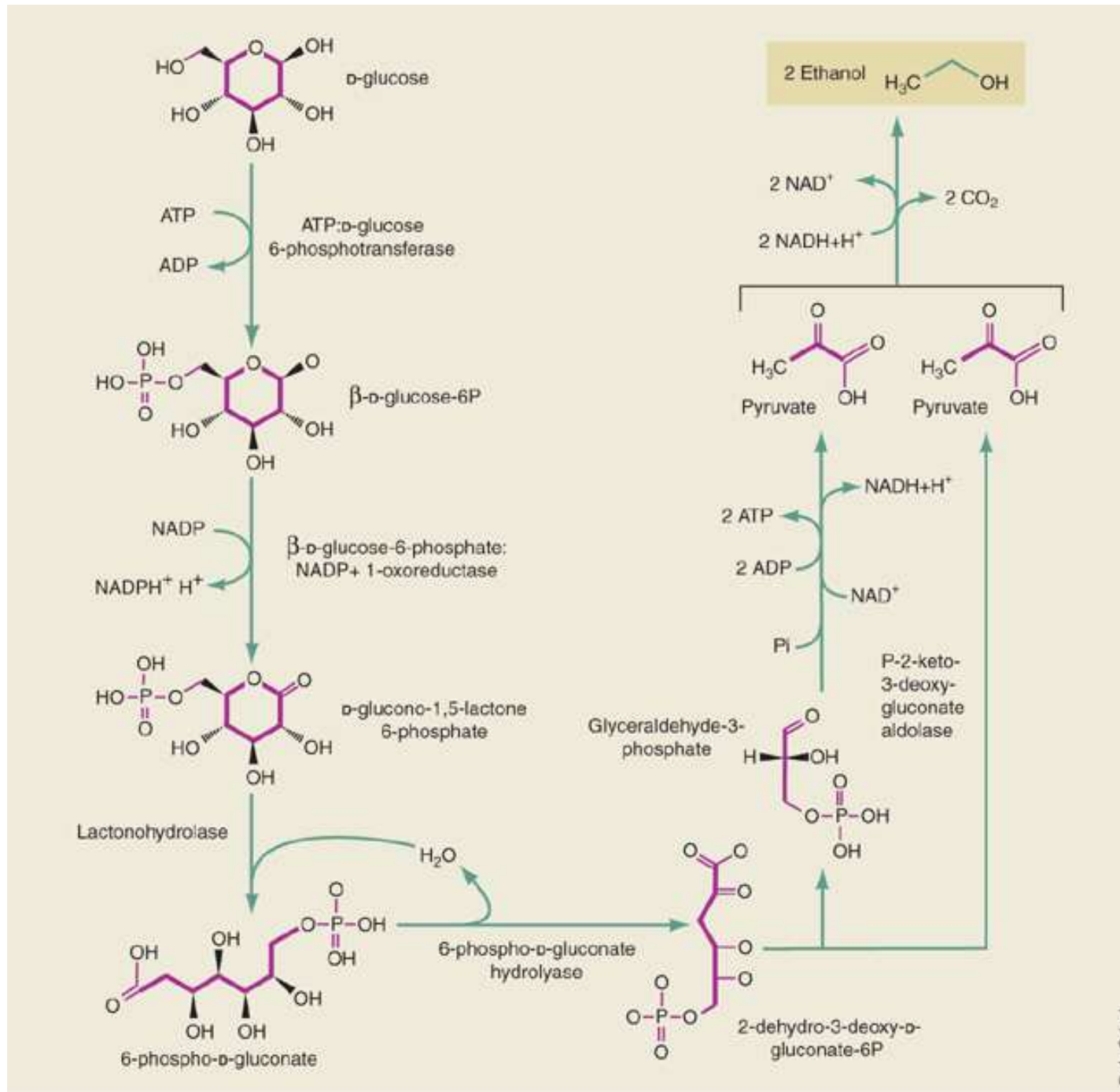


# Fejlesztési lehetőségek

- oldószer toleráns élesztő törzsek keresése, létrehozása (több hosszabb láncú telítetlen zsírsav a sejtmembránban)
- Más organizmusok, baktériumok szelekciója, melyek nagy mennyiségben képesek etanolt termelni, és ellenállóak az oldószerrel szemben: *Zymomonas mobilis*. Ez a törzs etanol toleráns, gyorsan szaporodik, és a glikolízis helyett az Entner-Doudoroff metabolikus utat használja, mely kevesebb ATP-t igényel
- Batch kultúra helyett fed-batch-, vagy folyamatos-, és/vagy sokedényes folyamatos kultúra
- Etanol folyamatos kivonása
- Cellulóz alapú szubsztrátok használata jó, de előkezelés szükséges: fizikai (pl. gőzrobbantás), kémiai (pl. savas hidrolízis), biológiai (celluláz enzimek)



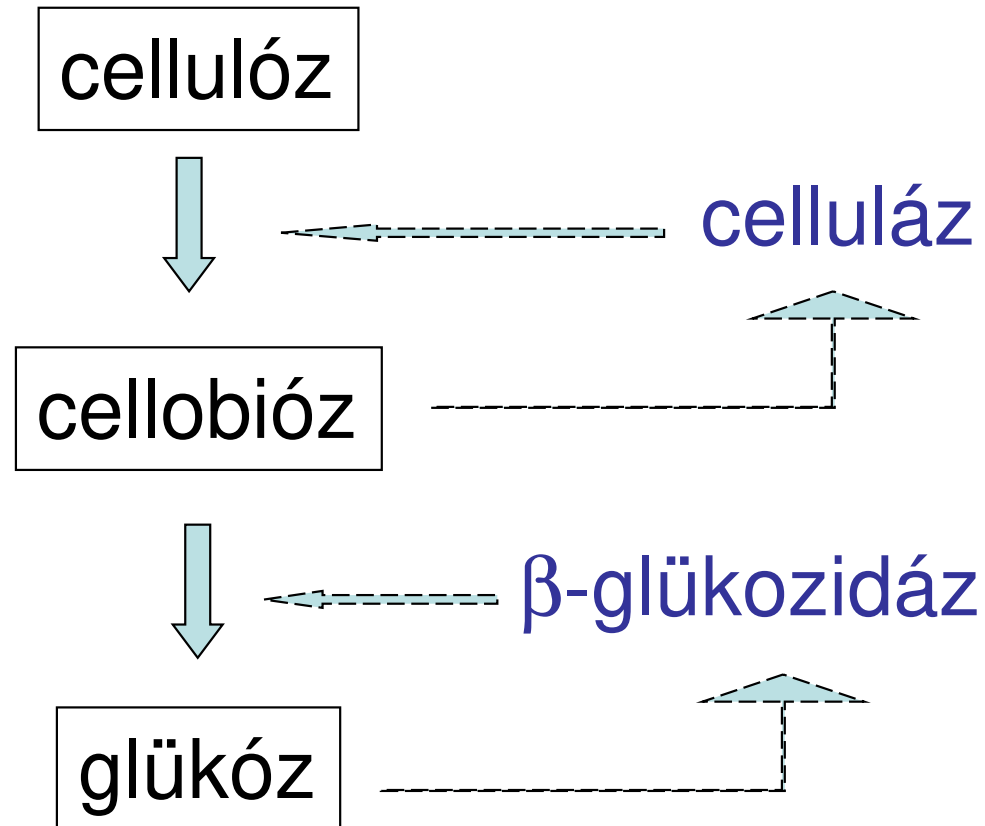
# Etanol fermentáció *Zymomonas mobilis*-ban



# Alapanyagok az ipari alkohol termeléshez

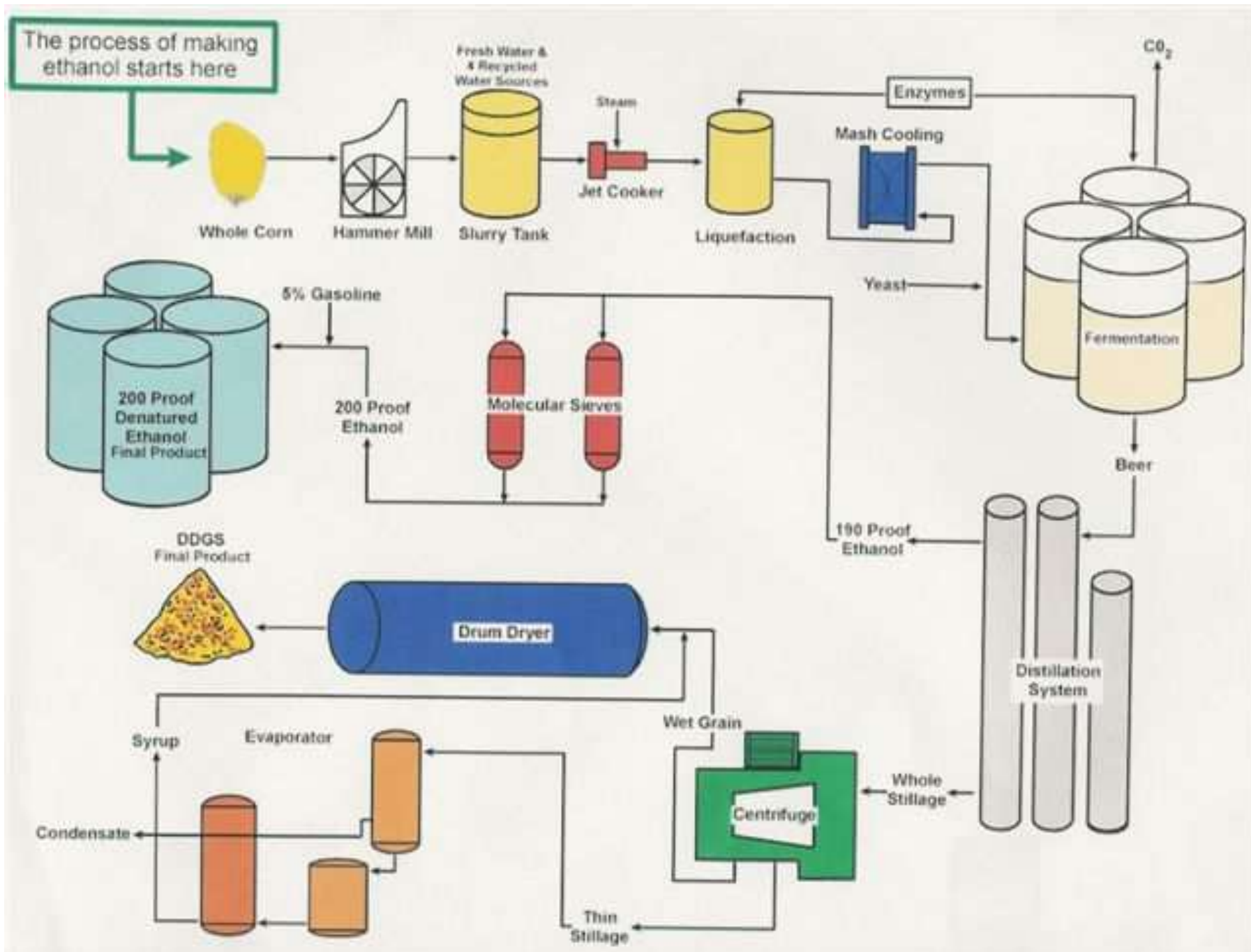
- Magas cukortartalmú növények, termékek: cukornád, cukorrépa, cukor cirok, burgonya, édesburgonya, magvak (magas keményítő tartalom), cellulóz tartalmú növényi részek
- Alapanyagok előkészítése: őrlés, gőzrobbantás, majd enzimatis vagy savas hidrolizis
- Az élesztő a cukor polimereket nem tudja hasznosítani, ezeket először hidrolizáló enzimekkel (amilázok, cellulázok), ill. azokat termelő mikroorganizmusokkal elő kell kezelni, glükóz keletkezéséig. A glükózt fogja hasznosítani az élesztő, és etanolt fermentál oxigénmentes környezetben

