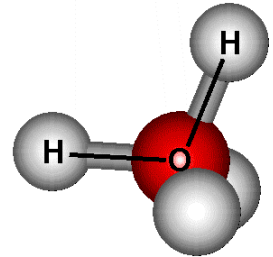
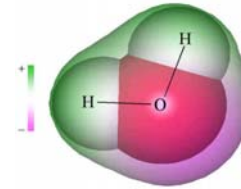


VÍZKÉMIA-VÍZKÉMIAI TECHNOLÓGIA

A víz szerepe életünkben

Tények:

- Testünk 70%-a vízből áll,
- A tiszta víznek nincs szaga, íze, színe,
- Két hidrogén és egy oxigén atomból áll,
- Atmoszferikus nyomáson 0°C -on jéggé fagy, 100°C -on gőzzé alakul,
- Az élethez nélkülözhetetlen,
- A földön lévő élőlények több mint fele vízben él,
- A víz jó oldószer,
- Tápanyagaink többsége jelentős víztartalmú (paradicsom 95%, spenót 91%, tej 90%, alma 85%, marhahús 61%, burgonya 88%),
- Környezetünkben megfigyelhető a víz természeti és társadalmi körforgása,
- Hidrogénhidas másodlagos kötése miatt a vártnál magasabb az olvadás és forrtpontja, magasabb a párolgáshője,
- Az emberiség jelenlegi villamos energia termelésében munkaközegként a vizet hasznosítják a víz-gőz körfolyamatban hőenergiából, mechanikai energián keresztül elektromos energia előállítására.



Egy lakos átlagos napi vízfogyasztása az USA-ban 320 liter, Angliában 200 liter, Magyarországon 169 liter. Egy átlagos OECD háztartásban a vízfogyasztás 35%-át fürdésre, 31%-át toalett öblítésre, 20%-át mosásra, 10%-át főzésre és ivásra és 5%-át tisztításra, mosásra használják.

VÍZKÉMIA - HIDROKÉMIA

A víz a Föld leggyakoribb vegyülete

Életfontosságú - víz nélkül nincs élet (máshol sem),
az emberi test 64%-a víz.

Élettevékenységeinkhez is nélkülözhetetlen.

Szinte minden ipari termék előállításához is kell
- meglehetősen sok (100-200×os mennyiség).

A Föld energiaháztartásában is kulcsszerepe van.

A „jó” (ivó-, tiszta-, ipari-, öntözővíz, stb.) víz mára óriási kincs lett.

A víz előfordulása a Földön

Hidroszférában + litoszférában + atmoszférában

A Földfelszín 71 %-a vízfelület

Összes mennyiség: 1337 millió km³ [1100 km élh. kocka]

Ebből: 97,2 % tengervíz (sós)

2,8 % édesvíz, és ennek

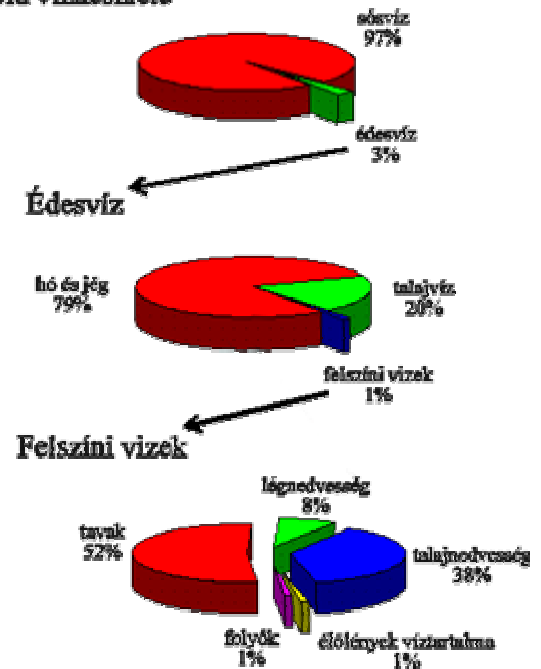
~ $\frac{1}{4}$ -e tavak, folyók

~ $\frac{3}{4}$ -e sarki jég, gleccser

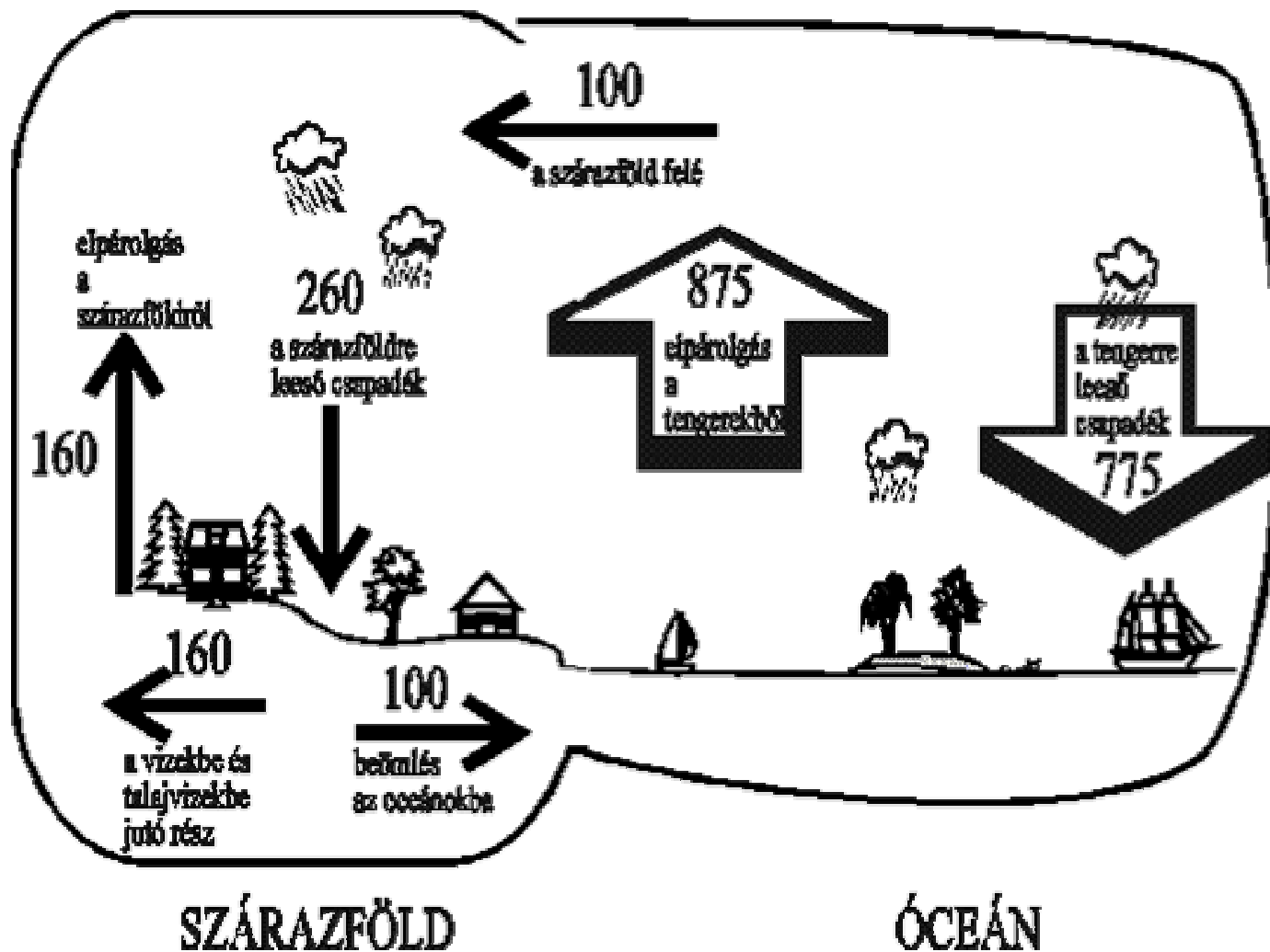
A víz körforgása: közismert

Dr. Pátzay György

A Föld vízkészlete

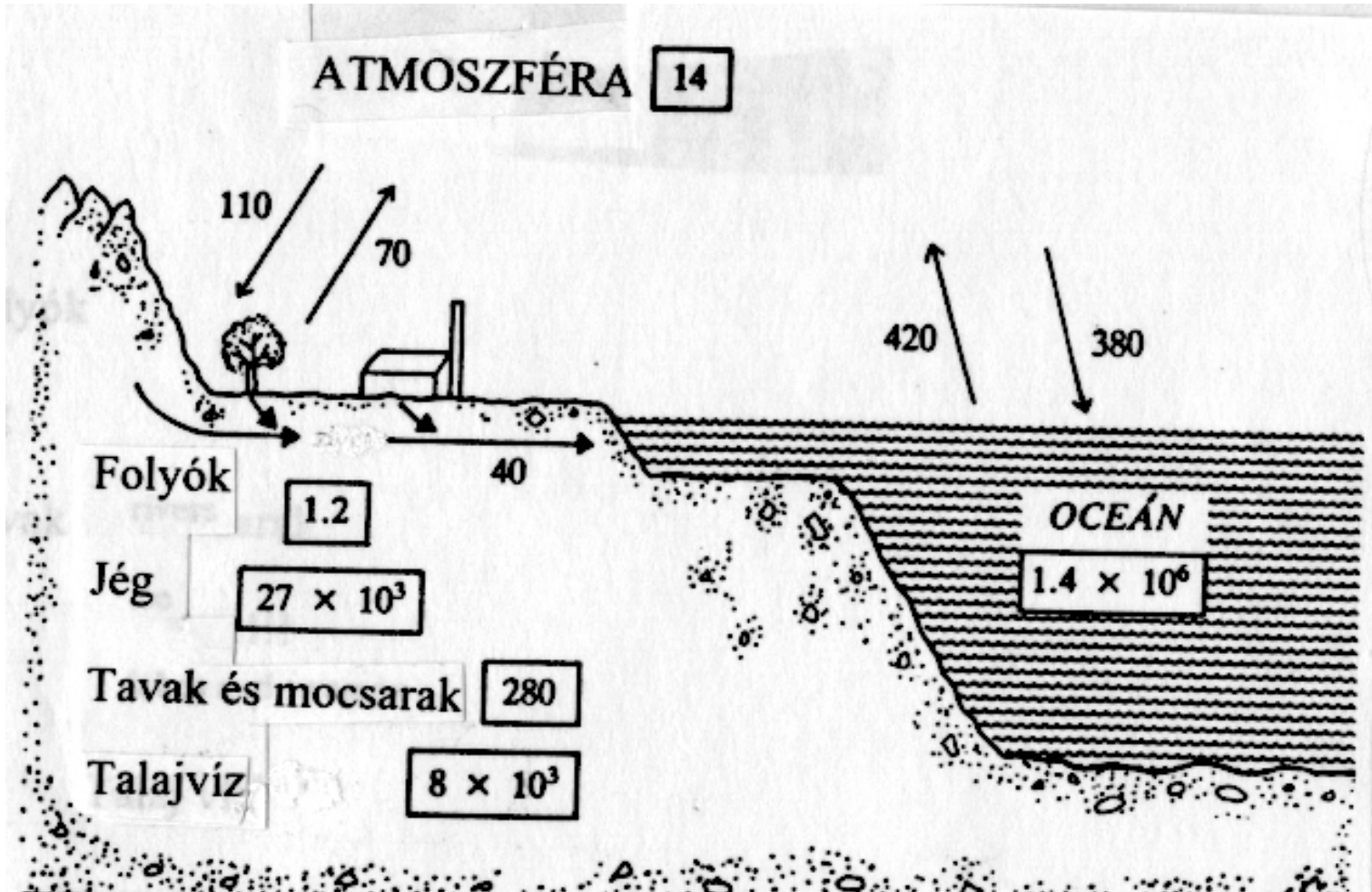


A VÍZ TERMÉSZETI KÖRFORGÁSA



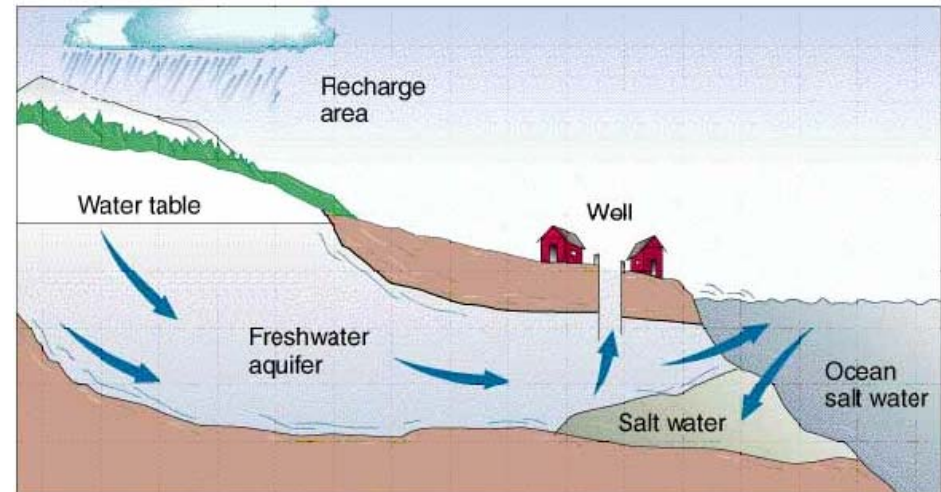
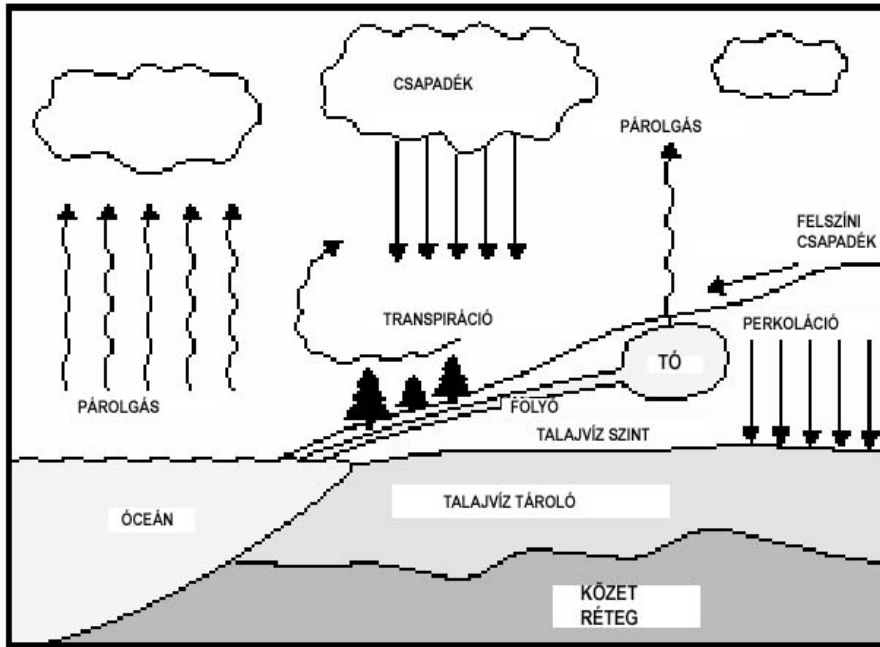
A nyilak az áramot jelzik 10^{15} kg/év egységben

A VÍZ TERMÉSZETI KÖRFORGÁSA

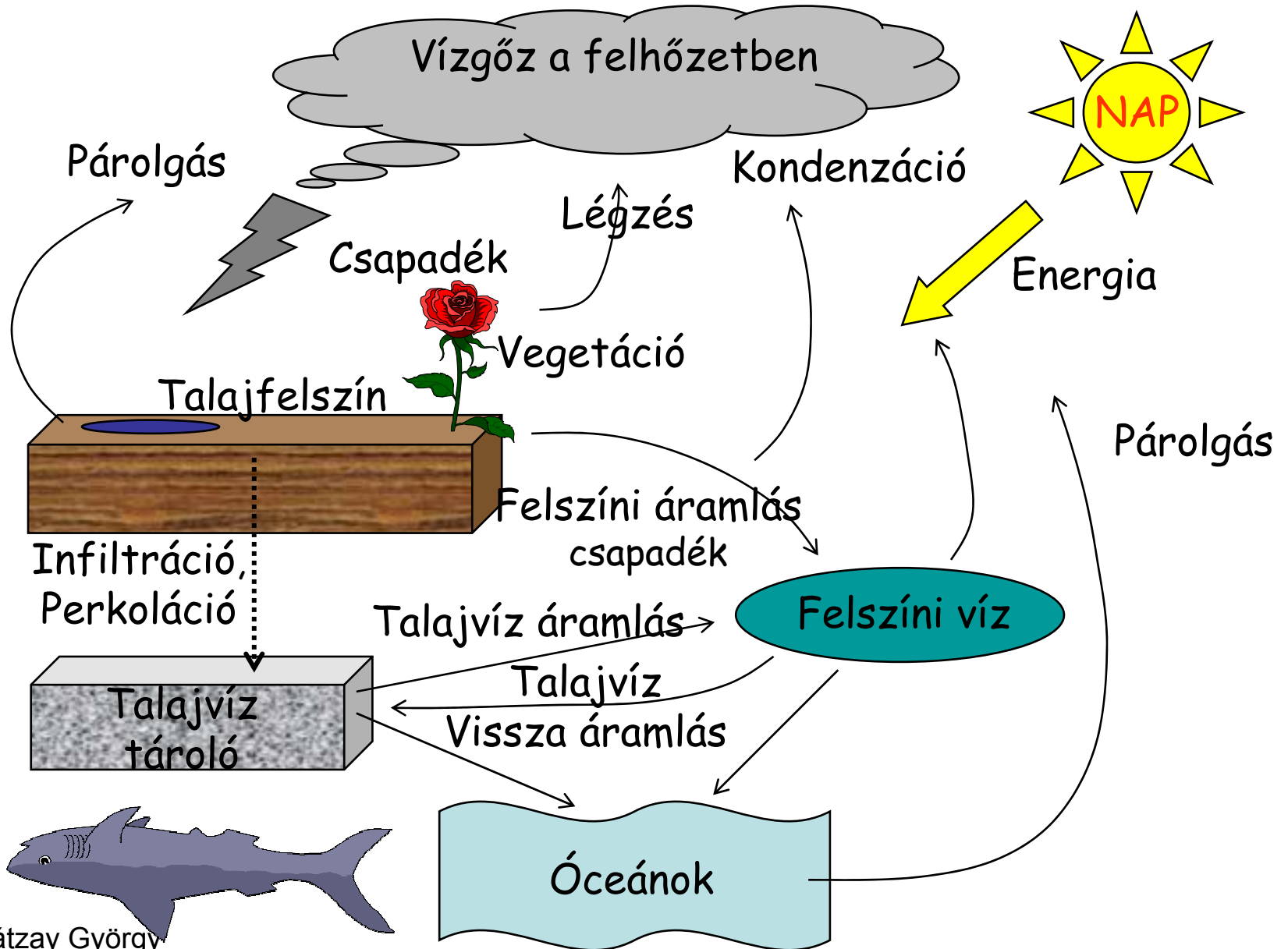


A téglalapokban a tárolt vízmennyiség értéke van 10^{15} kg egységben, a nyilak az áramot jelzik 10^{15} kg/év egységben