# Cellulózból a glükóz enzimatikus kinyerése

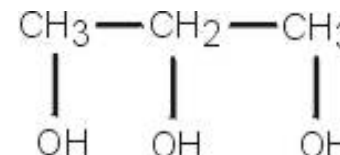


Az intermedier és a végtermék gátolja (negatív visszacsatolás) az enzimatikus folyamatokat

# Etanol fermentációs technológia

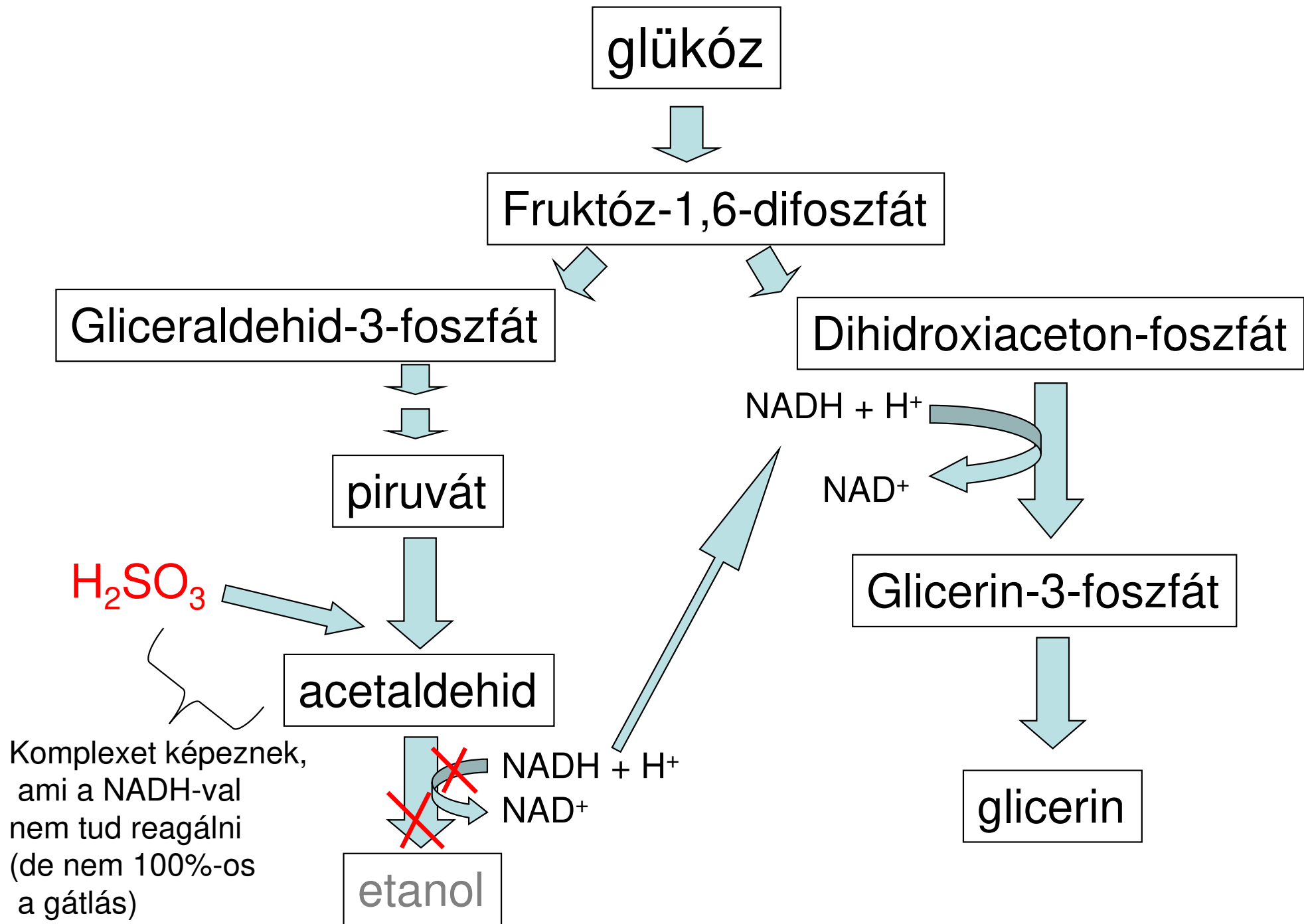


# Glicerín

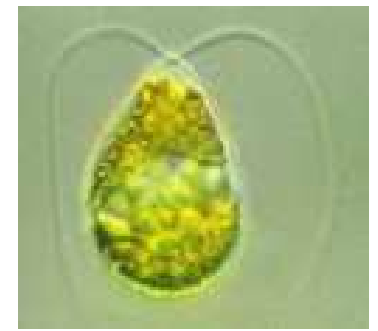


- Egyszerű alkohol (1,2,3-propán triol), az etanol gyártás mellékterméke (először Pasteur figyelte meg 1860-ban)
- Széleskörű a felhasználása: kozmetikai iparban, fagyállóban, kenőanyagokban, dinamit (glicerín-trinitrát)-, olajiparban
- Szintetikus előállításával sok a gond (klór tartalmú melléktermékek)
- Mikrobiális előállítása: *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces acidifaciens* (ozmotoleráns), *Bacillus subtilis*, *Dunaliella tertiolecta* (halotoleráns zöld alga)
- Bár a glicerín termelés a mikrobiális etanol gyártás folyamatának mellékterméke, eltolható a glicerín irányába (3 lehetőség: 1. hidrogén szulfid hozzáadásával, 2. enyhén lúgos körülmény, 3. ozmótikus stressz)
- A glicerín kinyerése nehéz, mivel vízdékes és magas a forráspontja, ennek ellenére 1993-ban a glicerintermelés már 85%-ban biológiai folyamatok eredménye

# Glicerín bioszintézis *S. cerevisiae*-ben



# Glicerín bioszintézis *Dunaliella tertiolecta*-ban



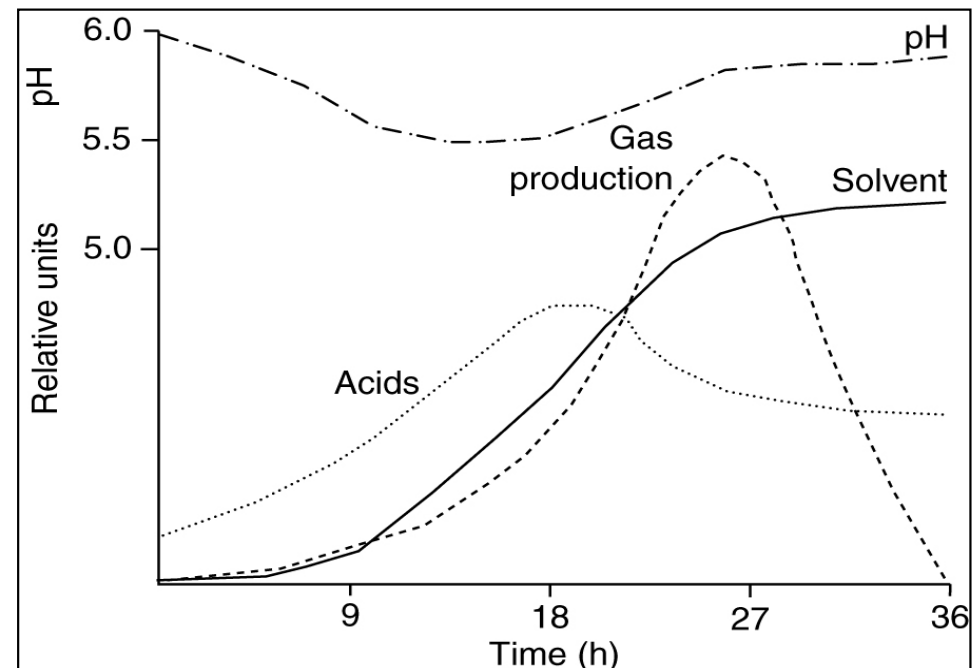
- Környezetében az extrém ozmótikus különbségeket képes túlélni, amiben a glicerín termelésnek fontos szerepe van
- A fotoszintézis során (megújuló forrásból termelődik a termék - CO<sub>2</sub> és napfény), és ha só-stresszes körülményt biztosítunk (magas NaCl konc. - 5 M - a tápoldatban). A magas sókoncentráció gátolja a citoplazmatikus enzimreakciókat, így tud több glicerín szintetizálódni
- A melléktermékek is hasznosíthatók, főleg fehérje és β-karotin
- A glicerín termelődése a hőmérséklet, fény-intenzitás, -minőség, sótartalom és növekedési sebességtől függ
- Ca-alginát gélagyba immobilizált sejtekkel 4 nap helyett 2 hónapig működött a rendszer

# Aceton-Butanol-Etanol

- Ipari szintű biotechnológiai módszerekkel történő előállításuk 1914-ben kezdődött. Az első termékek között voltak, melyeket biotechnológiai úton állítottak elő, lecserélve a kémiai technológiát.
- Egyes *Clostridium* fajokkal komoly oldószer, és sav gyártást valósítottak meg. Képesek acetátot, butirátot, valamint acetont, butanolt, etanolt, izo-propanolt termelni (mind elsődleges metabolit) cukrokból.
- *Clostridium* fajok az oldószer vegyületeket stacioner fázisban termelik alacsony pH-n. Sajnos e képességüket könnyen elvesztik, viszont megfigyelték, hogy hőkezelés esetén nem (a spórákat forró vízben inkubálják egy-két percig)
- Többféle szubsztráton is megy a folyamat: pl. melasz, keményítő, melyet ált. 6-7% konc-ban használnak, és ennek max. 35-40%-ából lesz oldószer.

# ABE fermentáció szakaszai

- A sejtek exponenciális szaporodási sz.-ban (1. acidogén szakasz) képződnek a savak (acetát, butirát), melyek hatására a pH erősen csökken (6,0-ról 5,5 alá). Ennek hatására a sejtek szaporodása, és savképzése leáll. A stacioner fázisba kerülő sejtek (2. szolventogén szakasz) acetont, butanolt, etanolt képeznek a szerves savakból, ekkor a pH nő, a 3. un. alkohologén fázisba lépve, csak butanolt és etanolt termelnek.
- A folyamat közben hidrogén (és  $\text{CO}_2$ ) is keletkezik, mely szintén hasznos, tiszta energia

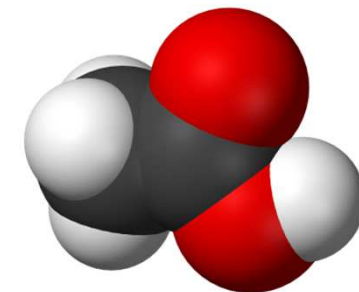
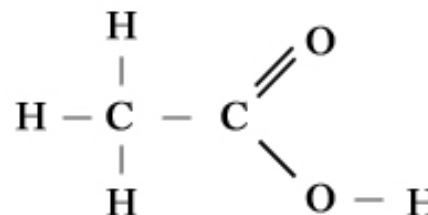


# ABE fermentáció szakaszai

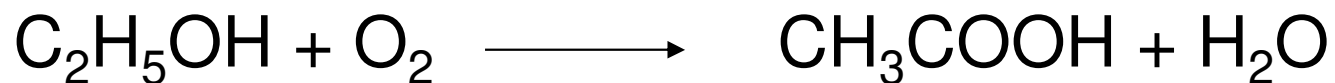
- Az oldszószerek kinyerése desztillációval költséges, ezt csökkenteni kell, erre megoldás lehet magasabb hőmérsékletű fermentáció, melyben a termék a gőztérbe kerül
- A fermentációhoz olcsó alapanyagok használata is szükséges, hogy versenyképesek legyenek a termékek
- A termékképzést a különböző paraméterek változtatásával némileg lehet befolyásolni
- Biotechnológiai eljárásokkal, genetikai manipulációkkal próbálnak még hatékonyabb törzseket létrehozni (pl. oldószer tolerancia, ill. egy két útvonal kiütésével csak etanol, vagy csak butanol termelő törzsek fejlesztése)



# Ecetsav



- A boltban kapható ecet ecetsavból, aroma- és festékanyagokból álló vizes oldat
- Ha a bort levegőn hagyjuk állni megsavanyodik. Oka az aerob ecetsav baktériumok tevékenysége, melyek az alkoholból ecetsavat állítanak elő
- Alkoholból oxidatív fermentációval ecetsav baktériumok: *Gluconobacter* és *Acetobacter* fajok



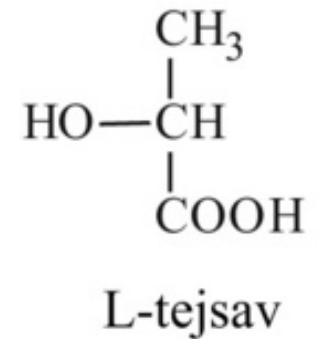
- Anaerob fermentációval glükózból pl. *Clostridium thermoaceticum*



# Ecetsav gyártás

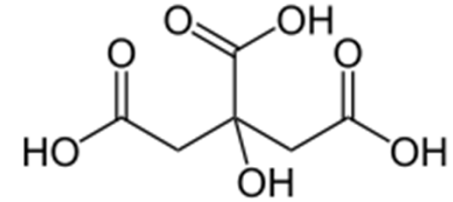
- Ecetgyártás, ha fontos az ecet íze, akkor hagyományos módszerekkel (fakádban vagy faforgács ágyon, nagyon lassú folyamat, de tiszta, jó minőségű termék keletk.). Ha az íz nem fontos, akkor olcsóbb alapanyagokból, és levegőztetéssel gyorsítják a folyamatot. Ma már nagyméretű kevertetett tankreaktorokban folyik a gyártás.
- Gond: a törzseket nehéz fenntartani. Fejlesztési irány: stabil, és savtoleráns törzsek szelektálása
- Gond: az ecetsav tovább oxidálása  $\text{CO}_2$ -dá és vízzé. Ez akkor következhet be, ha elfogy az etanol a sejtek környezetéből. Kiküszöbölésére a félfolyamatos fermentációt fejlesztették ki. Mielőtt elfogy az etanol lecserélik a fermentlé 90%-át

# Tejsav



- Előállítására tejsav baktériumokkal (tejsavas erjedés), szubsztrátként glükózt, fruktózt, laktózt képesek hasznosítani, de keményítőt már nem
- A rendszer érzékeny a pH-ra, pH < 5,0 a fermentáció leáll, nem szigorúan anaerob
- Ipari szinten ált. a *Lactobacillus delbrueckii*-t használják. Folyamatos fermentációval nagyobb produktivitás érhető el. Problémát jelent a tejsav korrozív tulajdonsága, így a fermentor edény falát ennek ellenálló anyagból kell készíteni
- A tejsav kinyerése a fermentléből: ha az alapanyagok nem tiszták, akkor a kinyerés drága. Pl. kicsapással, oldószeres extrakcióval, észterezéssel, mostanában pedig ioncserélő gyanta segítségével nyerik ki.
- Tejsav baktériumok használata a tejiparban (lásd 1. óra anyagában)

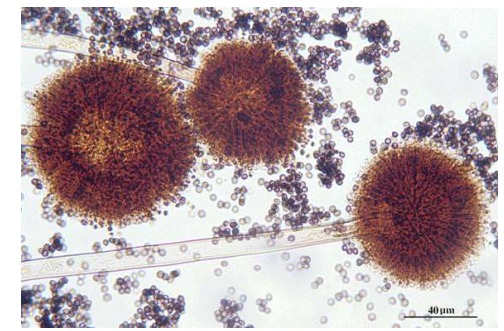
# Citromsav



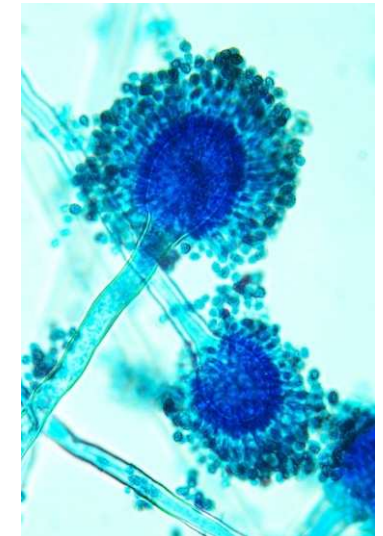
- Régen citrusfélék gyümölcséből nyerték ki (7-9% citromsav tartalom)
- Élelmiszeriparban haszn. nagy menny-ben adalékanyagként lekvárokban, édességekben íz-szabályozóként.
- A gyógyszer- és kozmetikai ipar is használja
- Először gombákban (*Penicillium* fajokban) figyelték meg, majd *Aspergillus niger*-ben is, azóta ezt használják nagyüzemi szinten



# Citromsav gyártás



Az *A. niger* jól szaporodik alacsony pH-n (2,5-3,5). Magas cukor-koncentrációt lehet alkalmazni (amit az *A. niger* hatékonyan alakít át citromsavvá), anélkül, hogy befertőződne a rendszer. A szaporodási szakaszt és a fermentációt célszerű elválasztani, ezzel hatékonyabbá tehető a termelés. További hatékonyság növelő tényező pl. bizonyos fémek elvonása (Mn, Fe), nagy oldott oxigén tenzió (> 140mbar), foszfát konc. minimalizálása, emelt ammónium ion konc.



# Másodlagos anyagcsere termékek

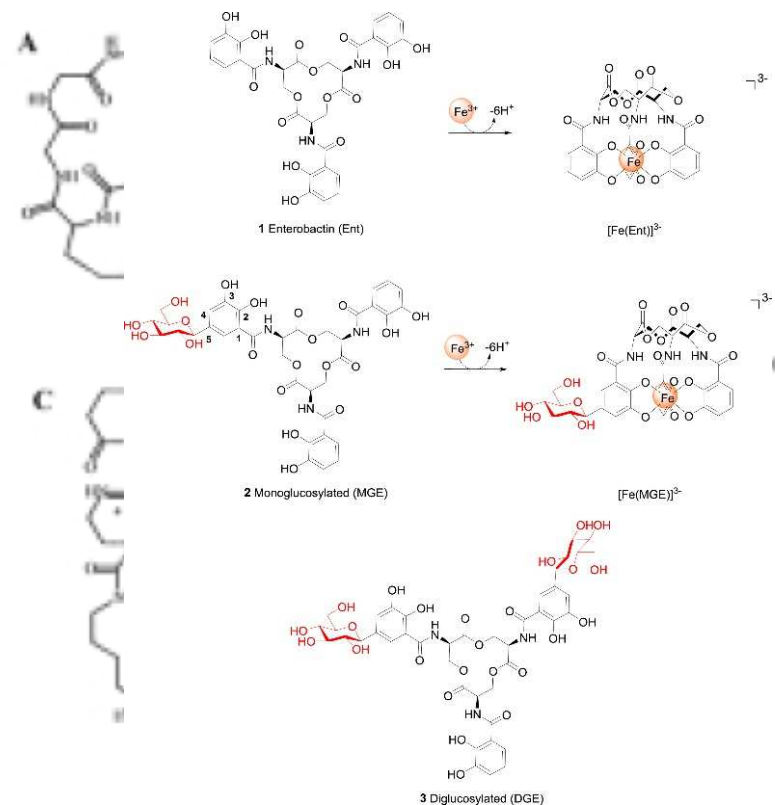
- Nem eszenciálisak, de előnyösek hosszútávon
  - Felületaktív anyagok
  - Szideroforok
  - Antibiotikumok
  - Biopolimer
  - Mikrobiális „mű”anyagok
- A növekedést elősegítő faktorok elfogyása esetén termelődnek nagy mennyiségben ált.

# Felületaktív anyagok

- Szintetikus előállítása jelentősebb, de egyre nagyobb számban találkozunk mikrobiális termeléssel
- Szintetikus FA-kal szemben előny:
  - Megújuló forrásból szintetizálható
  - Biológiailag lebontható
  - Alacsony toxicitás
  - Extrém körülmények között is hatékonyak
- Baktériumok, élesztők termelik
- Lehet szaporodáshoz kapcsolt, vagy attól független
- Főszerep a bioremediációban – olaj extrakció
  - Közvetlen FA adagolás
  - FA termelő törzs bioaugmentációja
- Kozmetika, élelmiszeripar szintén hasznosítja
- Nitrogén limitált körülmények között szénhidrogén ill. szénhidrát szubsztrát jelenlétében termelődik

# Vas kelátorok (szideroforok)

- Alacsony molekulasúlyú vas(III)-specifikus ligandok (szideroforok) számos mikroba számára eszenciálisak a szaporodáshoz, túléléshez
- Biotechnol. szempontból a vas extrém fontos eleme a fermentációs folyamatoknak, hatással van a szaporodásra, és a termékképzésre
- Szerkezeti sokféleség
- Szerep vas-szolubilizáció, transzport és tárolás



Különböző szideroforok szerkezeti képletei

# Vas kelátorok (szideroforok)

- A vas(III) kötésben szerepet játszó ligandok: katekolátok (pl. enterobactin, pyochelin), hidroxamátok (pl. ferrioxiaminok, ferrimycinek), peptid sziderof. (pl. pseudobactin, pyoverdin)
- A vas(III) redukciója után a vas(II) affinitása a ligandhoz kicsi, így eltávozik arról
- Aerob és fakultatív anaerob mikrobák a környezet csökkenő vastartalmára szideroforok expressziójával reagál, a vas jelenléte negatívan hat vissza
- Mezőgazdasági (biokontrol és gazdavédő szerep), gyógyászati (pl. vashiányos betegekénél), élelmiszeripari (nyugvó sejtek előcsalogatása élelmiszereken), környezeti-bioremediációs (nagy affinitás egyéb, toxikus fémekhez) hasznosítás

# Biopolimerek

- Poliszaharidok, poliészterek (PHA)
  1. Extracelluláris poliszaharidok szerepe
    - a sejt körül képződő kapszula – védelem kiszáradás, patogének ellen
    - a felszíni kötődéshez, biofilm képzéshez szükséges
    - Növényekből, algákból nyert poliszaharidok: keményítő, alginát, karragén, agar
    - Mikrobiális poliszaharidot iparilag csak a *Xanthomonas campestris*-ből áll. elő: xantán (pszeudoplasztik)
    - Ipari alkalmazás ragasztó, stabilizáló, gélesítő, kötő ágensként