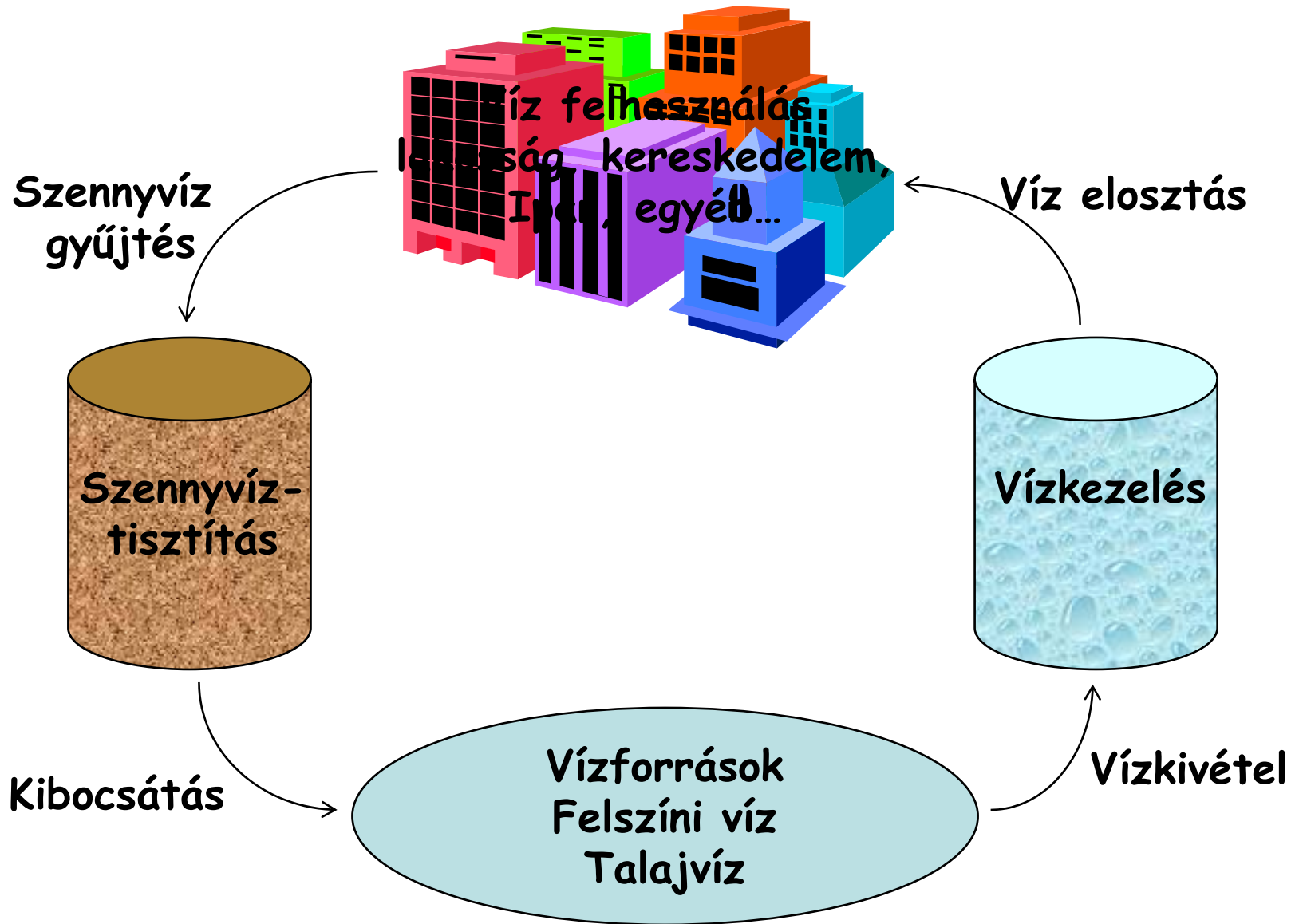
A VÍZ TERMÉSZETI KÖRFORGÁSA



A VÍZ TERMÉSZETI KÖRFORGÁSA



A VÍZ TÁRSADALMI KÖRFORGÁSA



A vizek forrása

- **Atmoszférikus (csapadék) víz:** tiszta (CO_2)
- **Felszíni vizek:**
 - édesvizek: folyók, tavak és
 - sós vizek: tenger (zárt tavak) 3,3-3,7% só
- **Felszín alatti vizek:**
 - karsztvizek, ásványvizek
 - talajvíz (első víz-záróréteg fölött) [kútvíz]
 - rétegvíz (víz-zárórétegek között)
[artézi víz: magától feljön - Artois grófság]
hévizek, gyógyvizek, gejzírek

talajvíz: 5-13, hévíz: ...- 37, termálvíz: >37 °C.

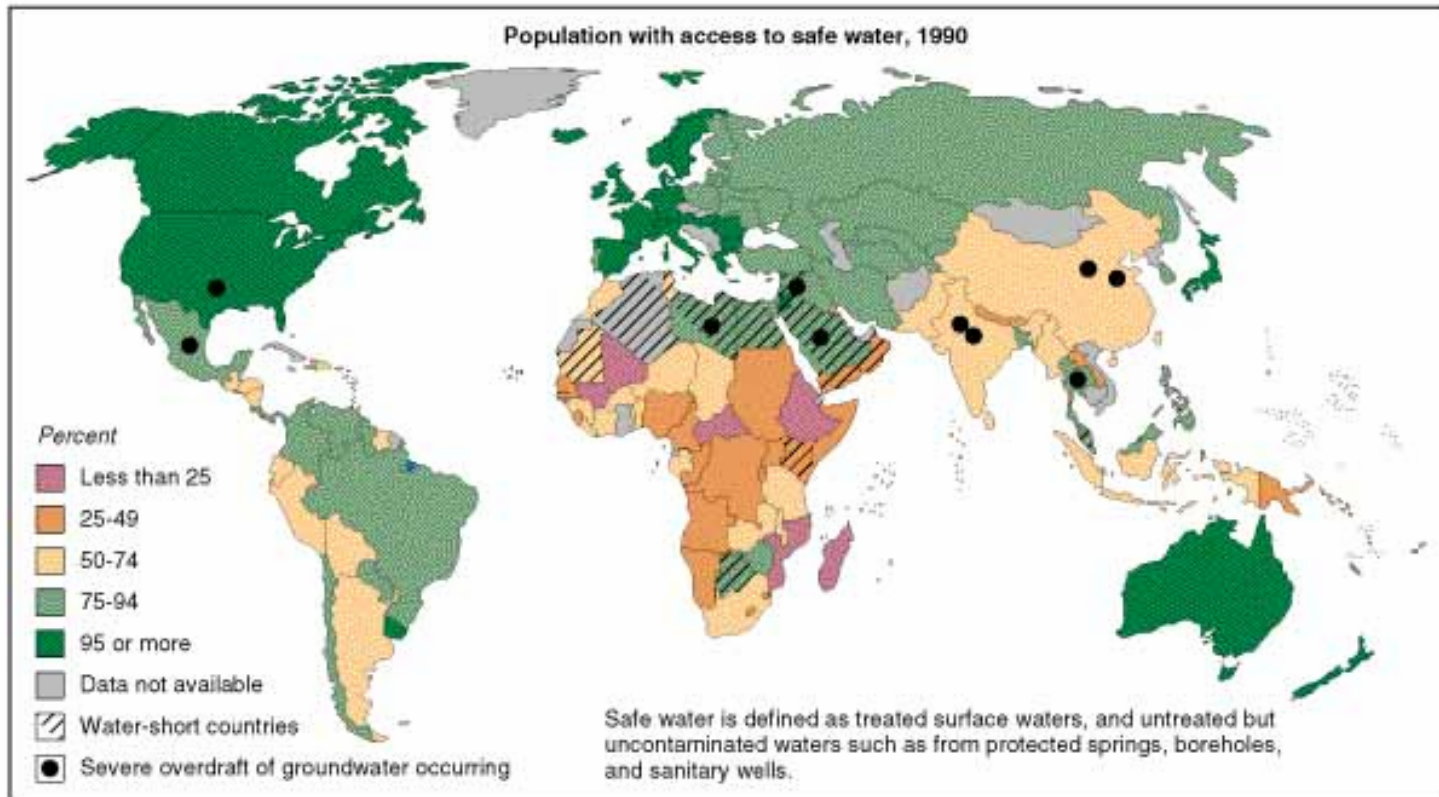
A vizek felhasználása

- **ivóvíz** (más Európa és más Afrika vagy India esetében) általában vezetékes, de palackozzák, vagy tartály(kocsi)kban szolgáltatják
- **háztartási:** főzés, mosás, tisztálkodás, fűtés, ...
- **ipari víz:** reaktáns (pl. kénsavgyártás), oldószer, hűtő/fűtő közeg (pl. atomreaktor), mosószer (pl. vágóhidak), kimosószer (pl. bányászat), ...
- **mezőgazdasági:** öntözővíz, műtrágyaoldó, ...

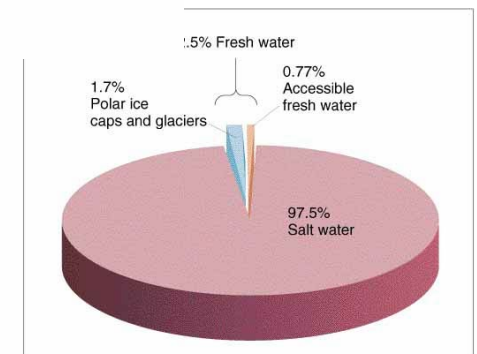
VÍZFORRÁSOK, A FÖLD VÍZKÉSZLETE

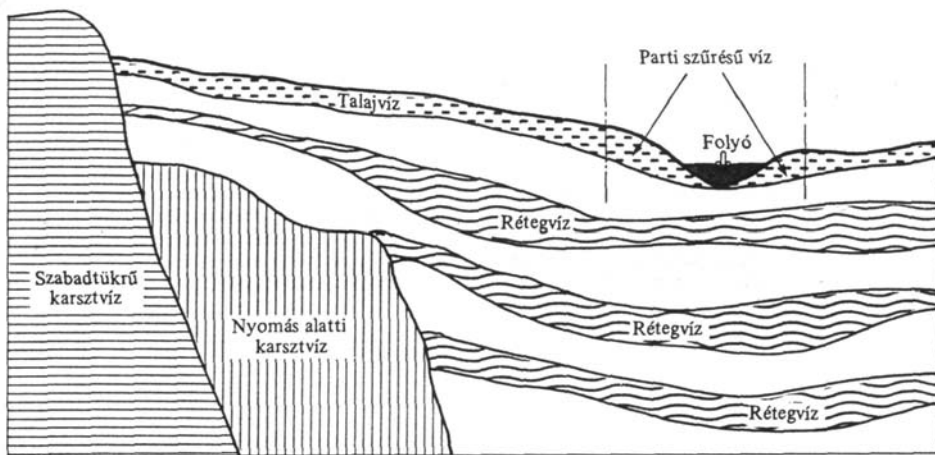
A víztartó megnevezése	A Föld		Európa	Magyaro.
	ezer km ³	%	ezer km ³	km ³
Óceánok és tengerek	1.320.000	97,15	-	-
Sós vizű tavak	104	0,008	3	-
Sós víz összesen	1.320.104	97,158	3	-
Sarki jégtakarók és gleccserek	30.000	2,207	-	-
Vizfolyások	1	0,000	0,80	2
Édesvizű tavak	125	0,009	1,0	3
Felszíni víz össz.	1.350.230	99,374	1,80	5
Talajvíz	67	0,005	5	47
Felszín alatti réteg- és mélységi víz	8.400	0,618	600	5000
Felszín alatti víz összesen	8.467	0,623	605	5047
Vízpára a légkörben	13	0,00095	0,27	24
Édesvíz összesen	38.605	2,8399	606,35	5054,4
Teljes vízkészlet	1.358.710	100,0	609,35	5054,4

A FÖLD VÍZELLÁTÁSA



Dr. Pátzay György





A felszín alatti vizek előfordulása

Az első vízzáró réteg fölött található összefüggő víz a **talajvíz**. Ennek egy sajátos formája a **parti szűrészű víz**, melynél a talajvíz egy vízfolyással hidraulikus kapcsolatban van, és utánpótlása több mint 50%-ban a vízfolyásból származik. A két vízzáró réteg között elhelyezkedő víz a **rétegvíz**. Amennyiben ez nagyobb mélységben található, akkor **mélyégi vízről** beszélhetünk. A **karsztviznek** a karbonátos kőzetek (mészkö, dolomit) hasadékaiban található vizeket nevezzük

A **felszíni vizek közül a vízfolyások** vízkészlete meghatározott térrészben, adott időpontban található vízmennyiség. Tekintettel arra, hogy folyamatosan megújuló vízről van szó, jellemzésére az adott időre vonatkoztatott vízmennyiség megadása ($\text{km}^3 \cdot \text{év}^{-1}$) célszerű. Az éves lefolyás sokévi átlagértéke $120 \text{ km}^3 \cdot \text{év}^{-1}$, amelyből $6 \text{ km}^3 \cdot \text{év}^{-1}$ képződik az ország területén. Ez azt jelenti, hogy a vízfolyások vízhozamának 95%-a külföldről érkezik. Ebből következik, hogy mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban a határos országok tevékenysége által befolyásoltak vízfolyásaink. A készletek többsége a Duna, Tisza és a Dráva medrében folyik le, és csupán 20%-nyi rész jut az olyan nagyságrendű vízfolyásokra, mint a Rába, Kapos, Sajó, stb. Az éves átlagos vízkészletnek csupán 5%-a vehető figyelembe a vízgazdálkodás szempontjából kritikus augusztus hónapban.

Az **állóvizek** felszíne 1000 km^2 , az ország területének $1,1\%$ -a. A három legnagyobb természetes tó közül a Balaton 596 km^2 (térfogata $1,8 \text{ km}^3$), a Velencei tó 26 km^2 , a Fertő tó felülete 280 km^2 , melyből 82 km^2 esik Magyarország területére. A mesterséges állóvizek (tározók) közül a Tisza tónak nevezett Kiskörei tározó felülete 127 km^2 . Az ennél nagyságrendekkel kisebb mintegy 1200 db. természetes és mesterséges tó felülete összesen 180 km^2 . A felszíni vizek jelentőségét a következők határozzák meg:

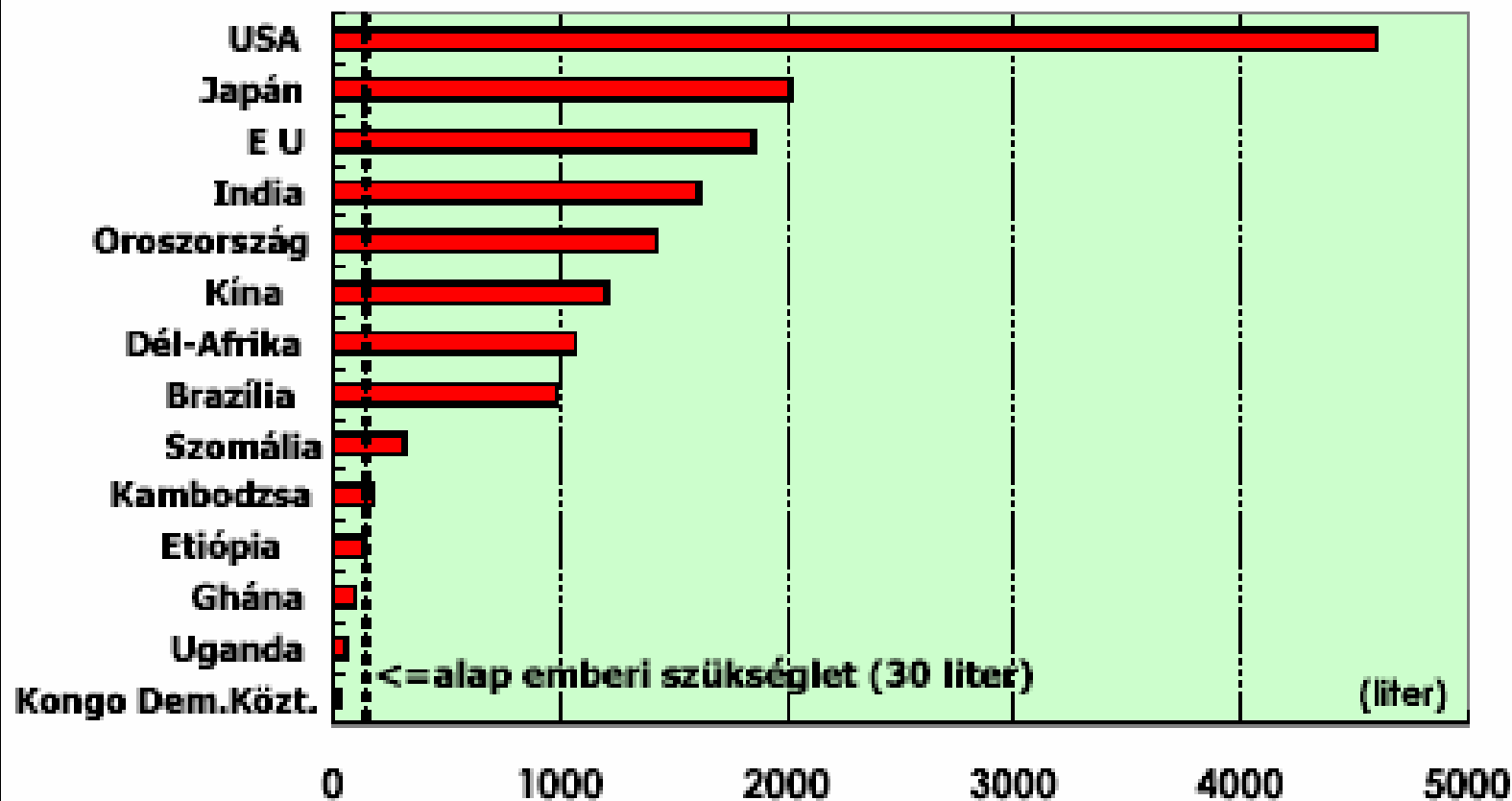
- a nem ivóvíz minőségű friss-vízhasználat 80% -a felszíni víz
- a kisebb minőségi igényű vízhasználatok céljára könnyebben hozzáférhetők, a vízkivétel olcsóbban oldható meg.