# Biopolimerek

## 2. Poliészterek

- Polihidroxi-alkánsavak
- felfedezésük majdnem 100 éve (1920-as évek)
- 3-14 szénatomból álló láncok, 100-3000 monomerből állnak, több, mint 80 féle ismert
- Számos baktérium (de eukarióta szervezetek is) képesek szintetizálni, akkumulálni (tárolni zárványtestekben)
- Energiatárolásra szolgál limitált tápanyag feltételek (nitrogén, foszfát, oxigén, magnézium) mellett
- Ipari alkalmazás: műanyaggyártásban

# Bioműanyagok

- Növényi alapanyagból: keményítő -, tejsav alapú, keverékek, PHA
- Két csoport: biológiailag lebomló, biol. nem bomló
- Probléma: hőre lágyuló a többség (pl. politejsav, keményítőalapúak...)
- Elbontásukhoz magasabb (24-28°C feletti) hőmérséklet, és páratartalom szükséges

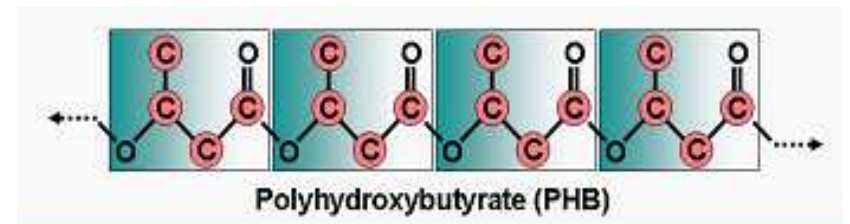
# Szintetikus műanyagok előnye, hátránya

- Előnyük: hőállóak, tartósak
- Hátrányuk: biológiailag nem bonthatók, reciklizálási lehetőség limitált, égetéssel sok toxikus vegyület keletkezik
- megoldás: bio-műanyagok, viszont a tartósság ez esetben is fontos. A lebonthatóságuk biztosítására pedig 50%-os keverés keményítővel, cellulózzal vagy polietilénnel – „szemi”lebontható műanyagok

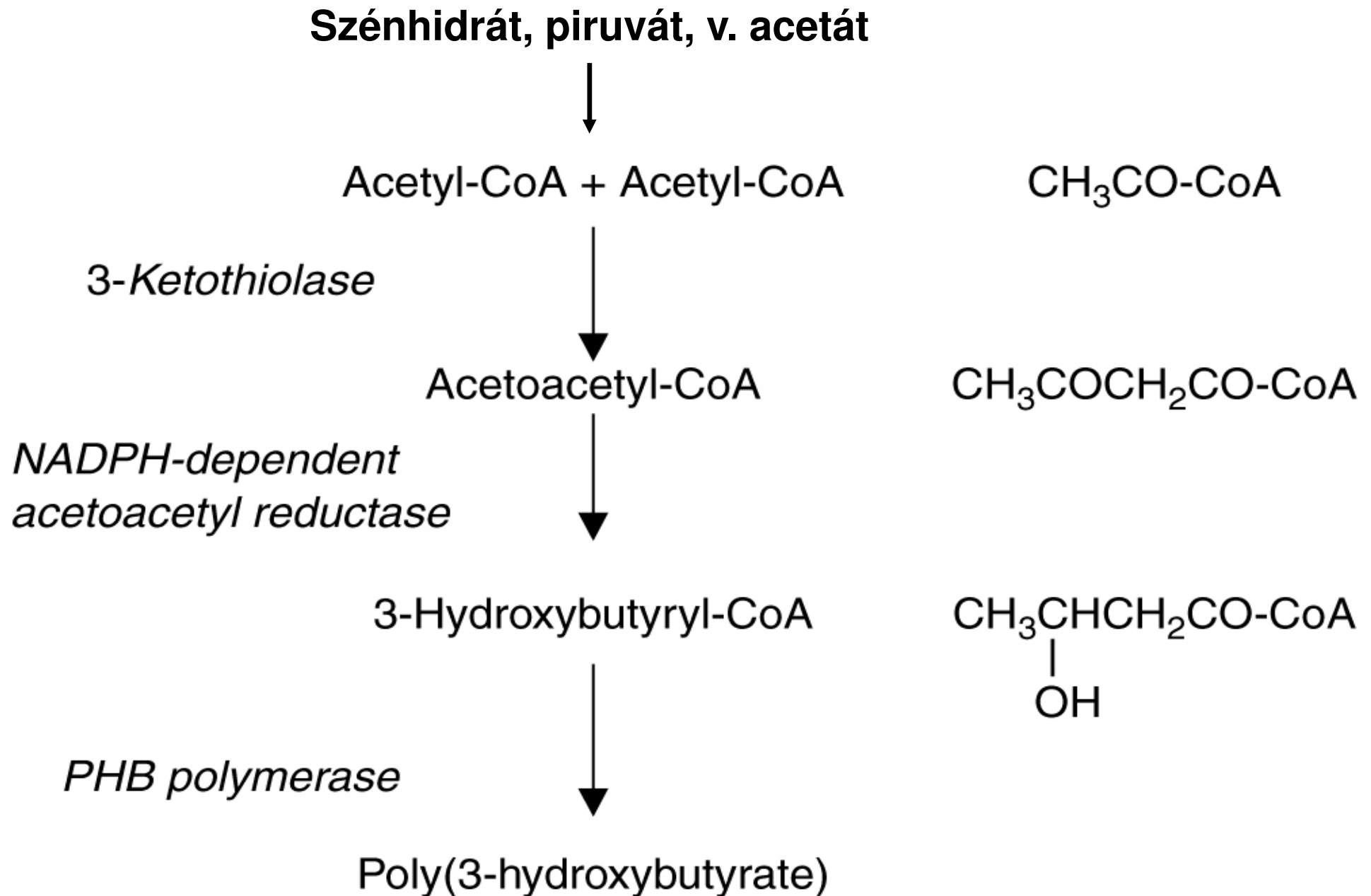
# Polihidroxibutirát (PHB)

Számos biobontható műanyagot próbáltak fejleszteni, eddig a legsikeresebb a PHB

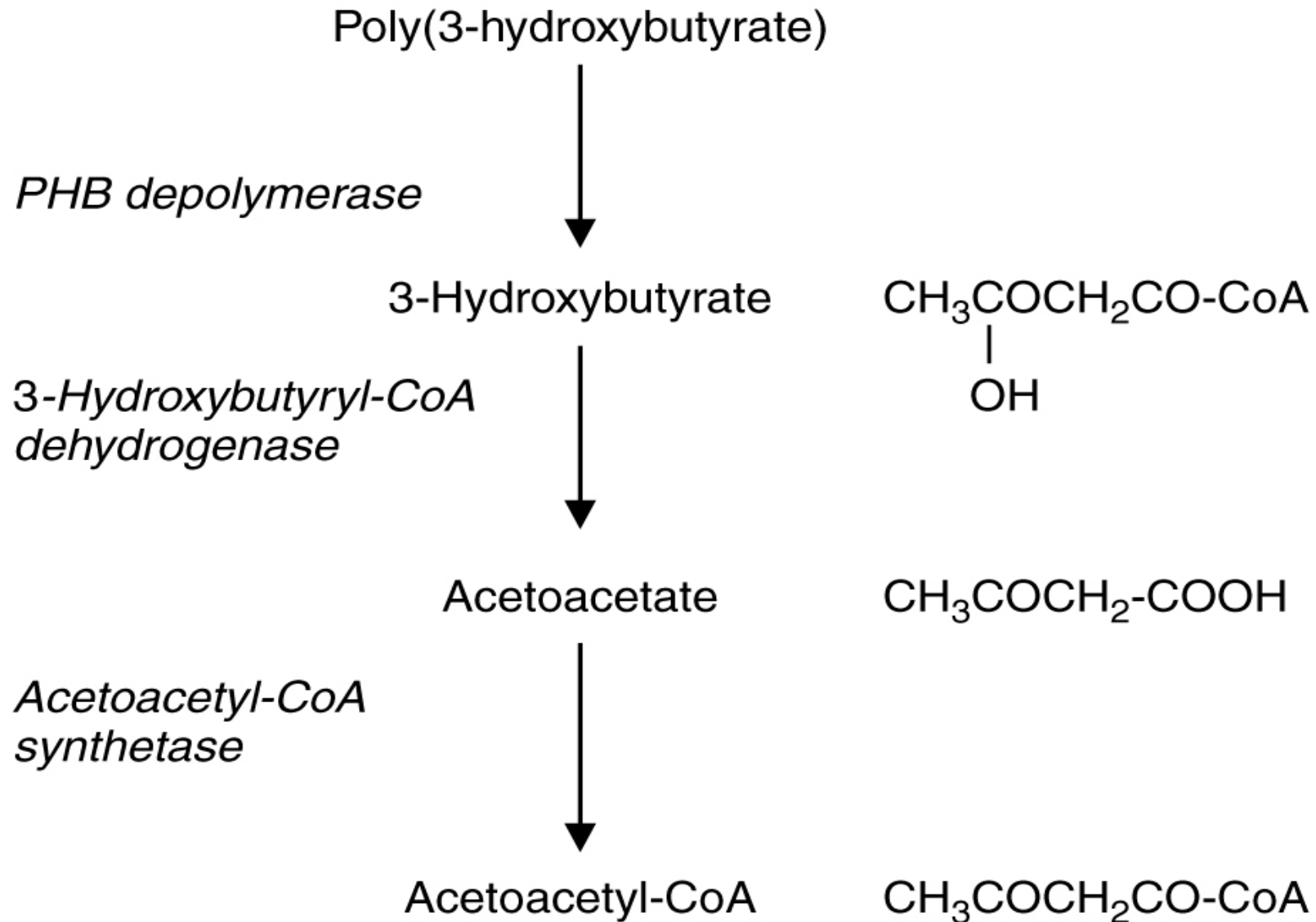
- Hátránya: hőérzékeny, törékeny
- Új fejlesztés egy kopolimer: poli(3-hidroxibutirát-ko-3-hidroxivalerát) – Zeneca cég gyártja Biopol™ néven - mely sokkal flexibilisebb, de drágább az előállítás, mint a szintetikus polimerek
- Előállítás két lépcsős: először nagy mennyiségű sejt, majd tápanyag limitációval PHB képzés, ekkor propionátot adnak a rendszerhez, így keletkezik a Biopol kopolimer