A **felszín alatti vízkészlet** az ország vízellátása szempontjából igen jelentős tekintettel arra, hogy a lakosság vízellátását több mint 90% -ban a felszín alatti vízkészletekből oldják meg.

A kiépített közműves vízkészletek kapacitása mintegy $4,5$ millió $\text{m}^3 \text{ nap}^{-1}$, ugyanakkor a tényleges igénybevétel 3 millió $\text{m}^3 \text{ nap}^{-1}$. A szolgáltatási díjak emelkedése miatt a vízigény az utóbbi években jelentősen csökkent. Ugyanakkor a fogyasztók előtérbe helyezték a szabálytalan kialakítású és mélységű kutakból történő vízfelhasználást, ami a talajvíz minőségének romlását eredményezte.

Lakosonkénti vízfogyasztás 2001

(WRI 2001)



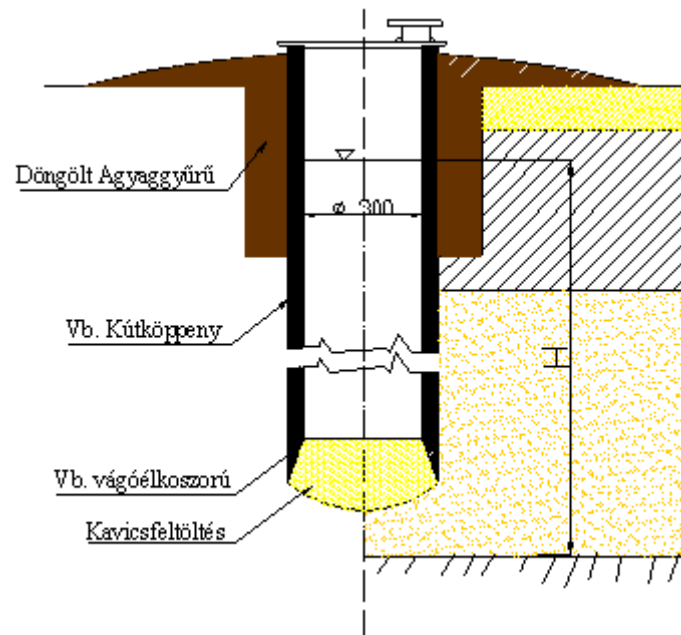
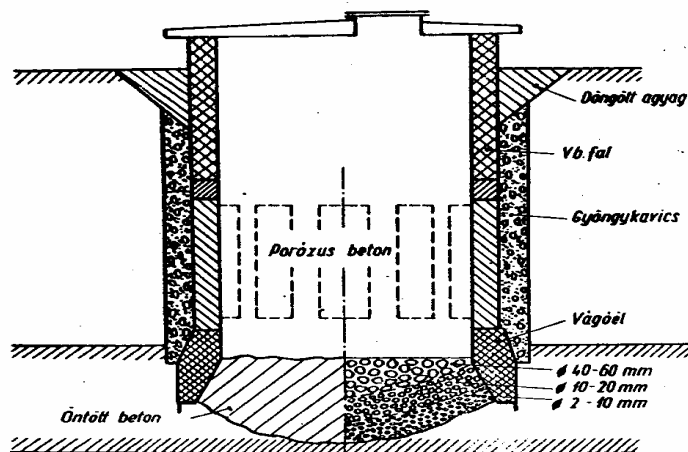
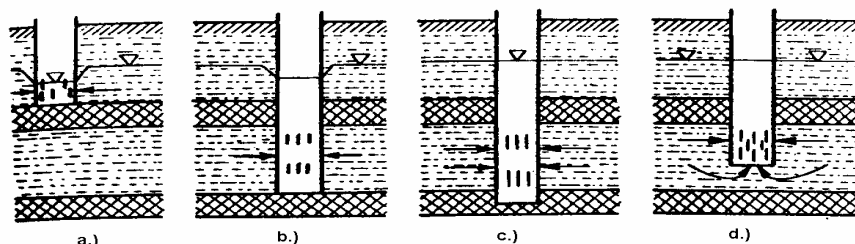
© Network Earth Village

Vízszerezési módok

Elsősorban különböző típusú kutakból: Parti szűrésű kutak

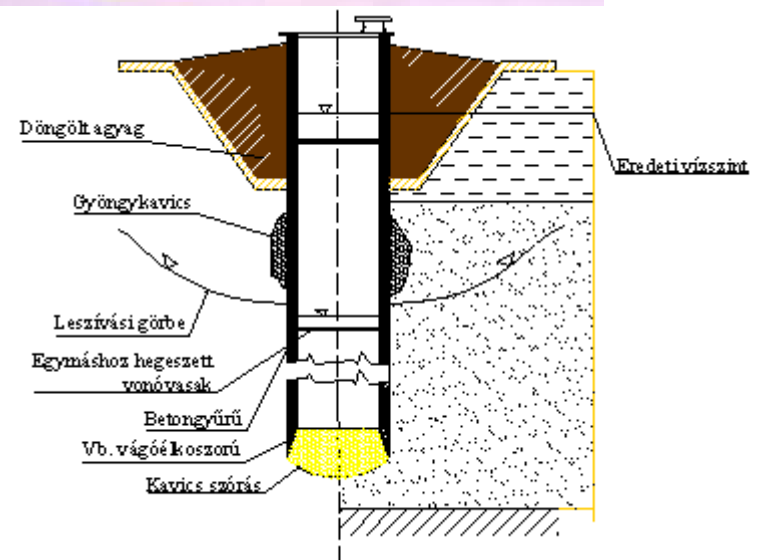
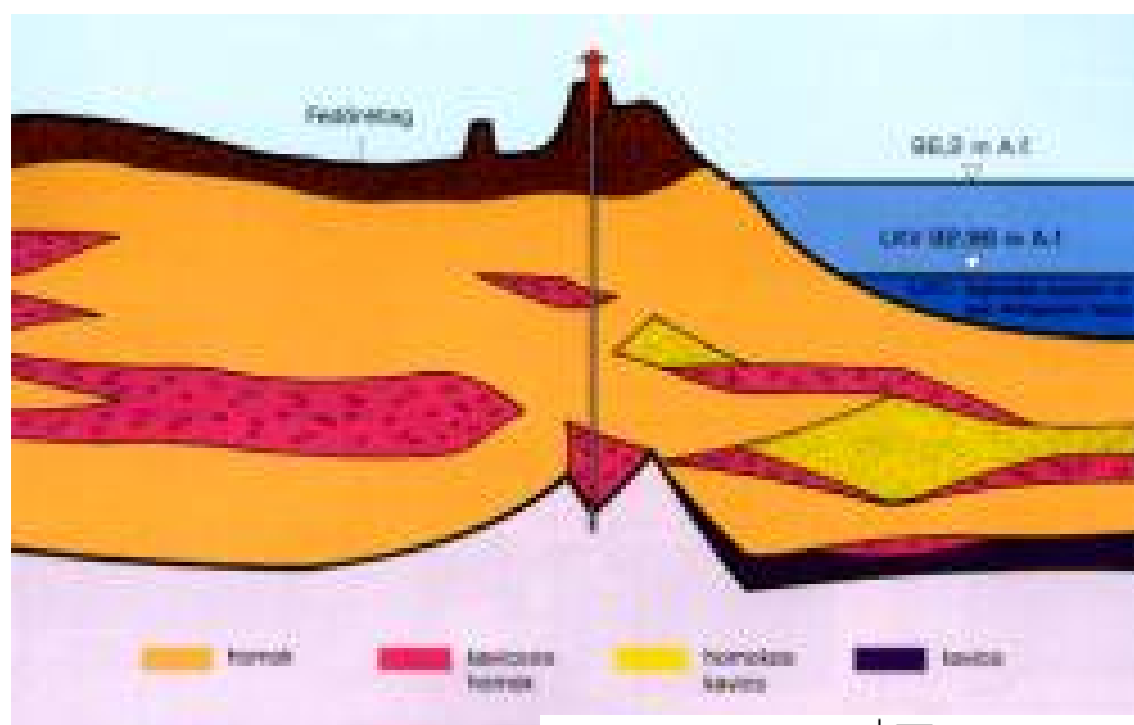
szabadfelszínû nyomás alatti teljes

nem teljes



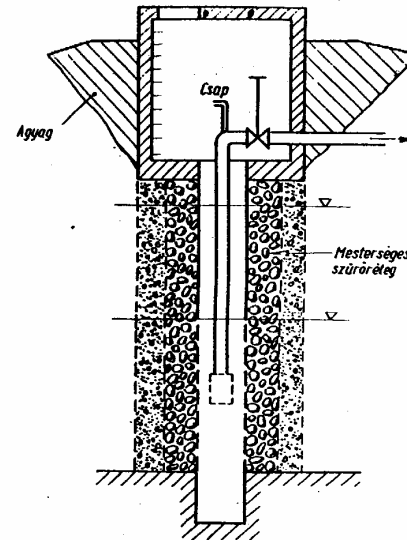
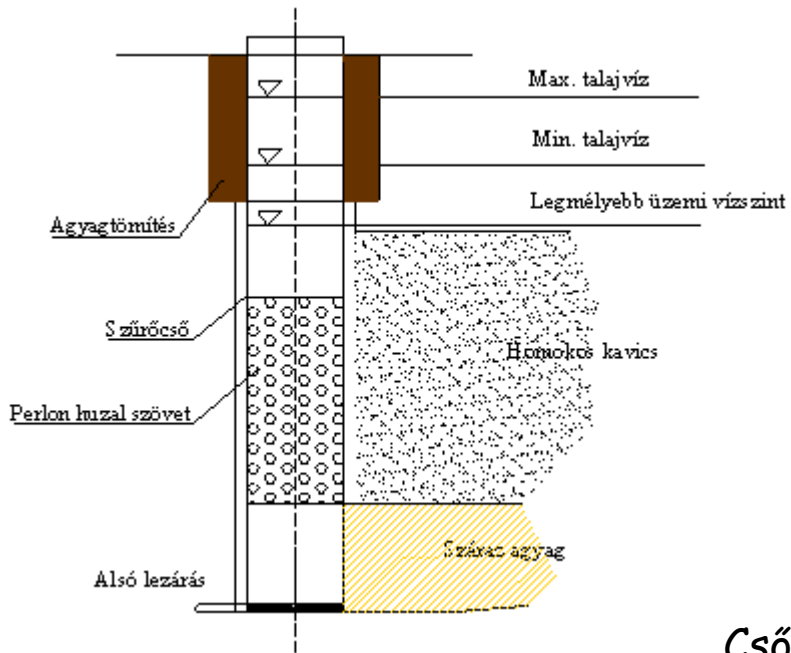
Dr. Pátzay György

Aknakút (d = 2-5m, mélység max. 12m):

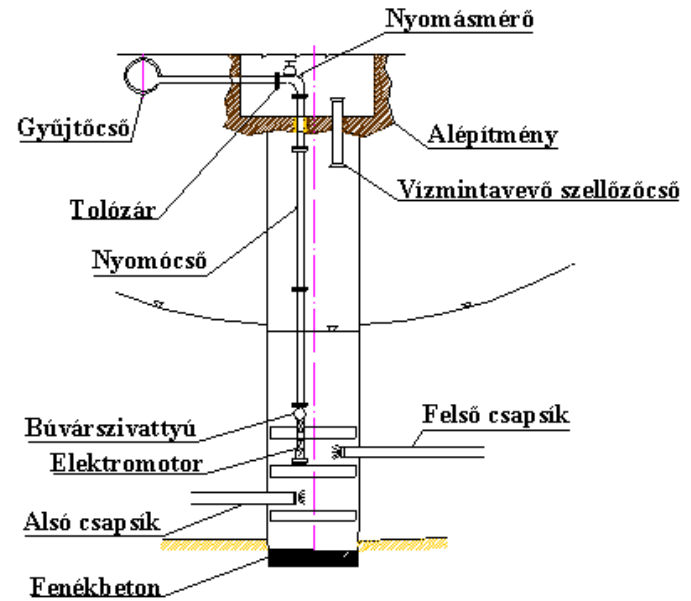
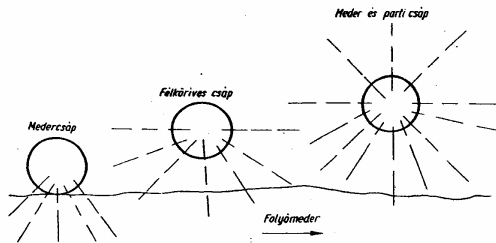
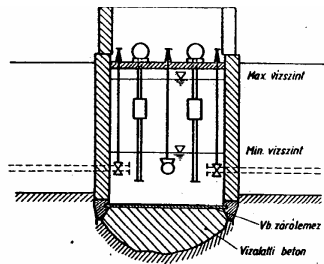


Dr. Pátzay György

Ásott kút (d=0.8-1.5m, mélység ~12m):



Csőkút:



VÍZFELHASZNÁLÁS

Példa: Franciaország

	Millió m ³ /év	Százalék
Ivóvíztermelés	5,7	15 %
Közvetlen ipari felhasználás	5,2	14 %
Hőerőművek	17,0	46 %
Mezőgazdaság	4,5	12 %
Csatornák, bányászat, villamosenergia-termelés	4,8	13 %
Összesen	37,2	100 %

Fajlagos felhasználás

- **250** liter/lakos/nap
- Háztartási felhasználás kb. **150** liter/lakos/nap
- Fajlagos ipari felhasználás (társadalmi célú felhasználás):
kb. **50** liter/dolgozó/nap

Az iparágak vízigénye

Iparágak	Hűtővíz-igény	Technológiai vízigény	Üzemi ivó-, fürdő és egyéb nem ipari jellegű vízigény
	1000 m ³ /nap		
Villamosenergia	8700	290	210
Szerves és szervesetlen kémia	830	79	22
Vaskohászat	610	68	50
Papíripar	7	262	3
Cukoripar	107	254	9
Szénbányászat	10	75	34
Kőolajipar	92	20	3
A többi iparág	564	412	289
Ipar összesen	10920	1460	620

•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

A vízmolekula

Összetétel: H_2^{16}O (99,73%) + 17 izotópkombináció

Közülük jelentősebb: D_2O (nehézvíz) -

- előállítása: elektrolízissel, desztillációval

- alkalmazása: reaktorban moderátor, NMR

A H_2O molekula nem lineáris: 105° vegyértékszög (V alak), ennek következtében erős dipólus.

MO diagramja: 2 kötő + 2 nemkötő elektronpár.

koordinálódik $[\text{M}(\text{H}_2\text{O})_6]^{n+}$ és erősen hidratál.

Önasszociációra is hajlamos: dimer - tetramer

Igen stabilis: nem reakcióképes ($> 2000\text{ C}^\circ$ bomlik)

A víz fizikai tulajdonságai és következményeik

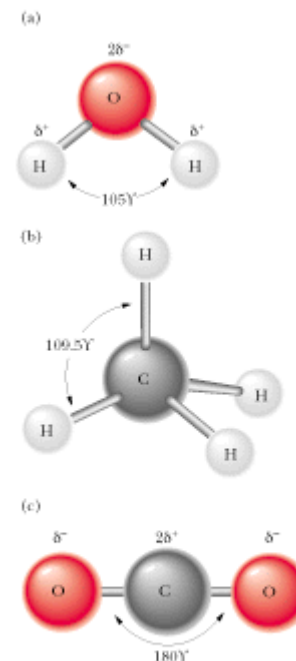
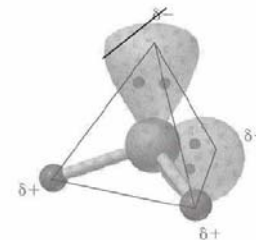
Sűrűségének sajátos T-függése: 4 C° -on maximum természetes vizek befagyása nem teljes, élőszervezetek a kemény teleket is túlélnek.

Fagyáskor kiterjed:

*a jég úszik a vízen (jégpáncél, jéghegyek),
a kőzeteket málasztja, így képződik a talaj.*

Magas fagyás- és forráspont (vs. NH_3 , CO_2)

Hőkapacitása igen nagy: jó fűtő- és hűtőközeg.



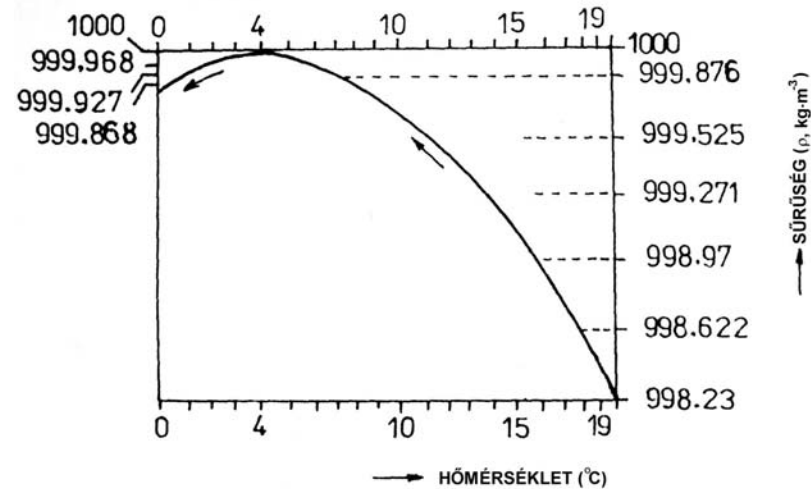
Dielektromos állandója (*permittivitása*) nagy: 80
ezért jó poláros oldószer (ionos vegyületekre)

A víz *felületi feszültsége* is nagy: 73 mN/m
igen jó cseppképző (Hg: 435, többiek 10-20 mN/m),

erős kapilláris jelenséget mutat: talajban fontos,
mosószer, háztartás, ércdúsítás, emulziók

Belső súrlódása: viszonylag kis viszkozitása van

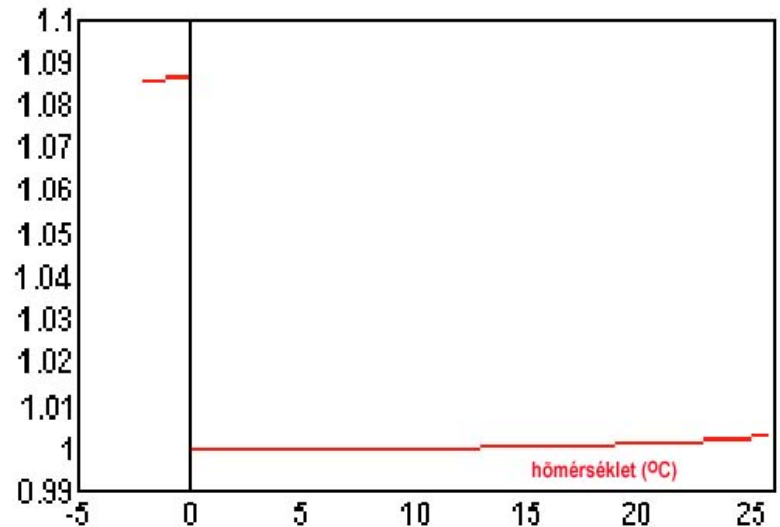
A látható fény tartományában nem abszorbeál,
viszont IR-ben és mikrohullámú tartományban igen (mikrohullámú sütők!).



A víz fajlagos térfogata



A VÍZ ÉS A JÉG FAJLAGOS TÉRFOGATA



A VÍZ FONTOSABB JELLEMZŐI

Hőmérséklet °C	Dinamikus viszkozitás \underline{cP}	Kompresszibilitás 10^{-6} bar^{-1}	Sűrűség g/ml	A hang sebessége m/s	C_p J/(mol.K)	C_v J/(mol.K)	Hőtágulási tényező 10^{-3} K^{-1}	Entalpia kJ/mol	Entrópia J/(mol.K)
-30	8.989	80.79	0.9839		90		-1.400		
-20	4.473	64.25	0.9935		80.2		-0.661		
-10	2.668	55.83	0.9982		77.2		-0.292		
0	1.792	50.89	0.9998	1402	76.01	75.97	-0.068	0.00	0.00
10	1.307	47.81	0.9997	1448	75.57	75.49	0.088	0.76	2.72
20	1.002	45.89	0.9982	1483	75.38	74.88	0.207	1.51	5.34
30	0.797	44.77	0.9957	1510	75.30	74.17	0.303	2.27	7.87
40	0.653	44.24	0.9922	1530	75.29	73.38	0.385	3.02	10.31
50	0.547	44.17	0.9880	1543	75.33	72.53	0.458	3.77	12.68
60	0.467	44.50	0.9832	1551	75.39	71.64	0.523	4.53	14.98
70	0.400	45.16	0.9778	1555	75.49	70.71	0.584	5.28	17.21
80	0.355	46.14	0.9718	1554	75.61	69.77	0.641	6.04	19.38
90	0.310	47.43	0.9654	1550	75.76	68.82	0.696	6.78	21.49
100	0.283	49.02	0.9584	1543	75.95	67.89	0.750	7.55	23.55

A VÍZ AUTOPROTOLÍZISE, A pH

A kémiailag tiszta víz alig vezeti az elektromosságot, ami azt mutatja, hogy igen kevés elektromosan töltött részecskét tartalmaz. A vezetést a víz autoprotolízise, azaz a vízmolekulák disszociációja révén keletkező hidrogén- és hidroxid-ionok okozzák. A disszociáció mértékét a K_d disszociációállandóval lehet jellemezni. 25 °C hőmérsékleten és 1 bar nyomáson a vízre:

$$K_d = \frac{c_{(H^+)aq} \cdot c_{(OH^-)aq}}{c_{H_2O}} = 1,808 \cdot 10^{-16} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Mivel a nem disszociált vízmolekulák koncentrációja, gyakorlatilag nem változik a disszociáció révén, így összevonható a disszociációállandóval, vagyis a H^+ és OH^- -ionok koncentrációjának szorzata a vízben és minden vizes oldatban állandó:

$$c_{H^+} \cdot c_{OH^-} = K_v$$

ahol K_v a víz ionszorzata, aminek értéke 20 °C-on $10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{dm}^{-6}$. Mivel a disszociáció endoterm folyamat, magasabb hőmérsékleten több vízmolekula disszociál. Az ionszorzat értéke a telített víz hőmérsékletének 20-ról 240 °C-ra történő növekedése során csaknem három nagyságrenddel nő.

A víz disszociációjának következtében a vizes oldatokban mindig vannak mind hidrogén-, mind hidroxid-ionok. Tiszta vízben és semleges oldatokban a két ion koncentrációja azonos: 20 °C-on $c_{H^+} = c_{OH^-} = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$.

Az oldat akkor minősül savasnak, ha benne több a H^+ -ion mint az OH^- -ion, míg lúgos oldatokban az OH^- -ionok koncentrációja haladja meg a H^+ -ionokét. Az oldatok savas vagy lúgos kémhatása tehát a bennük található H^+ - és OH^- -ionok relatív mennyiségétől függ. A hidrogén-ion koncentráció helyett, az egyszerűbb kezelhetőség kedvéért annak 10-es alapú negatív logaritmusát az ún. hidrogénexponentst, a pH-t szokás megadni:

$$pH \equiv -\lg c_{H^+(aq)}$$

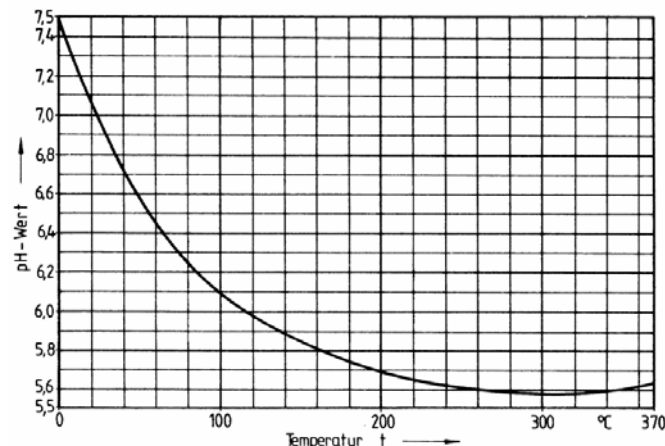


$$K_w = [H^+][OH^-]$$

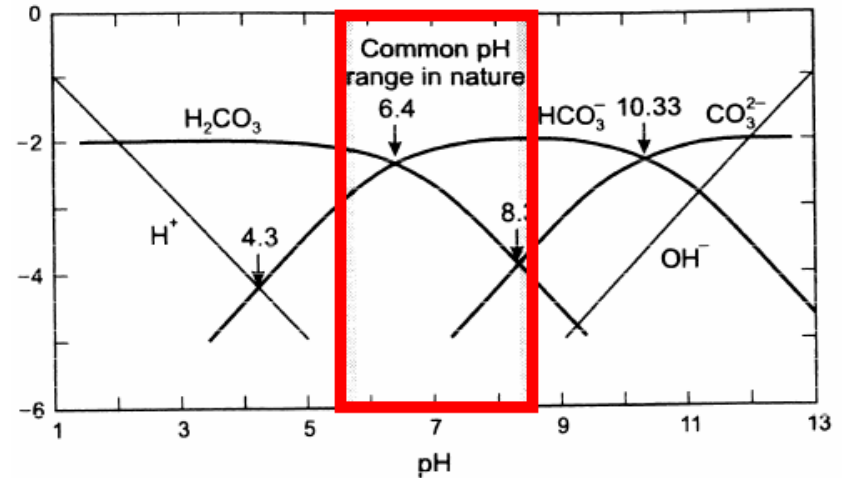
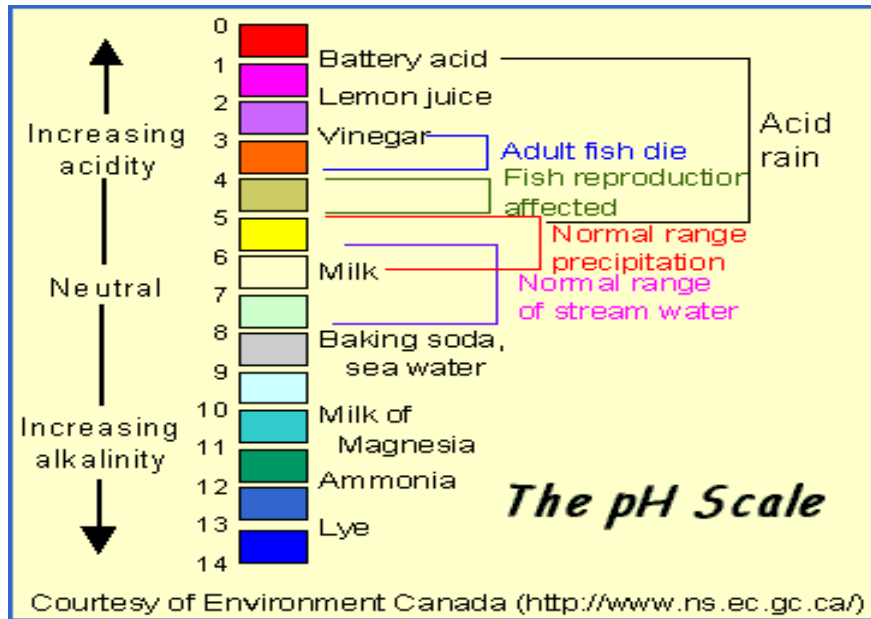
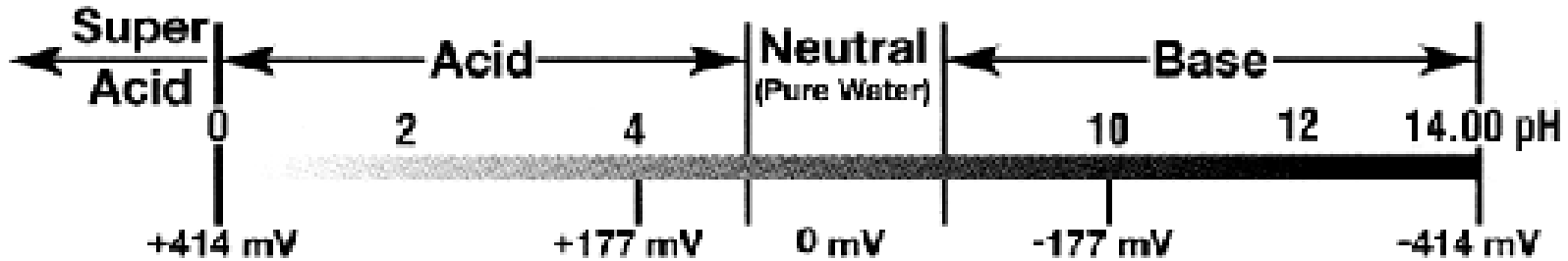


$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

Hőmérséklet	pH
0 °C	7,47
25 °C	7,00
35 °C	6.70
60 °C	6,51



Gyakorlatias pH-skála - természetes és mesterséges vizes oldatokkal



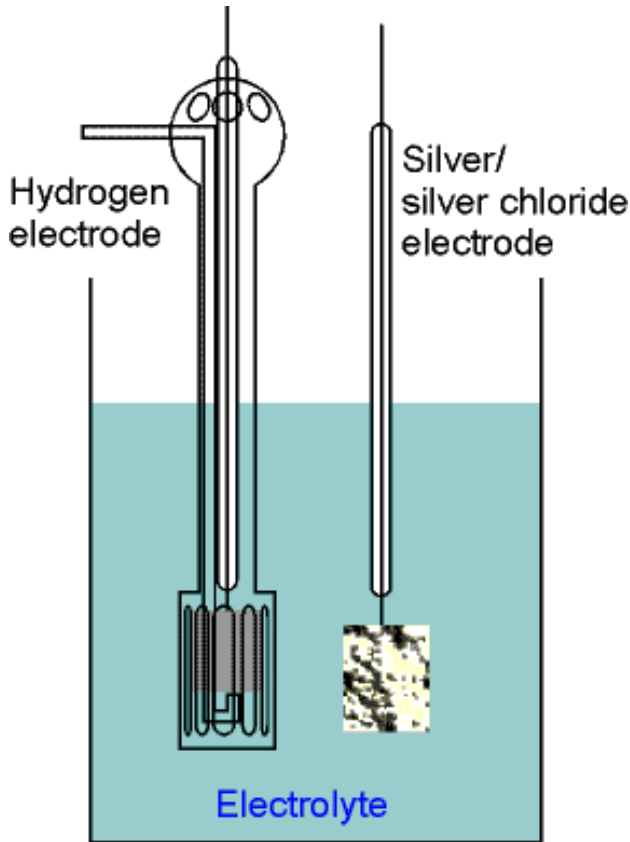
FONTOS! A pH skála nem ér véget „0” értéknél és „14” értéknél

• 2 mol/l koncentrációjú erős sav esetén $\text{pH} = -0,3010$, ugyanilyen koncentrációjú erős bázis esetén $\text{pH} = 14,3010$

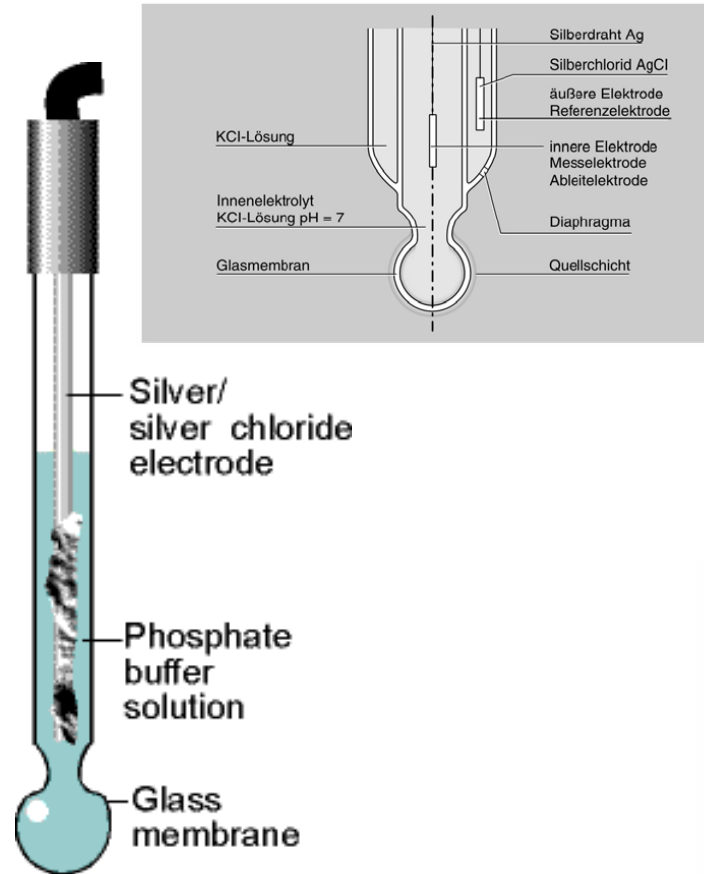
• Csak $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on $\text{pH} = 7$ a semleges víz pH-ja, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on már $\text{pH} = 6,51$