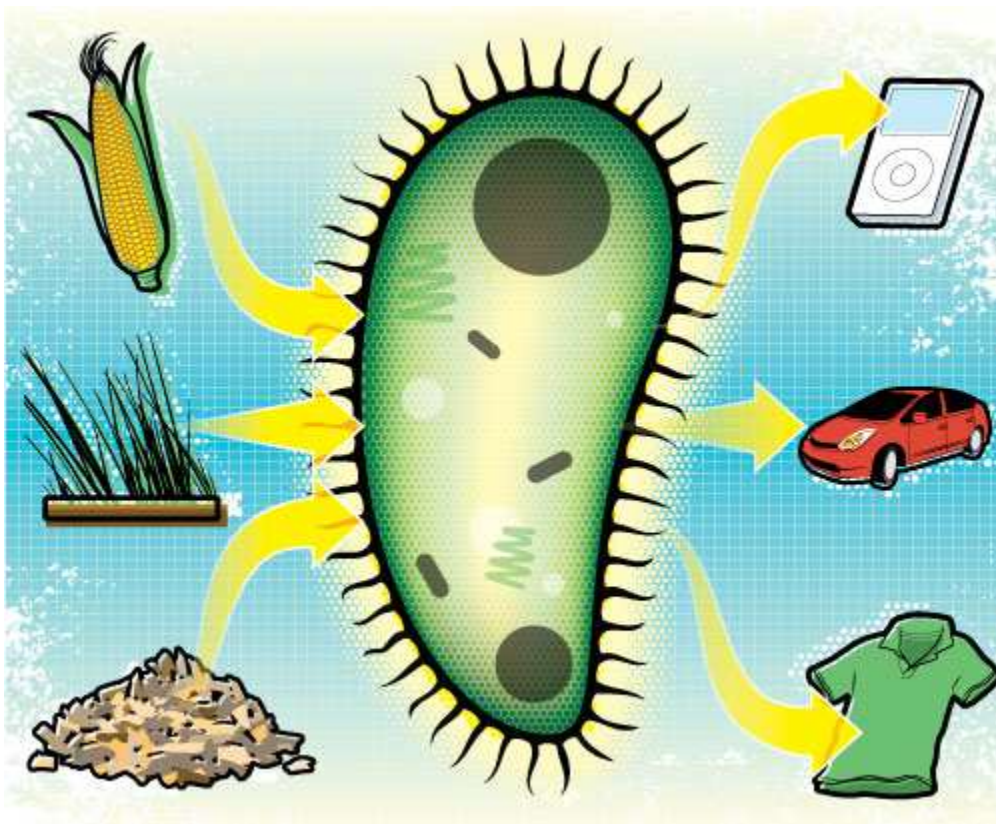


# PHB szintézis *Ralstonia eutropha*-ban

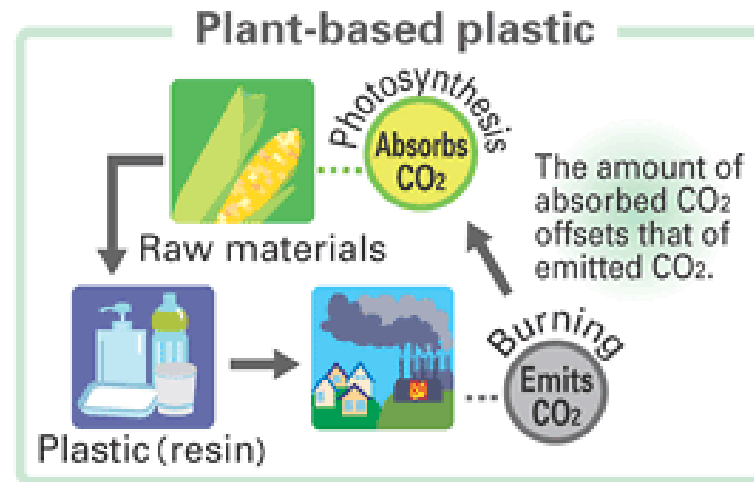
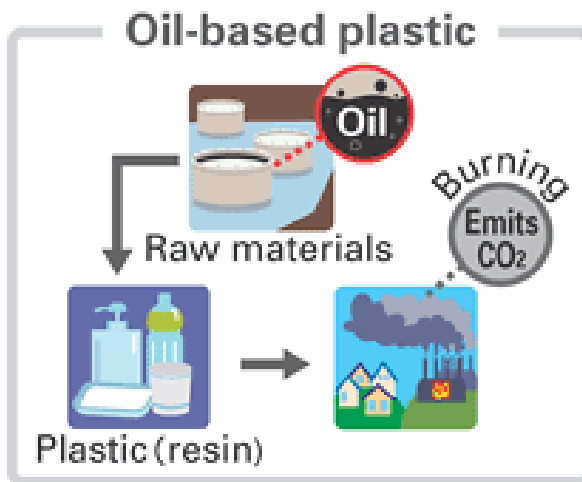


# PHB lebontási útvonal





The quality symbol ("seedling") stands for approved compostability. It is awarded to certified products





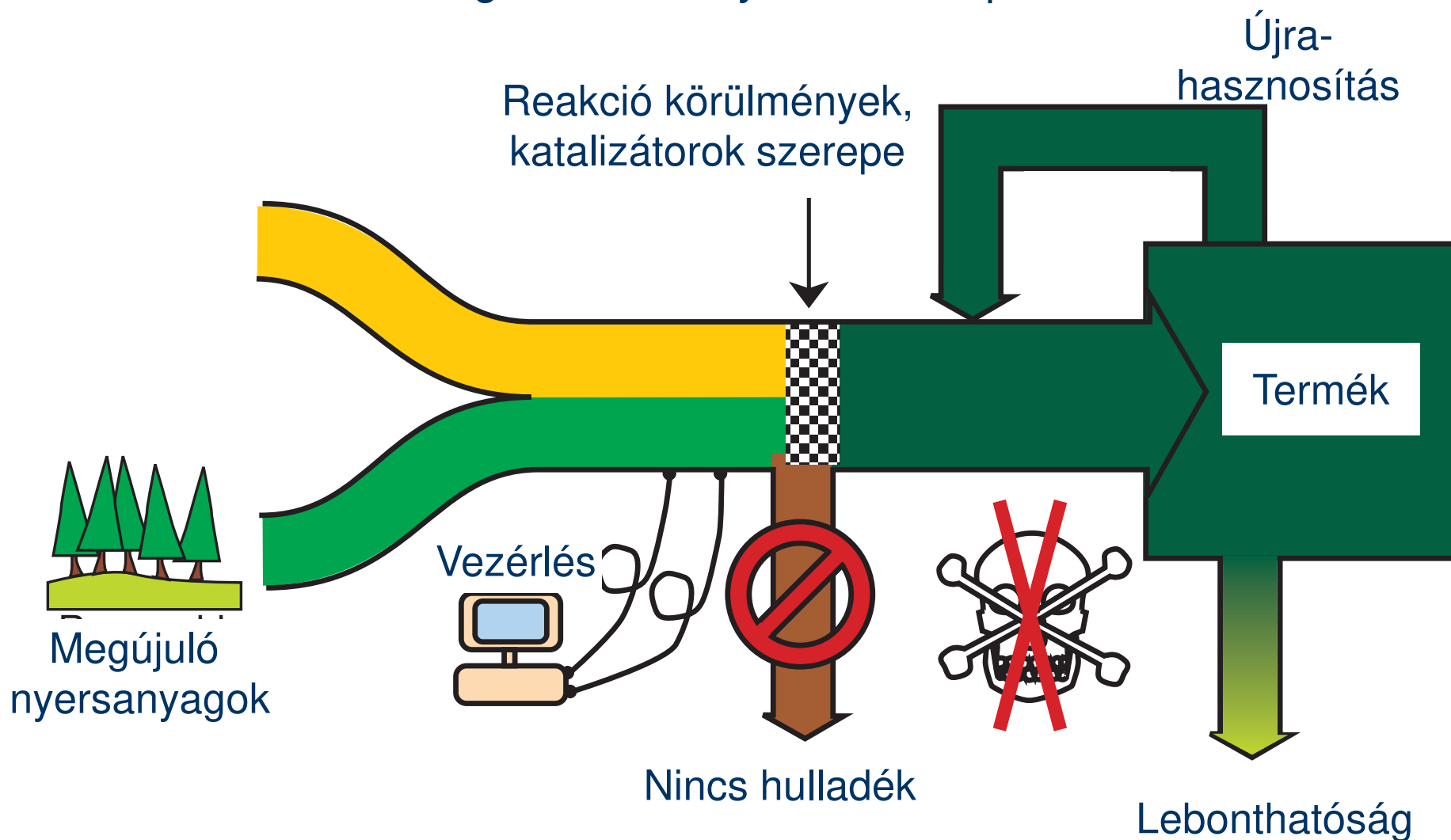
# Biopolimerek és lignocellulózok műanyagipari alkalmazásának lehetőségei (bioenergia 8)

# A zöld kémia 12 alapelve

1. Jobb megelőzni a **hulladék** keletkezését, mint keletkezése után kezelni.
2. Szintézisek tervezésénél törekedni kell a kiindulási anyagok maximális felhasználására.
3. Lehetőség szerint már a szintézisek tervezésénél olyan reakciókat célszerű választani, melyekben az alkalmazott és a keletkező anyagok nem mérgező hatásúak és a természetes környezetre nem ártalmasak.
4. Kémiai termékek tervezésénél törekedni kell arra, hogy a termékekkel szembeni elvárások teljesítése mellett mérgező hatásuk minél kisebb mértékű legyen.
5. Segédanyagok használatát minimalizálni kell, s amennyiben szükséges, ezek "zöldek" legyenek.
6. Az **energiafelhasználás** csökkentésére kell törekedni.
7. **Megújuló nyersanyagokból** válasszunk vegyipari alapanyagokat.
8. A felesleges származékkészítést kerülni kell.
9. Reagensek helyett szelektív katalizátorok alkalmazását kell előtérbe helyezni.
10. A kémiai termékeket úgy kell megtervezni, hogy használatuk végeztével ne maradjanak a környezetben és bomlásuk környezetre ártalmatlan termékek képződéséhez vezessen.
11. Új és érzékeny analitikai módszereket kell használni a vegyipari folyamatok in situ ellenőrzésére, hogy a veszélyes anyagok keletkezését idejében észleljük.
12. A vegyipari folyamatokban olyan anyagokat kell használni, amelyek csökkentik a vegyipari balesetek valószínűségét.

# Zöld kémia a műanyagiparban?

Röviden: a zöld kémia egy olyan új területe a kémiának, amely már a kutatási és fejlesztési feladatok kitűzésekor figyelembe veszi a jövő termékeinek és az azokat előállító technológiáknak környezeti szerepét.



# Műanyag vs. „BIO”műan

Műanyag= szintetikus úton **szintetikus anyagokból** előállított termék

Bioműanyag= természetes vagy szintetikus úton **természetes alapanyagokból** (biopolimerekből) előállított termék

Közös bennük:

- mechanikai és fizikai tulajdonságaik
- küllemük
- felhasználási területük



Polietilén szatyor



Bioműanyag szatyor

# Mik a biopolimerek?

Definíció: élő szervezetek által előállított makromolekulák  
(pl. poliszacharidok, fehérjék, nukleinsavak).

Szintetikus polimerek	Biopolimerek
<ul style="list-style-type: none"><li>• egyszerű, random vagy sztochasztikus összetétel</li><li>• polidiszperzitás</li><li>• széles molekulatömeg eloszlás egy szintézisen belül</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• monomerekből feépülő bonyolult szerkezet: elsődleges-, másodlagos-, harmadlagos-, negyedleges</li><li>• monodiszperzitás</li><li>• egy szintézisen belül (pl. spec. fehérje) mindig ugyan a móltömeg és szerkezet</li></ul>

# Bioműanyagok környezetvédelmi jelentősége, előnyeik

- a bioműanyag előállításakor nem keletkeznek környezetre káros melléktermékek
- biodegradábilisak, bomlásukkor nem keletkeznek mérgező anyagok
- lebonthatóságuk miatt csökken a hulladékkezelés költsége
- a termelési hulladék és a hibás termék visszavezethető a gyártási folyamatba
- előállításuk megújuló nyersanyagokra támaszkodik
- CO<sub>2</sub> semlegesek
- komposztálhatók, anaerob módon biogáz előállításra felhasználhatóak (további CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentés!!!)

# Bioműanyagok alkalmazhatóságának problémái

- **funkcionális tulajdonságaik** csak az esetek kis hányadában érik el a hagyományos műanyagokét, így fontos megvizsgálni, hogy szakítószilárdságuk, hegeszthetőségük, vagy záró tulajdonságaik megfelelőek-e az ipari elvárásoknak
- gyakran a bio-csomagolóanyag, illetve csomagolóeszköz előállításához a feldolgozó- és **csomagológépek átállítása**, vagy cseréje szükséges, és ennek költségei szintén jelentősek lehetnek
- előfordul, hogy maga a nyersanyag és az előállításához felhasznált adalékok **drágábbak**, a kőolaj alapú műanyagoknál használtaknál
- ahhoz, hogy a környezetvédelmi és gazdasági hatások objektíven mérhetőek legyenek, ökomérleg készítése szükséges.