Dr. Pátzay György

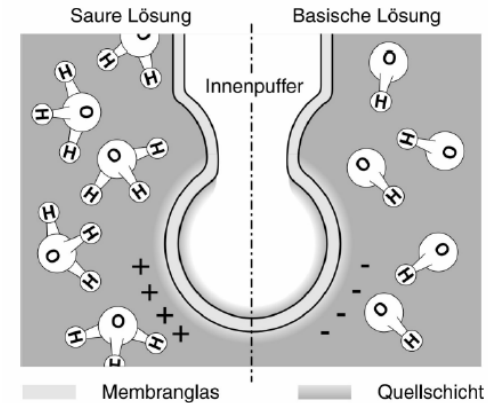
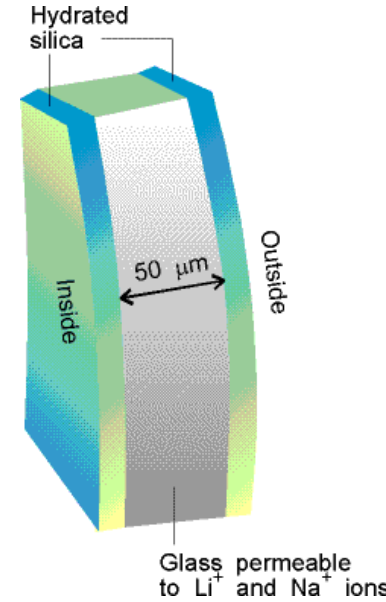
pH mérése elektródokkal



H-elektrod + referencia elektrod



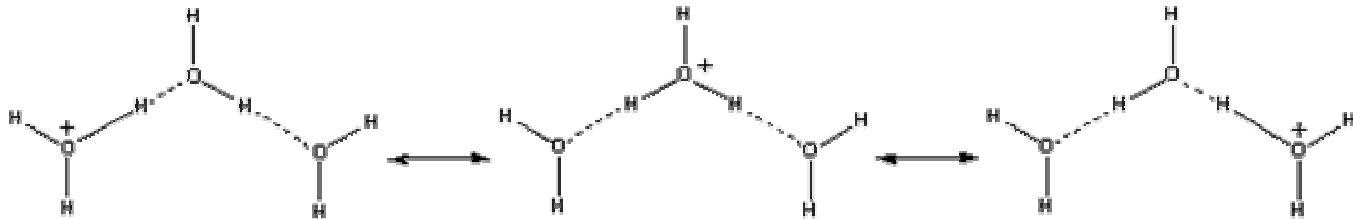
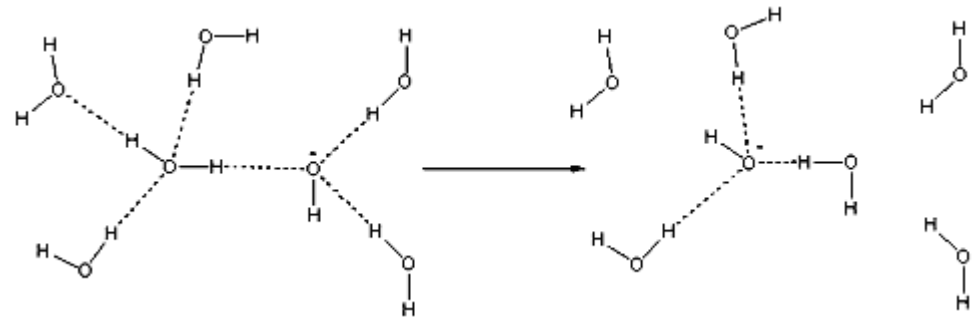
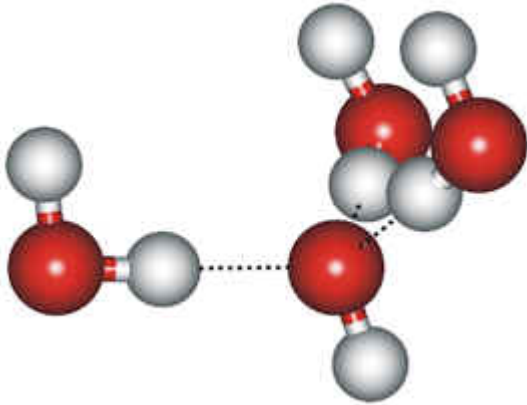
Kombinált üvegelektrod



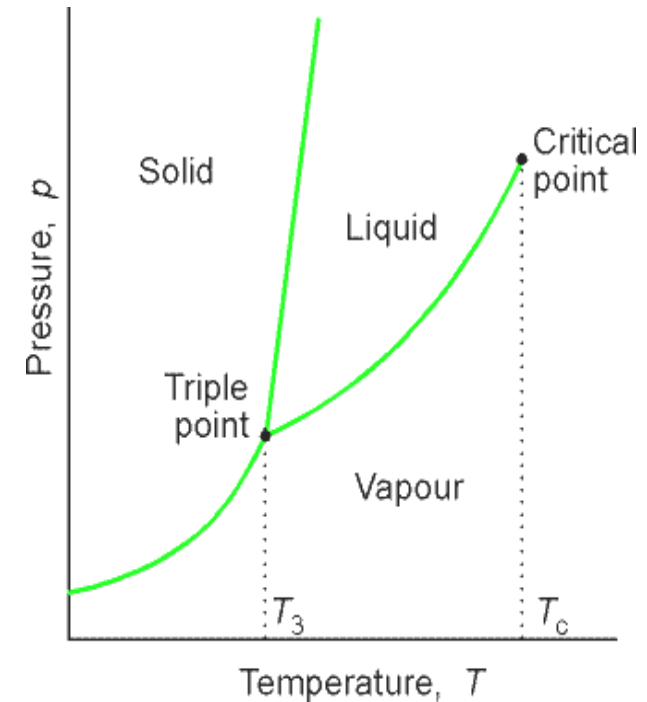
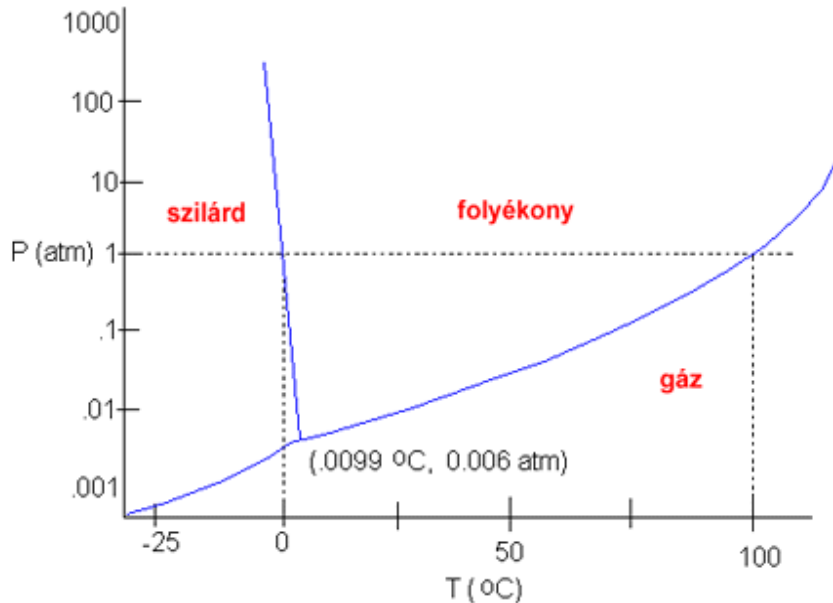
Üvegelektrod falszerkezete

$$E = E_0 + (2.3RT)/nF \log \{ \text{ismeretlen}[\text{H}^+]/\text{belső} [\text{H}^+] \}$$

HIDROGÉN HIDAS KÖTÉS



A VÍZ FÁZISDIAGRAMJA



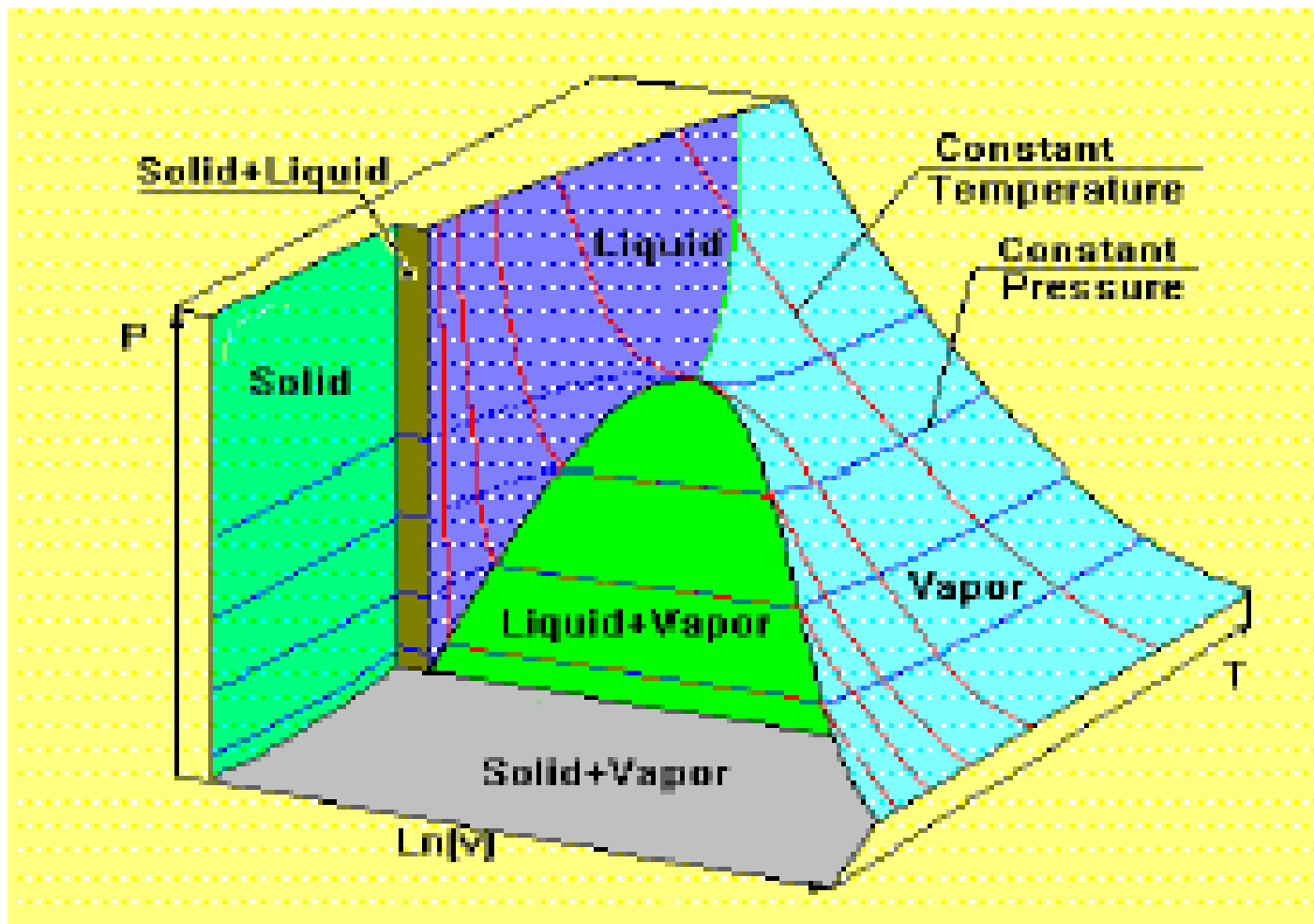
sík részek: csak egy-egy fázis stabilis (a gáztörvények egy ilyen síkon belül érvényesek)

vonalak (fázishatárok): két-két fázis stabilis, egymással egyensúlyban vannak

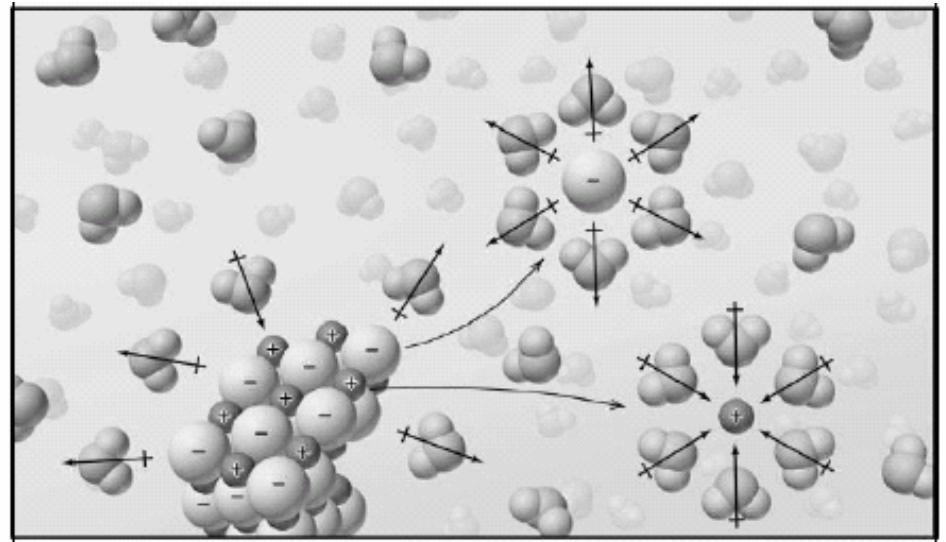
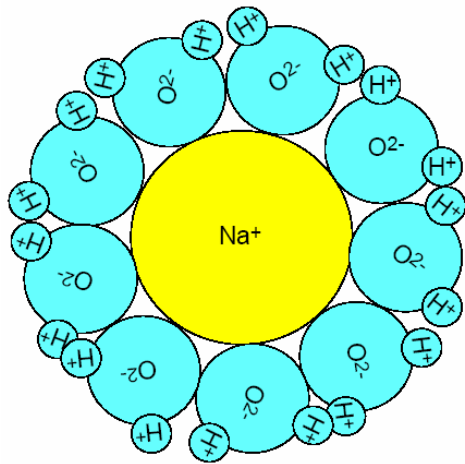
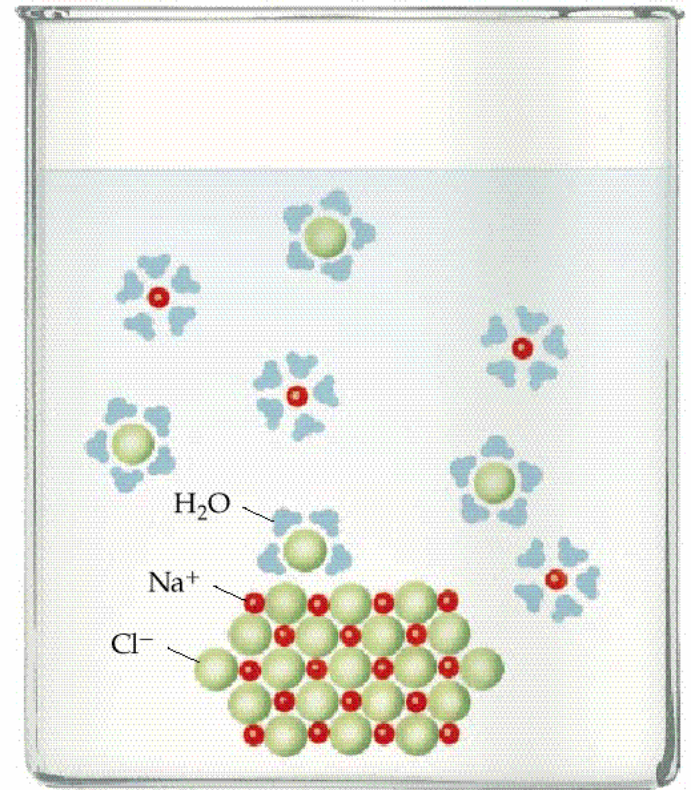
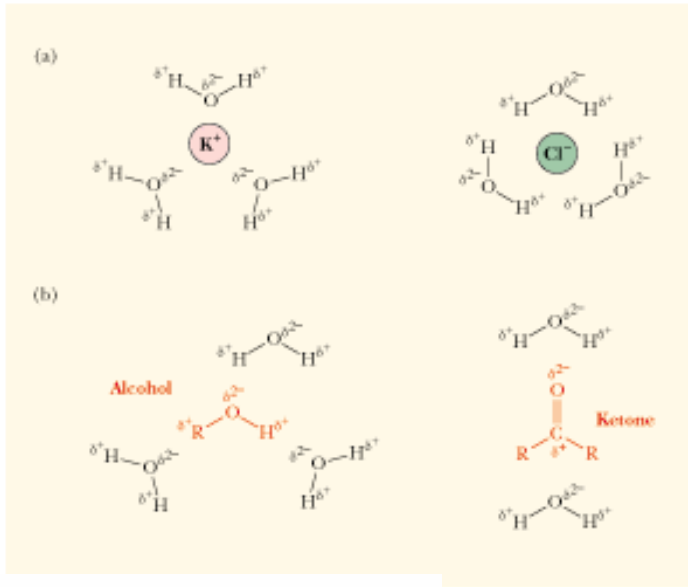
háromspont (T_3): három fázis stabilis és egyensúlyban vannak

kritikus (pont) állapot (T_c): e fölött csak gázfázis van

szuperkritikus állapot: csak fluid fázis van jelen.