# Bioműanyagok és a hulladékkezelés

## A szelektív gyűjtés itt is fontos:

- szelektív gyűjtésnél a **komposztálható** és a **hagyományos** csomagolóanyagok **megkülönböztetése** nélkülözhetetlen, mivel a biodegradális csomagolóanyagok nagyon hasonlóak hagyományos társaikhoz
- a lebomló csomagolóanyagok az élelmiszer hulladékokkal együtt kezelhetők

## A biológiailag lebomló műanyagok hulladékká válva alapvetően kétféle módon hasznosíthatók:

- aerob módon, azaz **komposztálással**, melynek terméke a komposzt, vagy
- anaerob módon, vagyis **fermentálással**, mely folyamat során **biogáz** állítható elő.

Mindkét eljárásnál kizáró tényező az egészségre, illetve a környezetre káros bomlástermékek képződése.

# Ismertető jelek a bioműanyagból készült termékek csomagolásán



# A bioműanyagok néhány felhasználási területe

Terület	Példa	Érv/előny
Kertészet	„virágcserepek“, virágföldzsákok, kötözőanyagok	természetközeli, <b>komposztálása</b> kézenfekvő, a konvencionális újrahasznosítás a szennyeződések miatt nehéz, legtöbbször rövid használati idő
Mezőgazdaság fóliák	Isd. kertészet	
Orvostechnika operációs anyagok	cérnák, csavarok, kapszulák	ártalmatlan <b>felszívódás</b> és <b>lebomlás</b> a testben, rövid élettartam
Csomagolás	zsákok, bevásárlószatyrok, fóliák, poharak stb	a konvencionális <b>újrahasznosítás</b> a szennyeződések és az anyagok széles skálája miatt <b>nehéz, rövid használati idő</b>
Kényelmi termékek higiéniai termékek	pelenkák, egészségügyi betétek biohulladékzacskók, golf-tee	nehézkes az újrahasznosítás (Isd. csomagolás), természetközeli
Gyorséttermi/ catering termékek	tányérok, evőeszközök, szívószálak, poharak	Nem mindig lehetséges vagy gazdaságos a többutas termékek használata, nehézkes az újrahasznosítás (Isd. csomagolás)

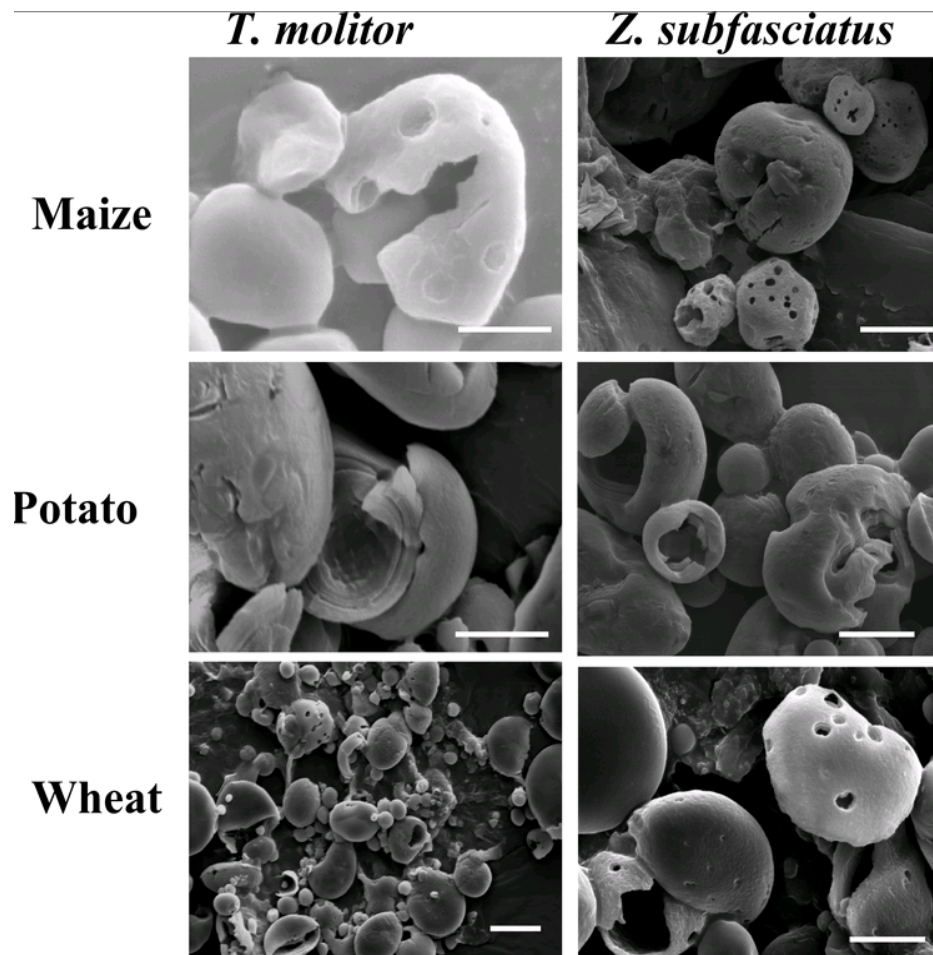
# Biodegradálható polimerek csoportosítása

A biopolimerek nyersanyagbázisuk és az előállítási mód alapján csoportosíthatók:

- **Poliszacharid alapúak** (keményítő, cellulóz, xilán)
  - keményítő
  - cellulóz
  - xilán
- **Lignin alapúak ???**
- **Fehérje alapúak** (állati és növényi eredetű)
  - állati eredetű (kollagén, zselatin, kazein, keratin)
  - növényi eredetű (búza glutén, kukoricazein, szójafehérje)
- Monomerekből fermentációval előállított polimerek: politejsav (PLA), polihidroxialkanoátok (PHA)

# Poliszacharid alapú biopolimerek: a keményítő

- növényi eredetű, elterjedt poliszacharid, főként magvakban, hüvelyesekben található
- gazdag keményítő tartalmú növények pl. a burgonya, a kukorica, a rizs, a búza
- tartalék szénforrás, a sejtekben granulum formában tárolódik. Két poliszaharidból épül fel: kb 70% amilopektinből és kb 30% amilózból



# Keményítő ipari felhasználása (példák)

## Keményítő



A GreenPower E85 megújuló üzemanyag közel 85%, kukoricából előállított bioetanolt és mintegy 15% benzint tartalmaz. A termék FFVs (Flexi Fuel Vehicles) gépjárművek szabványos motorhajtóanyaga.



Keményítő alapú, biológiailag lebontható műanyagok



Magas fruktóztartalmú izoglükózszirupok (HFCS – High Fructose Corn Syrup).



# Keményítőből előállított bioműanyag termékek II., példák



**Motorola** cég komposztálható mobiltelefon-tartók kifejlesztésébe kezdett. A termék érdekessége, hogy helyet kap benne egy kis zseb, amelybe a fogyasztó egy általa kiválasztott magot helyezhet el; ez akkor kezd el csírázni, ha a mobilfontartó a föld alatt van.



**Mater-Bi®** termékek: kukorica keményítőből készülnek, adalék: polikaprolakton (erősebb és vízálló lesz tőle a bioműanyag, ...de!!! Az adalék szintetikus, és drága).



Cd és optikai lemez: **Sanyo Electric**, majd a **Pioneer** olyan speciális polimer alapú új generációs *optikai lemezt* fejlesztett ki, melynek *alapanyaga kukorica*, így módon a lemez környezetbarát módon újrahasznosítható.

# Cellulóz ipari felhasználása

**Cellulóz** alkalmazása polimer formában

- papíripar, gyógyszeripar
- műanyagipar (cellulóz-acetát)

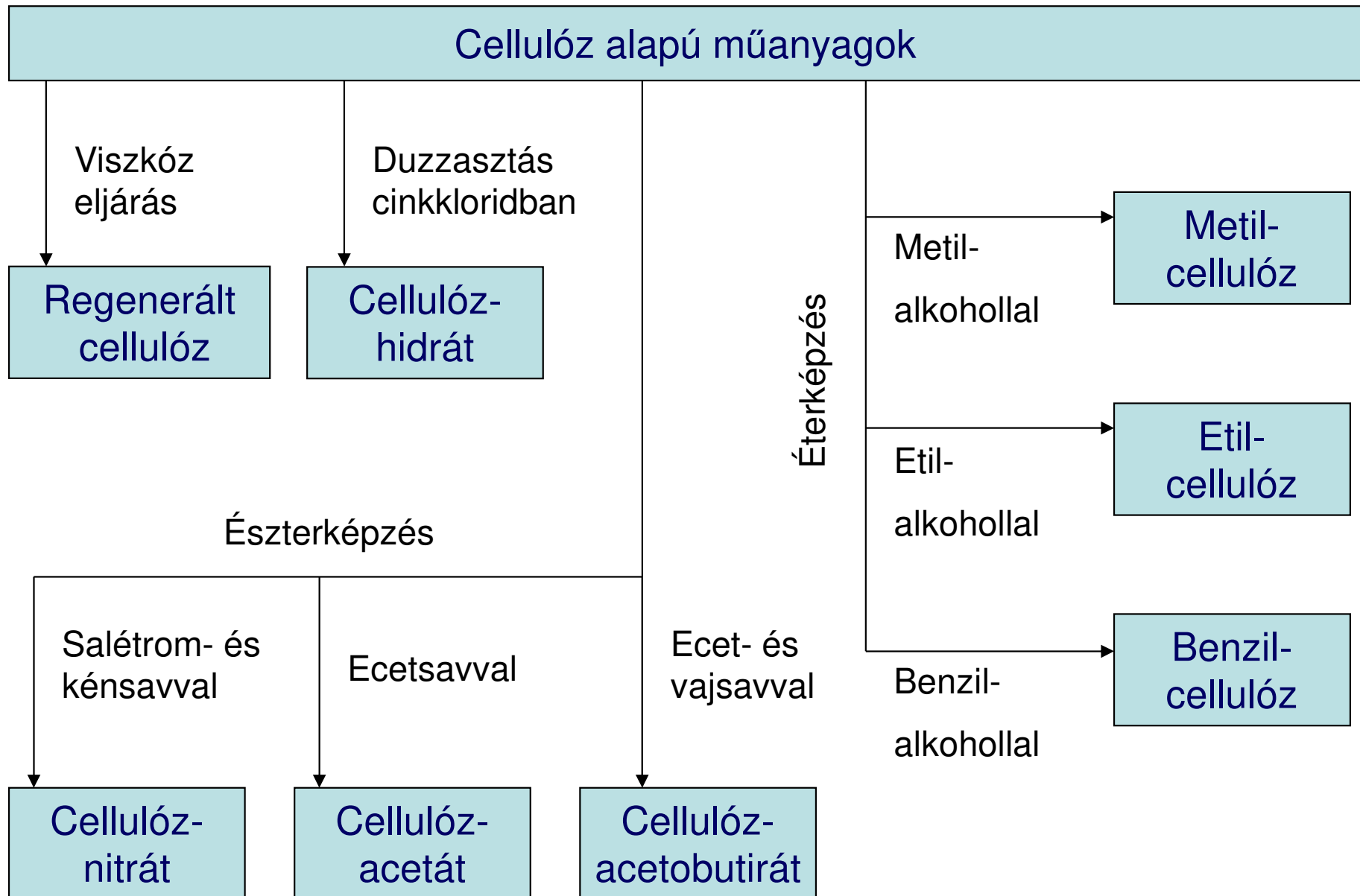


Cellulóz alkalmazása hidrolizált formában  
átalakítással

- glükóz → levulánsav különböző módosulatai
- glükóz → szorbit (édesítő) → szorbóz, aszkorbinsav
- glükóz → etanol



# Cellulóz alapú műanyagok 1.



# Cellulóz alapú műanyagok 2.

- **Regenerált cellulóz:** viszkóz (pl. műselyem, viszkózszivacs, celofán, vatta, cellux alapanyaga)

Viszkózyártásakor a cellulózból lúggal alkáli-cellulózt készítenek, majd széndiszulfid hozzáadásával cellulóz xantogenáttá alakítják. Ezt híg lúgoldatban feloldják, így nyerik a sárga színű viszkóz-oldatot, amelyből utóérlelést követően fonál, fólia és szivacs állítható elő. A regenerált cellulóz szálat folytonos alakban viszkóz-selyemnek nevezik, vágott szál alakban viszkóz műszálelnevezéssel ismert.

- **Cellulóz-hidrát:** vulkánfiber

Cink-klorid 70%-os oldatával kezelve a cellulóz rostjai megduzzadnak, a felületen összefüggő ragadós réteg, (cellulóz-hidrát) keletkezik. Kiszáradva a bőrhöz hasonlító műanyag jön létre.

# Cellulóz alapú műanyagok 3.

- **Cellulóz-észterek**

- **Cellulóz-nitrát** (robbanóanyagok, lakk, ragasztó, film/celluloid, hangszerek billentyűi, pingponglabda)

A nitrocellulóz(cellulóz-nitrát) fehér, szagtalan, gyúlékony, a cellulóz salétromsavas nitrálásával, majd savtalanítással, mosással és centrifugás víztelenítéssel nyert szilárd anyag.

A nitrocellulózt 10-30% kámforral összedolgozva celluloid-ot eredményez, mely szívós, ütésálló, esztétikus, átlátszó, olcsó, hőre lágyuló műanyag. Gyúlékonysága miatt a filmhordozó-gyártásból kiszorult.

- **Cellulóz-acetát** (műselyem, impregnálószer, fólia, film)

Az acetilcellulóz(cellulóz-acetát) a cellulóz ecetsavas kezelésével előállítható műanyag, melyből nagyszilárdságú műszálak (műselymek) készíthetők.

A nem teljesen acetilezett(ecetsav gyökökkel lekötött) cellulóz-acetátból - lágyító felhasználásával - készülő acetátfilm vagy celloon-filmkevésbé gyúlékony mint a celluloid film, ezért film-hordozóként is jobban használható és igen jó szigetelő.

- **Cellulóz-éterek:** Cellulóz-éterek jellegzetes képviselője a metil-, az etil-és a benzil-cellulóz, amelyeket alkáli-cellulózból alkoholok segítségével állítanak elő. Nehezen gyulladnak meg, víznek, olajoknak, savaknak, lúgoknak ellenállnak (pl. lakkgyanta)

# Hemicellulóz ipari felhasználása (elsődlegesen)

## Hemicellulóz alkalmazása az élelmiszeriparban:

### 1. Polimer formában

- állagjavítóként, stabilizátorként és emulgeáló szerként
- dietetikus rostként és prebiotikumként funkcionális élelmiszerekben (FOSHU)



### 2. Hidrolizált formában, monomerként

- xilózból előállítható xilit (édesítő), furfurol, etanol



### Nem élelmiszeripari alkalmazás polimerként:

- adalékanyagként műanyagok, bioműanyagok fizikai-kémiai tulajdonságainak javítására



# Hemicellulóz alapú biodegradálható műanyagok 1.

## 1. Xilofán (xylophane):

- magvak héjából nyerik ki a vízoldható xilánt, amiből **vékony filmeket** készítenek
- használható minden olyan területen, ahol gázok áramlását kell megakadályozni, pl. **aromatartó csomagolás** kávénál
- egyszerűen **felkenhető a papírdobozra**, s mivel vízoldható, így más oldószert nem igényel. Felkenés (vagy fúvás) után hőre vagy infravörös fényre szárad.
- mechanikai tulajdonságok a plasztikáló anyag megválasztásával és mennyiségével szabályozhatóak (pl. xilit, szorbit)
- a xilán oldalláncainak minősége és mennyisége (elágazások mértéke) szintén befolyásolja a xilán vízoldhatóságát és mechanikai tulajdonságait

# Növényi és állati eredetű, fehérje alapú bioműanyagok

## állati eredetű

Kollagén

zselatin

**kazein**

Keratin

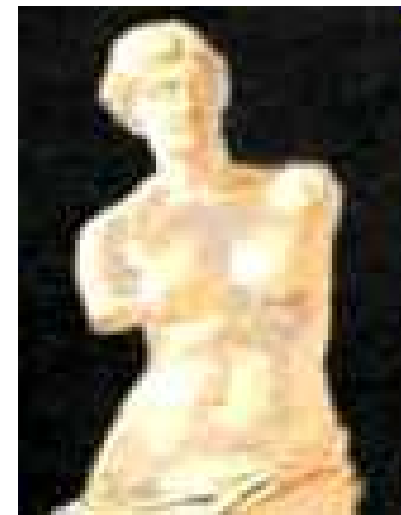
- a **galatit** szaruhoz hasonló műanyag, formaldehid segítségével állítják elő **kazeinből**, színezhető, polírozható, forgácsolható, oldószere nincs

## növényi eredetű

búza glutén

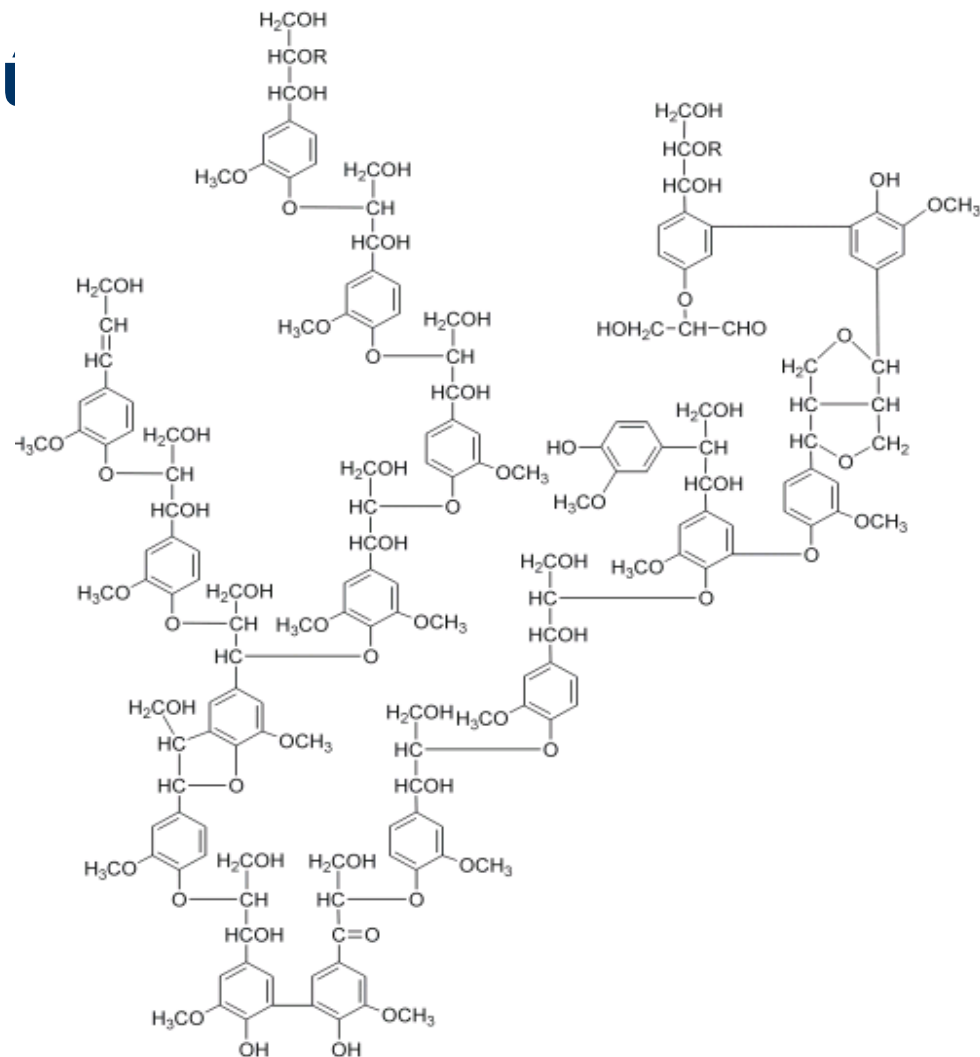
kukoricazein

szójafehérje



# Lignin alapú műanyag

- A lignin különböző egységekből felépülő, változó szerkezetű térhálós aromás polimer
- A mikroorganizmusok számára nehezen bontható, a bontás csak aerob körülmények között megy végbe
- A növények egyedfejlődése során a sejtfalban rakódik le, annak szilárdságát növeli.
- A cellulóz után a második leggyakoribb szerves polimer a földön.



A lignin kémiaailag módosított változatait régóta használják a műanyagiparban, de ezek nem biodegradábilisak. Gyakran szintetikus polimerekhez keverik.

# Lignin alapú műanyagok: „folyékony fa”

A legújabb lignin alapú műanyag viszont biodegradálható (Arboform®), és ún. folyékony fából állítják elő (Fraunhofer Institute for Chemical Technology).

- a "folyékony fa" 8-10-szer újrahasznosítható
- az előállított termék kéntartalma nagyon alacsony, így gyerekjátékok gyártására is alkalmas



- a hagyományos műanyagok gyártásánál használt gépek megfelelőek az előállításához.