A VÍZ OLDÓ (SZOLVATÁLÓ) HATÁSA



A víz kémiai sajátosságai

Nem könnyen reagál, de (gyorsan) *disszociál*:

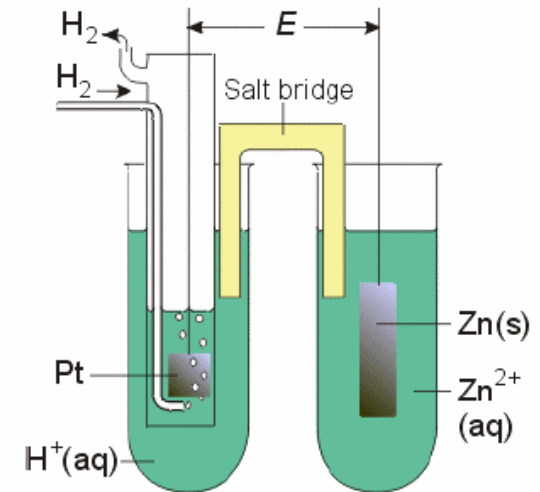


$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_v = 1 \times 10^{-14}$$

Tiszta víz *pH*-ja 25 °C-on: 7 (előállításra gondos munka)

Tiszta víz *vezetése*: minimális [$6,35 \mu\text{S m}^{-1}$]
ez az ún. „vezetőképességi víz”

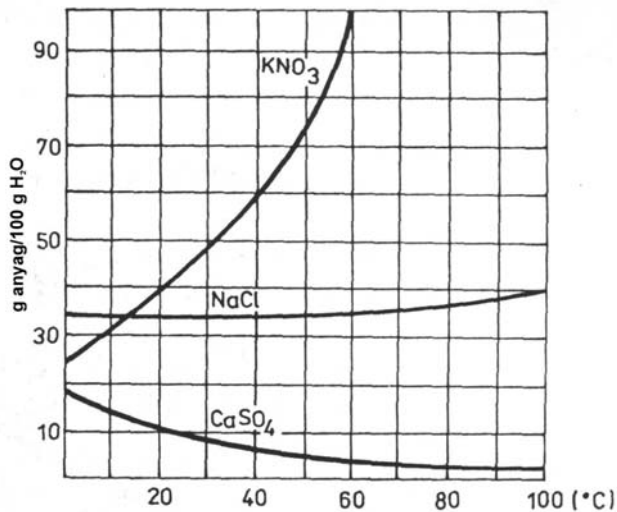
Redoxi sajátosságai: $E = 0,70 - 0,06 \text{ pH}$
aerob viszonyoknál: + 400 mV-ig,
aneorob viszonyoknál: - 500 mV-ig változik.



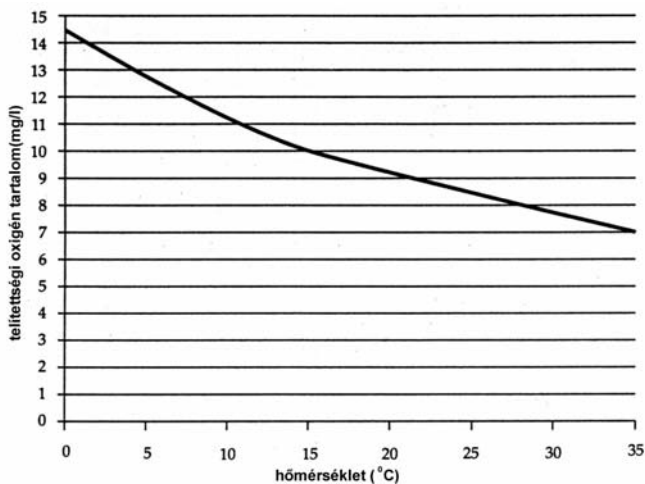
A víz mint oldószer

A természetben mindig (híg) oldatként találjuk.

- *Ionos* vegyületek disszociálnak benne: az elektrolitok kationjait és anionjait hidratálja
- *Kovalens* (szerves) vegyületeket alig vagy csak kevésbé oldja (de pl. cukor, DMSO, ...)
- *Gázok*: Henry-törvény (O_2 , N_2 alig, CO_2 jobban), $c = K_H \cdot p$
- *Folyadékok*: vegyes a kép (teljes keveredéstől a minimális oldhatóságig mindenre van példa)
- Természetesen *kolloid* rendszereket is képez: ezek élettanilag igen fontosak!



Oldhatósági görbék



Az O₂ oldhatósága desztillált vízben

Dr. Pátzay György

Az oldhatóságot mg/100 g vagy mg·l⁻¹ mértékegységben adjuk meg. A **folyadékok** esetében, - mivel a víz is poláris folyadék - poláris folyadékok (szervetlen savak, bizonyos szerves savak, bizonyos alkoholok) jól oldódnak. A nem poláris szénhidrogének rosszul oldódnak a vízben.

A **gázok** oldhatóságát adott hőmérsékleten a Henry törvénnyel fejezhetjük ki.

$$C = K_H \cdot P$$

ahol

C - a gáz telítési koncentrációja, mg·l⁻¹

P - a gáz nyomása a folyadék fellett kPa

K_H - a hőmérséklettől függő arányosító tényező

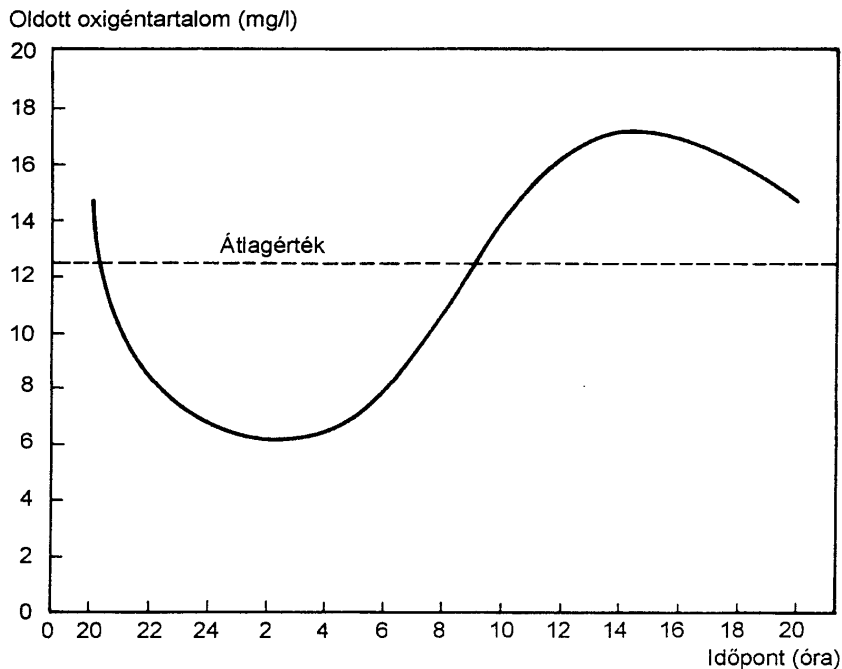
A törvény kevésbé oldható, és 0,1 MPa nyomáson a vízzel reakcióba nem lépő gázokra érvényes.

A gázok oldhatósága a hőmérséklet emelkedésével csökken, így a gázok a víz melegítésével eltávolíthatók. Néhány gáz oldhatóságát mutatja táblázat. Az ábra az oxigén desztillált vízben való oldhatóságát mutatja a hőmérséklet függvényében

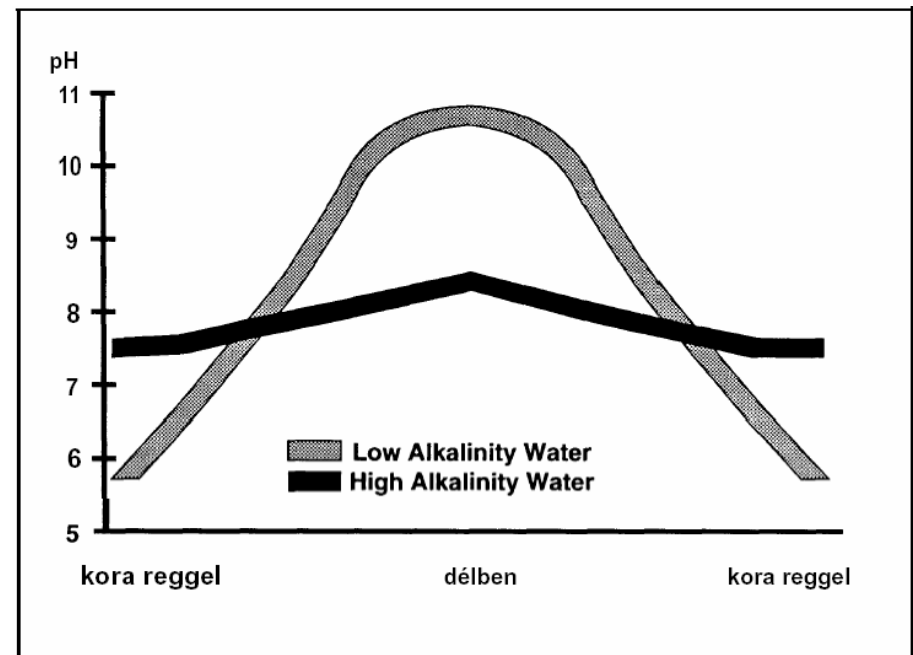
Néhány gáz oldhatósága a vízben 101,325 kPa nyomáson

t (°C)	Oldhatóság (mg l ⁻¹)				
	O ₂	N ₂	CO ₂	H ₂ S	Cl ₂
0	70	29,6	3380	7180	14600
10	54	23,5	2360	5230	9970
20	44	19,4	1730	3970	7280
50	-	13,7	860	2140	3880

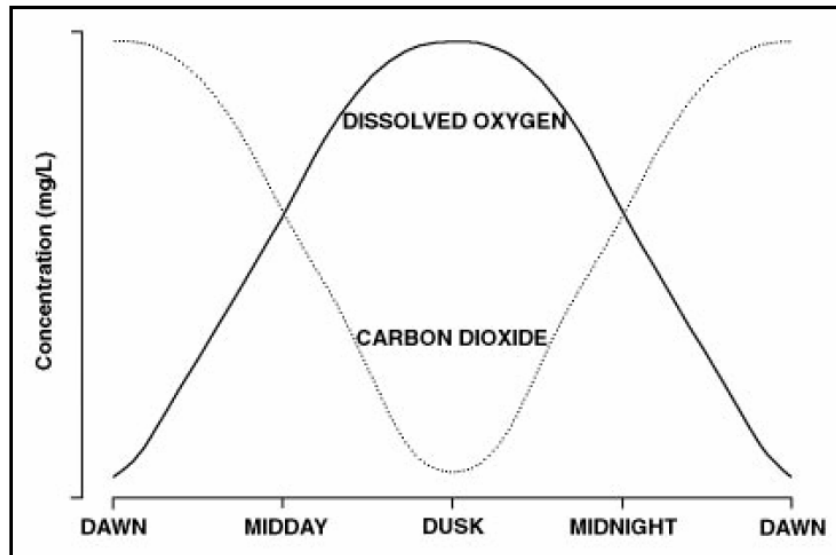
A víz sótartalmának növelésével a gázok oldhatósága ugyancsak csökken. Különbséget kell tenni a tiszta oxigén és a levegőből származó oxigén oldhatósága között. Így pl. 10 °C hőmérsékleten és 0,1 MPa nyomás mellett a tiszta oxigén oldhatósága 54 mg·l⁻¹, míg a levegőből származó oxigénéé 11,3 mg·l⁻¹. A vízben oldott anyagok mennyiségét tömegkoncentrációban (g·l⁻¹, mg·l⁻¹, µg·l⁻¹, g·m⁻³, mg·m⁻³) vagy anyagmennyiség koncentrációban (mol·l⁻¹, mol·m⁻³, mmol·m⁻³) szokás megadni. Alkalmazzák még az adott vegyület, ion vagy atom mennyiségének kifejezésére a ppm-t (mg·kg⁻¹), illetve ppb-t (µg·kg⁻¹). Ha a víz sűrűsége megközelítőleg 1000 kg·m⁻³ (felszíni és felszín alatti vizek többsége) akkor a ppm~mg·l⁻¹-nek, a ppb ~µg·l⁻¹-nek felel meg.



A fotoszintézis napi periódusának hatása az oldott O_2 tartalomra

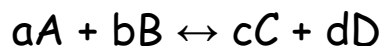


A víz pH-ja egy nap folyamán nagy és kis lúgosságú vizekben



Az oldott O_2 és CO_2 koncentráció változása naplementétől naplementéig

Egyensúlyi állandó-aktivitás



ahol:

a, b, c és d egész számok, A, B, C és D kémiai anyagok. Az egyensúlyi állandó:

$$K = \frac{(C)^c (D)^d}{(A)^a (B)^b}$$

ahol: $() =$ aktivitás $= (i) = \gamma_i [i]$, $\gamma_i =$ aktivitási együttható az i -k komponensre, $[i] =$ moláris koncentráció az i -ik komponensre, $a_A = c_A \cdot \gamma_A$. Így:

$$K = \frac{\langle \gamma_c \cdot [C] \rangle^c \cdot \langle \gamma_d \cdot [D] \rangle^d}{\langle \gamma_a \cdot [A] \rangle^a \cdot \langle \gamma_b \cdot [B] \rangle^b}$$

Híg oldatok esetén, $\mu \leq 10^{-4}$; ahol μ az ún. ionerősség: $\gamma_i = 1$

$$K = \frac{\langle [C] \rangle^c \cdot \langle [D] \rangle^d}{\langle [A] \rangle^a \cdot \langle [B] \rangle^b}$$

$$\mu = \frac{1}{2} \sum_i c_i \cdot z_i^2$$

Ahol: μ - ionerősség ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), c_i - az ion koncentrációja ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), z_i - az ion töltése

Példa: Az oldatban $150 \text{ mg/dm}^3 \text{ CaSO}_4$ van oldva.

Moláris koncentráció = $150 \text{ (mg/dm}^3) / 136,000 \text{ (mg/mmol)} = 0.0011 \text{ M}$

$I = 1/2 (0.0011 * 2^2 + 0.0011 * 2^2) = 0.0044$

Az ionerősség meghatározására empirikus összefüggés:

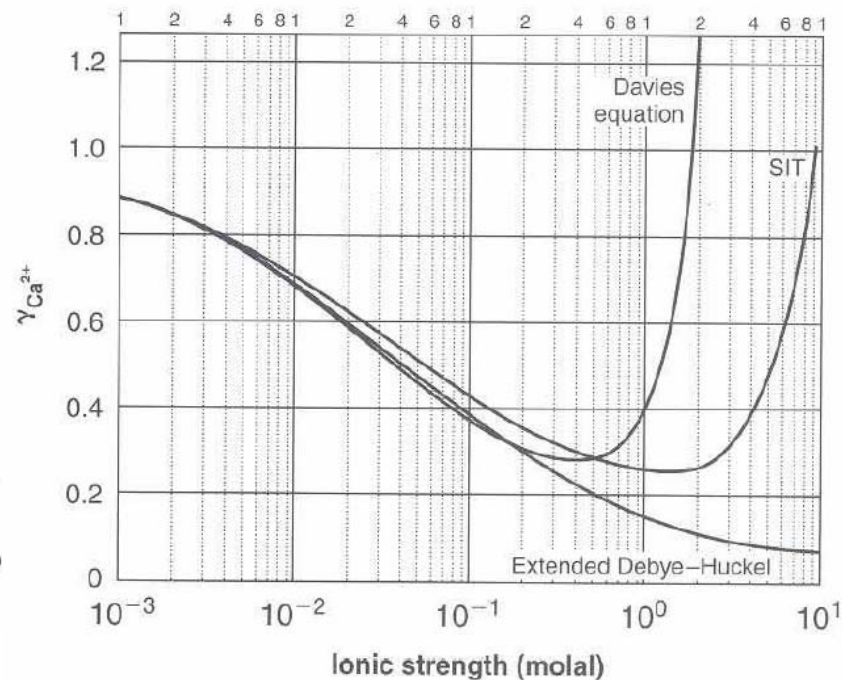
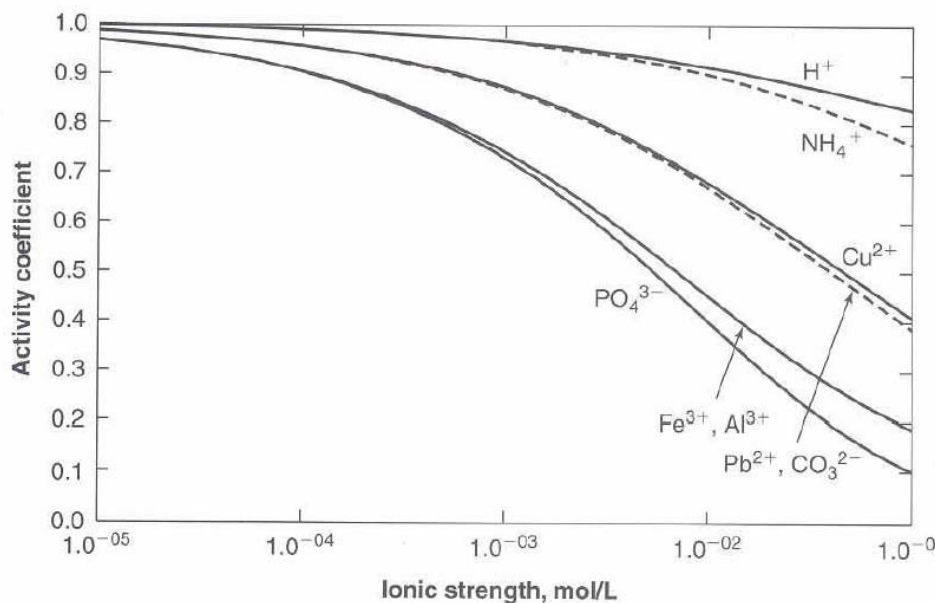
$I = 2.5 * 10^{-5} * \text{TDS [mg/dm}^3]$