# Monomerekből fermentációval előállított műanyagok (PLA, PHA)

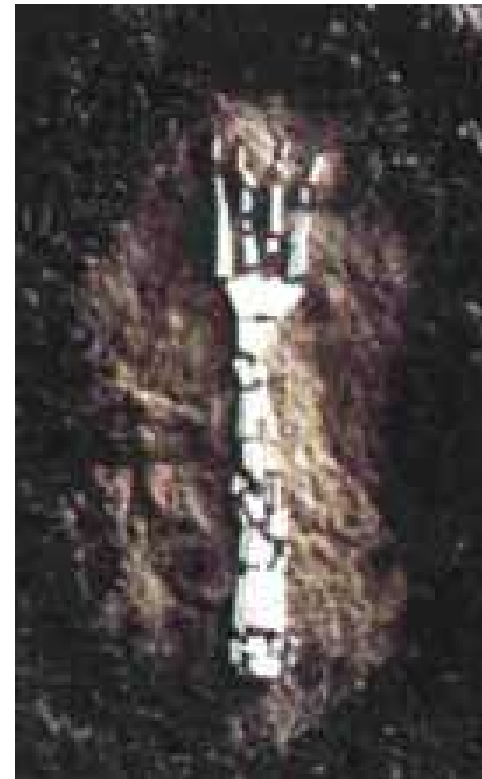
- közvetett úton, mikrobiális szintézissel készülnek
- vízállóak, de már viszonylag alacsony (55°C-tól) hőmérséklettől deformálódnak



0. nap



12. nap

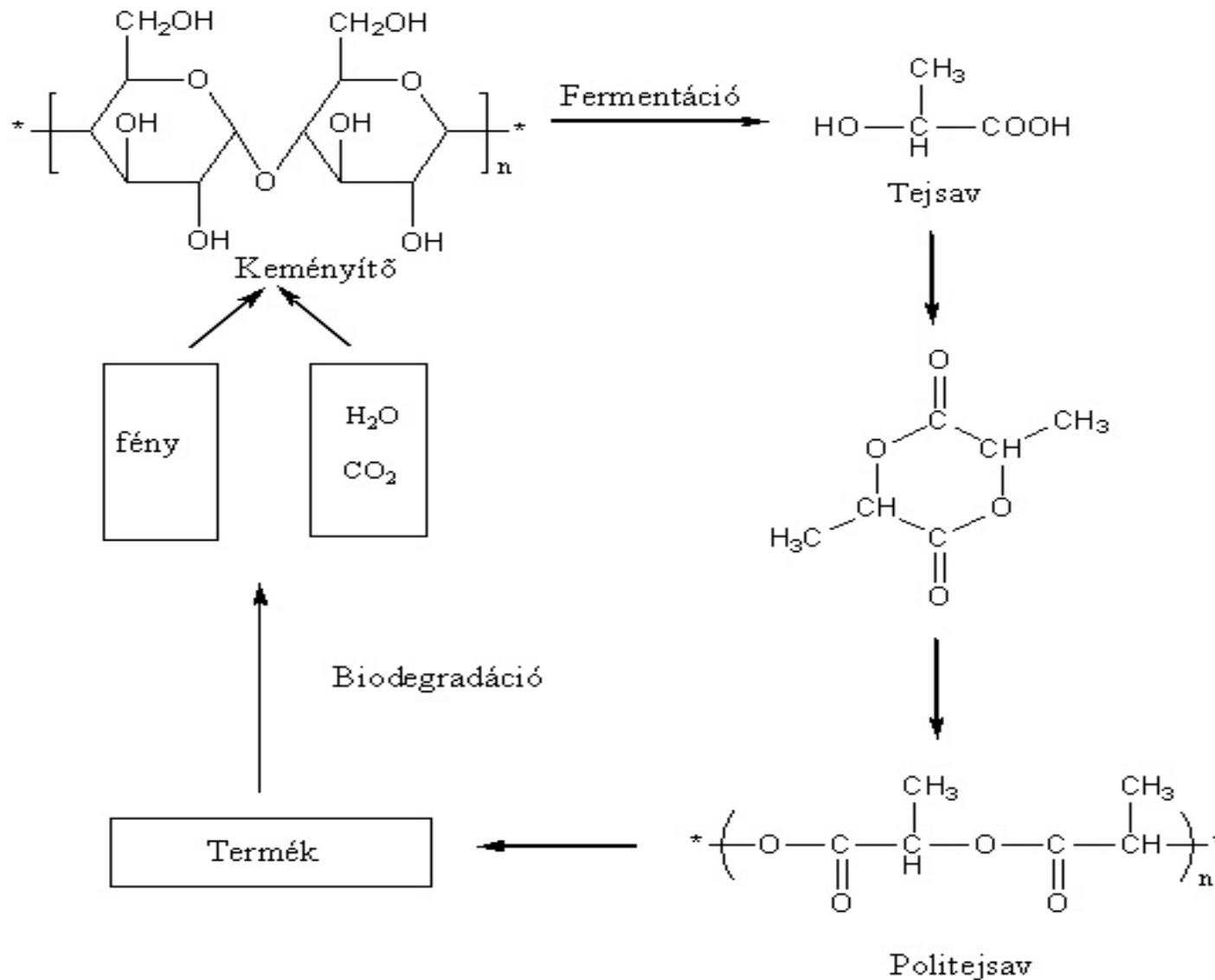


33. nap



45. nap<sup>205</sup>

# Politejsav alapú biodegradálható műanyagok



Keményítő → Glükóz → Tejsav → Politejsav  
 hidrolízis      konverzió      polimerizáció

# Politejsav alapú biodegradálható műanyagok

Burgonyakeményítőből Solanyl® márkánév alatt gyárt politejsav alapú műanyagokat a Rodenburg Biopolymers (Hollandia).

## Solanyl® termékek:

- Solanyl IM (fröccsönthető)
- Solanyl EX (extrudálható)
- Solanyl CM (rosttal erősített)
- Solanyl CR (időzített lebomlású)
- Solanyl BM (degradálható poliészterrel kombinált)

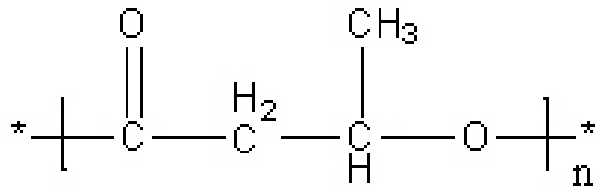
## PLA előállításával foglalkozó vállalatok:

- Natureworks Cargill-Dow LLC (USA)
- Lacty Shimadzu (Japan)
- Lacea Mitsui Chemicals (Japan)
- Heplon Chronopol (USA)
- CPLA Dainippon Ink Chem. (Japan)
- PLA Galactic (Belgium)



# Polihidroxibutirát (PHB)

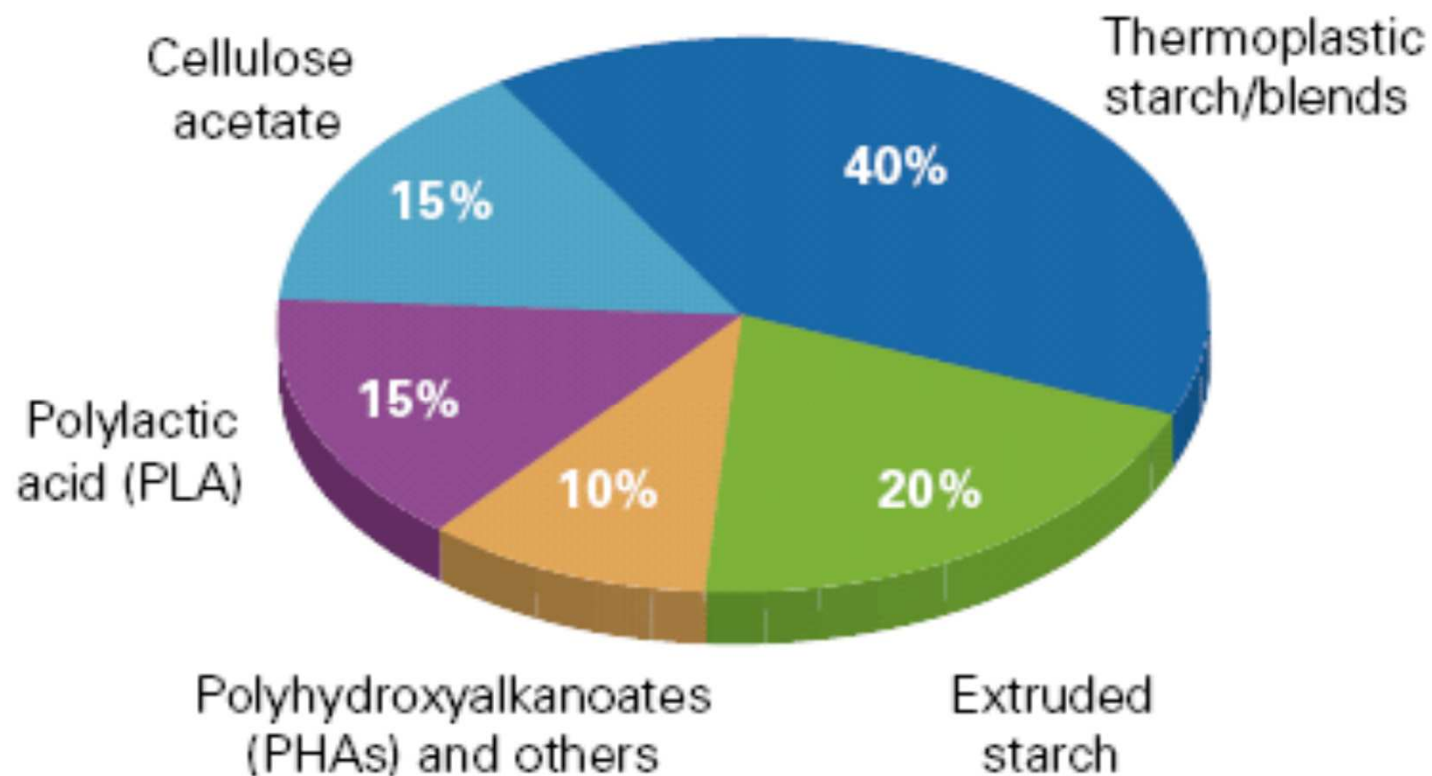
A polihidroxibutirát (PHB) a polihidroxialkanoátok (PHA) csoportjába tartozik – melyet néhány baktériumfajta termel –, a ma használatos polipropilén műanyagok tulajdonságaival bír, ezáltal képes kiváltani azokat a csomagolóanyagokat, hálókat, koffereket, lengéscsillapítókat és számos egyéb tárgyat is, amelyet a mindennapokban használunk.



## PHA előállításával foglalkozó vállalatok:

- Metabolix cég Biopol termékei (USA)
- BioCycle brazil termékek
- Nodax (Procter & Gamble, USA)

# Összefoglalás: a bioműanyagok jelenlegi helyzete



# Biopolimerek és lignocellulózok szintetikus polimerekhez való keverése

# Mire használhatók a növények/növényi részek a műanyagokban?

Szintetikus polimerekhez keverve

- Töltőanyagként
- Kompozitok előállítása céljából
- Kopolimerek előállítása céljából

## Miért alkalmazza a növényi részeket a műanyagipar?

Mert:

- természetes alapúak, **lebonthatók**
- **megújuló**k, és a nyersanyagok nagy mennyiségben rendelkezésre állnak (ellentétben a kimerülő olajkészletekkel)
- **olcsók**, így csökkentik a műanyagok árát és felhasznált mennyiségét
- hagyományos műanyagipari eljárásokkal feldolgozhatók
- erősíthetik a műanyagokat (pl. cellulóz rost), vagy egy-egy speciális tulajdonság létrehozásában van szerepük (pl. adalékok)

# Szintetikus polimerekhez való keverés I.

## Kompozitokban

Szerepük: szintetikus mátrixba természetes rost/polimer keverésével bizonyos tulajdonságok javíthatók (pl. viszkozitás, erősség)



Műgyantával préselt gyapotszalma (cellulóz rost) (Üzbegisztán)

## Kopolimerekben

A **természetes** polimerek és a **szintetikus** polimerek **kiindulási molekuláit** egymás jelenlétében **polimerizáltatják**, így erős fizikai-kémiai kapcsolat alakul ki közöttük.



– Keményítő / PVA [*WetFlex*]

# Szintetikus polimerekhez való keverés II.

## Töltőanyagként

Szerepe: a mátrixhoz hozzáadott természetes polimer vagy növényi rost növeli a lebonthatóságot, és csökkenti a költségeket.

**Autógumi töltőanyag:** keményítő (kopásállóság, mechanikai stabilitás)

A Goodyear GT3 jelzésű abroncs **BioTRED** nevű töltőanyaga:



- kukoricakeményítőből készül,
- csökkenti a gördülési ellenállást, és ezzel az autó fogyasztását
- csökkenti az abroncs által keltett zajt
- előállításához kevesebb energiafelhasználással jár
- növeli az elhasznált gumi biodagradálhatóságát

Keményítő adalék a **lebonthatóság növelése céljából**

*(Flunteraplast)*