$I = 1.6 * 10^{-5} * \text{fajlagos vezetés [\mu S/cm]}$

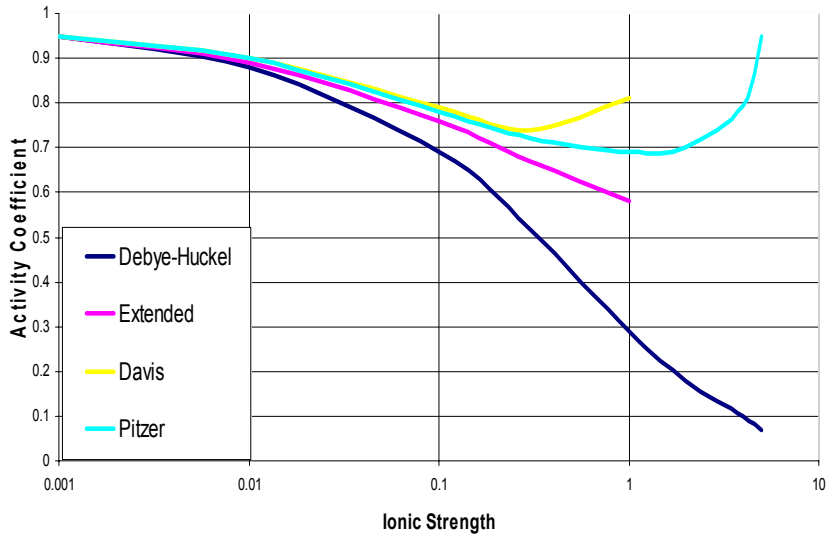
A példából $150 \text{ mg/dm}^3 \text{ CaSO}_4$:

$I = 2.5 * 10^{-5} * \text{TDS [mg/dm}^3] = 2.5 * 10^{-5} * 150 = 0.0038$

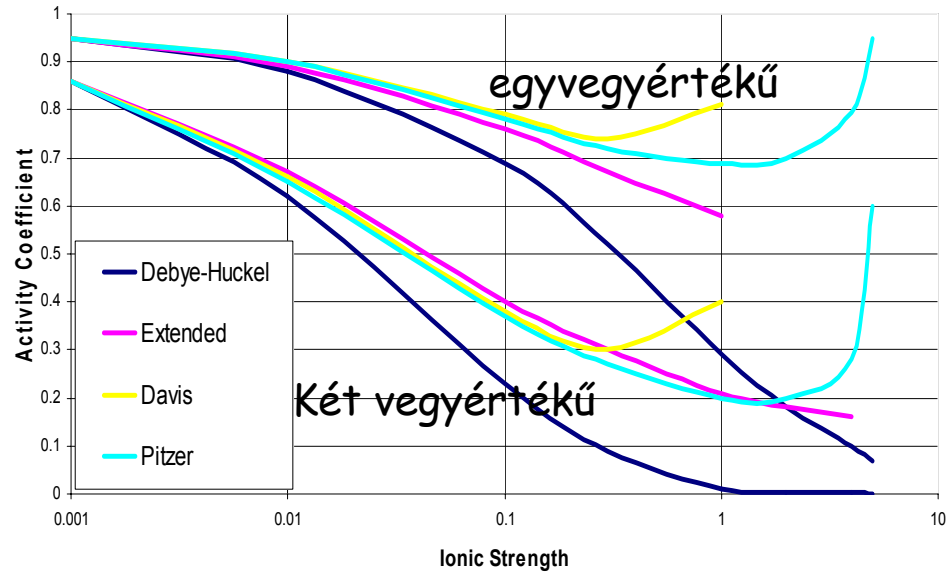
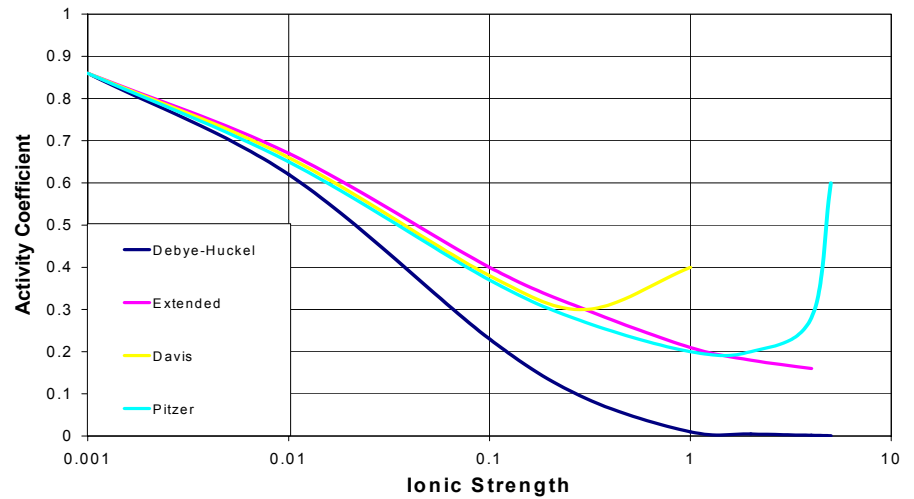
A tengervíz ionerőssége $\sim 0,7$, a felszíni vizeké $\sim 0,001 \text{ mol.l}^{-1}$



Egyvegyértékű ionok



Kétvegyértékű ionok



Az aktivitási együtthatót leíró összefüggések

Name and Equation	Notes and Approximate Range of Applicability
Debye–Hückel limiting law $\log \gamma_{D-H} = -Az^2 I^{1/2}$	$A = 1.82 \times 10^6 (\epsilon T)^{-3/2}$, where ϵ is the dielectric constant of the medium. For water at 25°C, $A = 0.51$; z = ionic charge Applicable at $I < 0.005 M$
Extended Debye–Hückel $\log \gamma_{Ext.D-H} = -Az^2 \frac{I^{1/2}}{1 + BaI^{1/2}}$	a = ion size parameter (see Table 1.4b) $B = 50.3(\epsilon T)^{1/2}$; for water at 25°C, $B = 0.33$ Appropriate in solutions where one salt dominates ionic strength Applicable at $I < 0.1 M$
Davies $\log \gamma_{Davies} = -Az^2 \left(\frac{I^{1/2}}{1 + I^{1/2}} - 0.2I \right)$	Applicable at $I < 0.5 M$
Specific interaction model $\log \gamma_{Pitzer} = \log \gamma_{Ext.D-H} + \sum_j B_{ij} I m_j$	B_{ij} is specific interaction term between ions i and j ; m_j is molality (mol/kg solution) of j Applicable at $I < 1 M$; additional terms can extend range to higher ionic strengths ^a

^aSee Pitzer (*J. Solution Chem.* 4, 249–265, 1975) or Millero (*Geochim. Cosmochim. Acta* 47, 2121–2129, 1983).

A javított Debye- Hückel összefüggés a ionméret paramétereit angströmben

	Cations	Anions
Singly charged ions	$a = 3$: Ag ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ $a = 4$: Na ⁺ $a = 9$: H ⁺	$a = 3$: Cl ⁻ , ClO ₄ ⁻ , HS ⁻ , I ⁻ , NO ₃ ⁻ , OH ⁻ $a = 4$: CH ₃ COO ⁻ , HCO ₃ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ , PO ₄ ³⁻
Doubly charged ions	$a = 5$: Ba ²⁺ , Pb ²⁺ , Sr ²⁺ $a = 6$: Ca ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Sn ²⁺ $a = 8$: Be ²⁺ , Mg ²⁺	$a = 4$: HPO ₄ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ $a = 5$: CO ₃ ²⁻
Triply charged ions	$a = 9$: Al ³⁺ , Ce ³⁺ , Fe ³⁺ , La ³⁺	$a = 4$: PO ₄ ³⁻

A víz érzékszervi (szenzorikus) tulajdonságai

hőmérséklet: ivásra 8-12-15 °C

- íz: íztelen, de pl. az ásványvizeknek van íze
- szag: szagtalan, a szag rendszerint kellemetlen
- szín: színtelen, nagy mennyiségben színes valamilyen oldott anyag miatt
- a hatás függ a céltól:
 - friss, hús *ivóvíz*
 - kellemes, selymes *fürdővíz* (Balaton)
 - tiszta, lágy *esővíz*, (mosóvíz) ...

A különböző „vizek” kémiai összetétele

Molekulárisan diszperz és kolloid oldatai vannak.

a) Vízben oldott sók: vízkeménység (vált.+áll.=összes)

változó keménység: Ca, Mg hidrogénkarbonátok
- kiforralhatók, vízkőképződést okoznak

állandó keménység: CaCl₂, MgSO₄

Vízlágyítás: - Ca(OH)₂, Na₂CO₃ hozzáadásával

- ioncserével
- desztillációval

Sok más ion: Na⁺, K⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, NH₄⁺, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, SiO₃⁻⁻, nyomelemek nagy számban.

Az elektroneutralitás értelmében az összes kation ekvimoláris (egy vegyértékre vonatkozó) moláris koncentrációja megegyezik az anionok ekvimoláris koncentrációjával.

b) A vízben oldott gázok:

O_2 : a vízben élő szervezetek számára kulcskérdés
könnyen elhasználódhat, pótlandó!

N_2 : kevésbé oldódik, semleges elem

CO_2 : szabad (CO_2) + kötött (HCO_3^-) = összes

NH_3 : helyenként fordul elő, lúgosít

H_2S : ugyancsak helyenként, kellemetlen, káros

c) A vízben oldott szerves anyagok

Természetes (élő) eredetűek és mesterségesek:

lehetnek hasznosak, de többnyire károsak.

A vízminőséget nagyban befolyásolják, rontják.

Szokás *lebegő szennyeződésnek* is nevezni.

Rengeteg vegyület típus fordul elő: aromások, fenolok, humin-, cserzőanyagok, tenzidek, detergensok, növényvédőszer-maradványok, ...

Bruttóérték: a kémiai oxigénigény (KOI) jellemzi

Lebegő szennyezések

Ásványi anyagok (elsősorban homok és iszap).

Növényi lebegő szennyezések, amelyek a parti növényzetből a vízbe kerültek és ott bomlásnak indultak (felaprózódott részekből állnak).

Állati eredetű szennyezések, amelyek apróbb víziállatok tetemeiből, vagy nagyobb vízi- és szárazföldi állatok bomlásnak indult maradványaiból tevődnek össze.

Ipari eredetű szennyezések (l. később).

Kationok	Anionok	Koncentráció [mg/kg]
Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}	HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}	1-10 ⁴
NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+}	HSiO_3^- , F^- , NO_3^- , CO_3^{2-}	0,1-10
Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Al^{3+}	HS^- , J^- , NO_2^- , H_2PO_4^-	0,1

Gázok

Inert gázok	O_2 , N_2	1-10
Kémiaailag oldódó gázok	CO_2	10-10 ²

component	ppm		
	rain water	river water	sea water
Na	1.1	5.8	10,560
K	0.26	2.1	380
Ca	0.97	20	400
Mg	0.36	3.4	1,270
Cl	1.1	5.7	18980
SO_4^{2-}	4.2	12	2650
carbonate and $\text{CO}_2(aq)$	1.2	35	140
Si	0.83	8.1	.05-2 (surface) 2.5-5 (deep)

Silt Density Index (SDI) Kolloid index

A "silt density index" (SDI) az adott víz lebegő kolloid tartalmából adódó dugulási hajlam mértékére ad felvilágosítást. Mivel a kolloidok a mikrométer alatti tartományban tetszőleges szemcseméretűek lehetnek, nincs közvetlen módszer koncentrációjuk meghatározására. Az SDI értékét úgy határozzák meg, hogy a vizet átengedik egy 0.45- μm Millipore™ membránszűrőnfilter 30 psi (207 kPa) nyomáson. Az SDI index értékét a következő formulával számítják ki:

$$\text{SDI} = \frac{1 - \frac{t_1}{t_2} \times 100}{T}$$

Ahol: t_1 = a friss, 47 mm átmérőjű 0,45 μm -es szűrőn átfolyó első 500 cm³ víz átfolyásához szükséges idő (s), t_2 = ugyanezen szűrőn 15 perc vízáramlás során a második 500 cm³ víz átfolyásához szükséges idő (s), T = az összes vizsgálati idő (perc) (Tipikusan 15 perc. Nagy SDI esetén T értéke kisebb lehet.)

Pontos vizsgálathoz a vizsgálati idő végén a szűrő eltömődése nem leht ~74%-nál magasabb. Ha az eltömődés mértéke ennél magasabb a vizsgálatot meg kell ismételni rövidebb összes vizsgálati idő mellett. Jelenleg csak a Millipore™ szűrőmembránokat fogadja el az American Society of Testing Materials (ASTM) szabvány SDI meghatározására. Minél magasabb az SDI értéke, annál nagyobb a dugulás veszélye. A fordított ozmózis technológiáknál előírják a maximális SDI értékét. Így a száéüreges membránok esetén SDI értéke maximum 3, a sprális tekeresmémbránok esetén 4. Folyamatos sómentesítés esetén SDI maximális megengedhető értéke 4. Ha az SDI értéke a megengedett érték fölött van 4 μm -es előszűrő alkalmazását ajánlják.

VIZEK KEMÉNYSÉGE ÉS LÚGOSSÁGA

A vizek keménységét a vízben oldott többvegyértékű kationok, így kalcium, magnézium (vas, mangán) ionok okozzák. Az ilyen ionokat jelentős mennyiségben tartalmazó vizekkel a mosás hatásfoka leromlik, mert a szappan kalcium- és magnézium sói jönnek létre a mosóhatás helyett.

A karbonát és bikarbonát sók okozta keménységet **karbonát (KK) keménységnek**, az egyéb anionokkal képzett sók okozta keménységet **nem-karbonát keménységnek (NKK)** nevezzük. Általában a vizek lúgosságát ugyanazok az ionok okozzák, mint a keménységet, kivéve a nátriumot, mely keménységet nem okoz csak lúgosságot. Természetes vizekben nátrium mennyisége általában elhanyagolható, így a karbonát keménység megegyezik a lúgossággal. A keménységet okozó ionok (kalcium, magnézium) eltávolítását **lágýításnak** nevezzük. A lágýított vizekben az össz-lúgosság a karbonát lúgosság és a nátrium-lúgosság összege. A vizekben található sók közül az alábbiak okoznak keménységet és/vagy lúgosságot:

- Kalcium-karbonát - lúgos és gyengén oldható, a víz karbonát keménységét lúgosságát okozza.
- Kalcium-bikarbonát - a víz karbonát keménységét és lúgosságát okozza. Hevítés hatására széndioxidra, vízre és kalcium-karbonátra bomlik, mely utóbbi vízkőképzést okoz.
- Kalcium-szulfát, gipsz - nem-karbonát keménységet okoz. Hideg vízben jobban oldódik a kazánokban vízkőként kiválik csöveken.
- Kalcium-klorid - nem-karbonát keménységet okoz. Kazánokban kémiai reakciója révén pitting korrózió károkat okozhat.
- Magnézium-karbonát és bikarbonát - hatásuk megegyezik a kalcium sókkal.

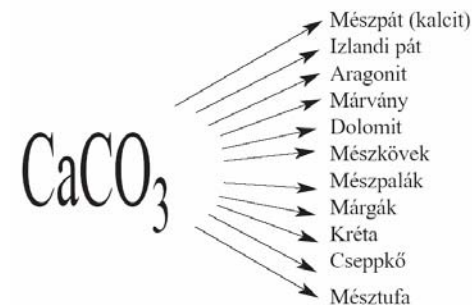
- Magnézium-szulfát - nem-karbonát keménységet okoz és vízkő kiválást hoz létre. Az ivóvízben 500 ppm fölött hashajtó hatású.
- Magnézium-klorid - hatása megegyezik a kalcium sóéval. Magnézium-hidroxid vízkövet is létrehozhat.
- Vas - a víz elszíneződését, ízváltozását és szagosodását okozhatja.
- Mangán - a víz szürke, fekete elszíneződését okozhatja.

A karbonát- és nem-karbonát keménység összegét összes keménységnek (ÖK) nevezzük.

$$\begin{aligned} \text{ÖK} &= \left(\frac{C_{Ca}(\text{mg/l})}{0,4} + \frac{C_{Mg}(\text{mg/l})}{0,24} \right) \cdot 10^{-2} (\text{mmol/l}) = \\ &= \frac{1}{17,86} \cdot \left(\frac{C_{Ca}(\text{mg/l})}{0,4} + \frac{C_{Mg}(\text{mg/l})}{0,24} \right) (\text{°nk}) \end{aligned}$$

A keménység mértékét a vízben oldott só koncentrációjával (mg/dm³; ppm) és az ún. keménységi fokkal (nk°) szokás megadni. 1 német keménységi fok annak a víznek a keménysége, amelynek 1 köbdeciméterében 10 mg kalcium-oxiddal egyenértékű kalcium- vagy magnézium van oldva.

Lágy víz	0-7 nk°
Közepesen kemény víz	7-15 nk°
Kemény víz	15-30 nk°
Nagyon kemény víz	30 nk° fölött



A víz-keménység mérőszámai

Keménység egysége	1 mval/l	Német 1 nk (dH)	Francia 1 fk (fH)	Angol 1 ak (eH)	Amerikai 1 ppm	Nemzetközi 1 mmol/l
	28 mg CaO vagy 50 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	10 mg CaO 1 l H ₂ O	10 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	1 grain CaCO ₃ per gallon $\hat{=}$ 14,3 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	1 part per million $\hat{=}$ 1 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	100 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O
1 mval/l	1	2,8	5	3,51	50	0,5
1 °dH	0,357	1	1,786	1,25	17,86	0,1786
1 °fH	0,2	0,5599	1	0,7	10	0,1
1 °eH	0,285	0,7999	1,429	1	14,29	0,1429
1 ppm	0,02	0,056	0,1	0,07	1	0,01
1 mmol/l	2	5,6	10	7	100	1

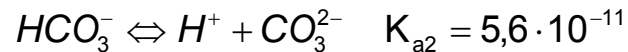
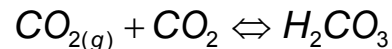
Természetes vizeknél KK/ÖK~2/3, így 1 mmol/l100 mg/l CaCO₃

1 mikroS/cm~1 mg/l CaCO₃

A vizek keménységével kapcsolatban a kalcium-karbonát-víz-széndioxid rendszernek (**mész-szénsav egyensúly**) jelentős a szerepe.

A kalcium-karbonát vízben rosszul oldódó só, a természetben kalcit és aragonit kristály-formában fordul elő és a mészkő és márvány fő komponense. 101,3 kPa nyomáson és 298 K hőmérsékleten az oldhatósági szorzata $4,8 \cdot 10^{-9}$.

A szén-dioxid parciális nyomása a tiszta levegőben $3 \cdot 10^{-4}$ bar és a vízben jól oldódik szénsav keletkezése közben. A keletkezett szénsav gyenge sav és a körülmények függvényében hidrogén-karbonát (bikarbonát) és/vagy karbonát ionokat hoz létre. A szénsav tartalmú vizes oldat a sziklák kalcium-karbonát, magnézium-karbonát és vegyes karbonát tartalmát hidrogén-karbonátok keletkezése közben feloldja és így jön létre a víz karbonát-keménysége.



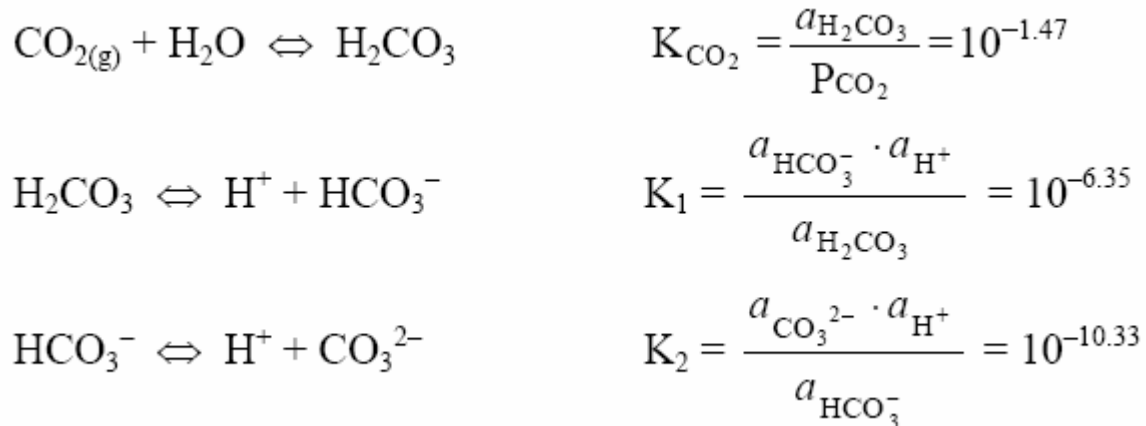
- A fenti egyensúly fenntartásához szükséges CO_2 az ún. **járulékos, vagy tartozékos CO_2** .

- Az egyensúlyinál több CO_2 az ún. **agresszív CO_2** .

- A járulékos és az agresszív CO_2 együttes mennyisége a szabad CO_2 .

- A hidrogén-karbonátba beépült CO_2 az ún. **kötött CO_2** .

Az agresszív CO_2 nem csak a karbonátos kőzetekre fejt ki oldó hatást, hanem a szilikátos kőzetek is elmállanak, miközben SiO_2 és agyag keletkezik. A vízben oldott gázok közül az O_2 és a CO_2 a vas korróziója szempontjából különösen káros.



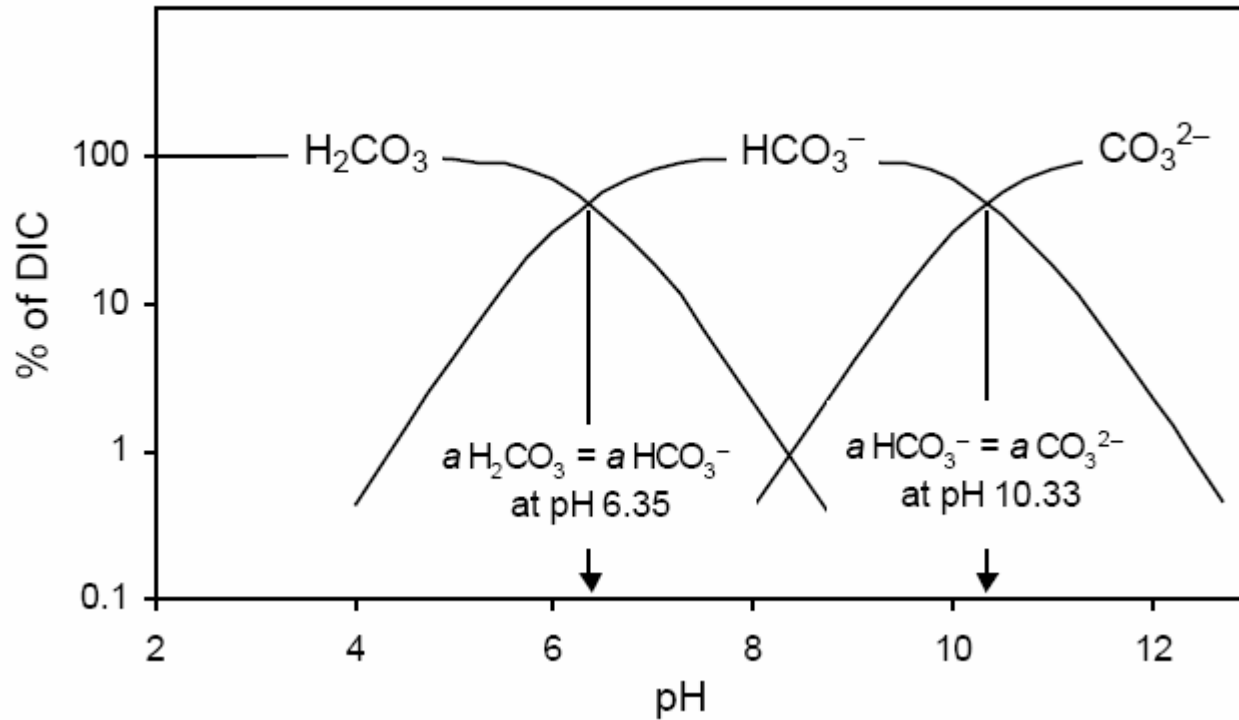
$T \text{ } ^\circ\text{C}$	$\log K_{\text{CO}_2}$	$\log K_1$	$\log K_2$	$\log K_{\text{CaCO}_3}$
0	-1.11	-6.58	-10.62	-8.38
5	-1.19	-6.52	-10.55	-8.39
10	-1.27	-6.46	-10.49	-8.41
15	-1.34	-6.42	-10.43	-8.43
20	-1.41	-6.38	-10.38	-8.45
25	-1.47	-6.35	-10.33	-8.48
50	-1.72	-6.28	-10.16	-8.65

$$\log K_{\text{CO}_2} = 7 \cdot 10^{-5} T^2 - 0.016 T - 1.11$$

$$\log K_1 = -1.1 \cdot 10^{-4} T^2 + 0.012 T - 6.58$$

$$\log K_2 = -9 \cdot 10^{-5} T^2 + 0.0137 T - 10.62$$

$$\log K_{\text{CaCO}_3} = -6 \cdot 10^{-5} T^2 - 0.0025 T - 8.38$$



Az oldott szervetlen karbon (DIC) komponensek megoszlása a pH függvényében 25 °C-on

Telítési és vízkövesedési indexek

Egy vegyület telítési koncentrációját az oldhatósági egyensúlyi állandója (K_{sp}) határozza meg. Például kalcium-karbonát esetén az ionaktivitások szorzata (IAP) :

$$K_{sp} = IAP = a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}$$

A víz telítési szintje (SL) az ionszorzat és az egyensúlyi állandó hányadosa:

$$SL = (a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}) / K_{sp} = IAP / K_{sp}$$

Egyensúlyi állapotban a víz kalcium-karbonátra telített, ha $SL=1$, telítetlen, ha $SL < 1$ és túltelített, ha $SL > 1$.

Az SL definíció egyszerűsíthető, ha az aktivitási együtthatókat összevonjuk az oldhatósági egyensúlyi állandóval. Az így nyert feltételes egyensúlyi állandó (K_{spc}) az oldhatósági szorzatba integrálja az aktivitási együtthatókat, melyben a koncentrációkat molkoncentrációban ($[]$) fejezzük ki:

$$K_{spc} = \frac{K_{sp}}{\gamma_{Ca^{2+}} \cdot \gamma_{CO_3^{2-}}} = []_{Ca^{2+}} \cdot []_{CO_3^{2-}}$$

Langelier Saturation Index (LSI) $LSI = pH - pH_s$

$LSI < 0$: nincs vízkőkiválási veszély, $CaCO_3$ oldódik

$LSI > 0$: vízkőképződés léphet föl és $CaCO_3$ válhat ki

$LSI \sim 0$: semleges, labilis állapot

Ryznar Stability Index (RSI) $RSI = 2(pH_s) - pH$

$RSI \ll 6$ nő a vízkövesedési hajlam, korróziós védelem

$RSI \gg 7$ a kalcit kiválás nem véd

$RSI \gg 8$ szénacélok nál korróziós veszély

Példa: ivóvíz elemzési adatai alapján határozzuk meg a Langelier telítési indexet 25°C-on és 82°C-on.

Vízelemzés:

$$\text{pH} = 7.5$$

$$\text{TDS} = 320 \text{ mg/l}$$

$$\text{Kalcium} = 150 \text{ mg/l (ppm) mint CaCO}_3$$

$$\text{Lúgosság} = 34 \text{ mg/l (ppm) mint CaCO}_3$$

LSI képlet:

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{pH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D) \text{ ahol:}$$

$$A = (\text{Log}_{10}[\text{TDS}] - 1) / 10 = 0.15$$

$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10}(\text{°C} + 273) + 34.55 = 2.09 \text{ 25°C-on és } 1.09 \text{ 82°C-on.}$$

$$C = \text{Log}_{10}[\text{Ca}^{2+} \text{ mint CaCO}_3] - 0.4 = 1.78$$

$$D = \text{Log}_{10}[\text{lúgosság mint CaCO}_3] = 1.53$$

Számítás 25°C-on:

$$\text{pH}_s = (9.3 + 0.15 + 2.09) - (1.78 + 1.53) = 8.2$$

$$\text{LSI} = 7.5 - 8.2 = -0.7$$

Azaz nincs vízkőképződési hajlam!

Számítás 82°C-on:

$$\text{pH}_s = (9.3 + 0.15 + 1.09) - (1.78 + 1.53) = 7.2$$

$$\text{LSI} = 7.5 - 7.2 = +0.3$$

Azaz enyhe vízkőképződés hajlam van!

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{pH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

$$A = (\text{Log}_{10}[\text{TDS}] - 1) / 10$$

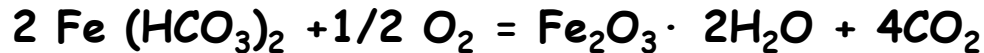
$$B = -13.12 \times \text{Log}_{10}(\text{°C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10}[\text{Ca}^{2+} \text{ mint CaCO}_3] - 0.4$$

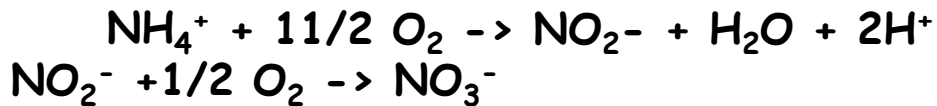
$$D = \text{Log}_{10}[\text{lúgosság mint CaCO}_3]$$

Oldott sók

A vízben oldott sók mennyiségét és minőségét elsősorban a vízzel érintkező talaj minősége és a vízben oldott gázok határozzák meg. A $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ csak oxigénmentes talajvízben lehet jelen, mivel az oxigénnel érintkezve elbomlik, és vas-oxid-hidrát formájában kiválik.

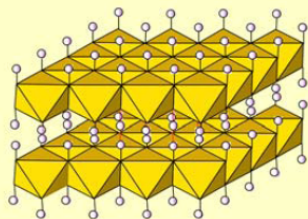


A felszíni vizek oldott állapotban vasat nem tartalmaznak. A vastartalmú vizekből a vas, a levegővel való érintkezés után barna csapadék formájában kiválik. A szerves anyagok bomlásából származó ammónia előbb nitritté, majd nitráttá oxidálódik.

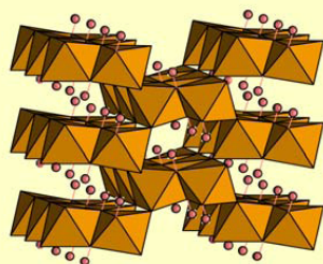


A nitrittartalomból tehát a közelmúltban, a nitráttartalomból pedig a régebben történt fertőzésre lehet következtetni. Jelentősek lehetnek a vizek különböző ipari eredetű szennyezései is. Jelen vannak oldott szerves anyagok is, amelyek megközelítő mennyiségét a KMnO_4 -fogyasztással szoktunk jellemezni. A talaj néha nagyobb mennyiségben tartalmaz vízoldható sókat. Az ilyen területeken átszivárgó víz sótartalma megnő. Így keletkeznek a gyógyhatású vizek is.

Hydroxide Mineral Structures

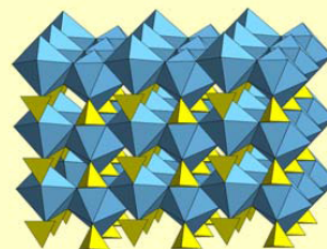


Brucite $Mg(OH)_2$

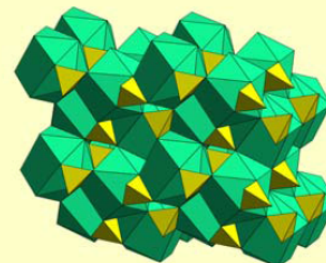


Goethite (α -FeOOH)

Sulfate Mineral Structures



Anhydrite ($CaSO_4$)
structure



Barite ($BaSO_4$)
structure

Hydroxide Minerals

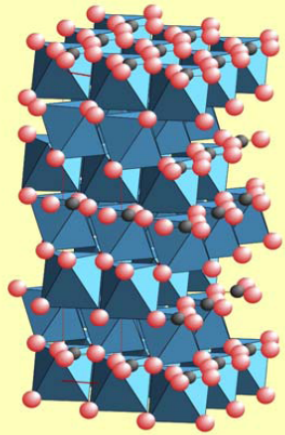
Mineral	Formula	Solubility Product	pK
magnesite	$Mg(OH)_2$	$[Mg][OH]^2$	11.16
portlandite	$Ca(OH)_2$	$[Ca][OH]^2$	5.23
ferrihydrite	$Fe(OH)_3$	$[Fe][OH]^3$	36
goethite	$FeOOH$	$[Fe][OH]^3$	36
	$Pb(OH)_2$	$[Pb][OH]^2$	15.6

Solubility will be a function of pH since $[OH^-] = K_w/[H^+]$.

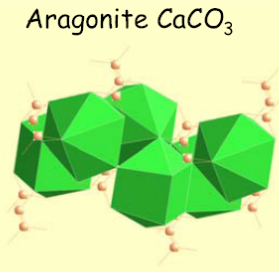
Sulfate Minerals

Mineral	Formula	Solubility Product	pK
anhydrite	$CaSO_4$	$[Ca][SO_4]$	4.2
barite	$BaSO_4$	$[Ba][SO_4]$	10
anglesite	$PbSO_4$	$[Pb][SO_4]$	7.7
celestite	$SrSO_4$	$[Sr][SO_4]$	6.55

Carbonate Mineral Structures



Calcite CaCO_3



Aragonite CaCO_3

Carbonate Minerals

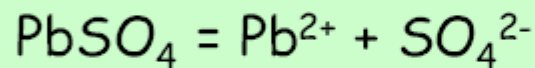
Mineral	Formula	Solubility Product	pK
magnesite	MgCO_3	$[\text{Mg}][\text{CO}_3]$	4.9
calcite	CaCO_3	$[\text{Ca}][\text{CO}_3]$	8.48
strontianite	SrCO_3	$[\text{Sr}][\text{CO}_3]$	9.27
witherite	BaCO_3	$[\text{Ba}][\text{CO}_3]$	8.56
cerrusite	PbCO_3	$[\text{Pb}][\text{CO}_3]$	12.8
otavite	CdCO_3	$[\text{Cd}][\text{CO}_3]$	8.32
rutherfordine	UO_2CO_3	$[\text{UO}_2][\text{CO}_3]$	14.4

Sulfide Minerals

Mineral	Formula	Solubility Product	pK
galena	PbS	$[\text{Pb}][\text{S}]$	27.1
cinnabar	HgS	$[\text{Hg}][\text{S}]$	
	CdS	$[\text{Cd}][\text{S}]$	28
realgar	AsS	$[\text{As}][\text{S}]$	
orpiment	As_2S_3	$[\text{As}]^2[\text{S}]^3$	
sphalerite	ZnS	$[\text{Zn}][\text{S}]$	23.3

Egyszerű oldhatóság számítása

Példa: Számítsa ki Pb oldhatóságát telített PbSO_4 oldatban. p érték PbSO_4 esetén 7,7. Az PbSO_4 oldódása



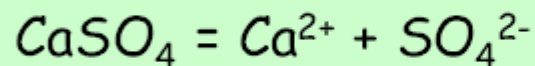
$K = [\text{Pb}][\text{SO}_4] = 2 \times 10^{-7}$. Ha nincs más komponens a töltésmérleg alapján

$$[\text{Pb}] = [\text{SO}_4] = x$$

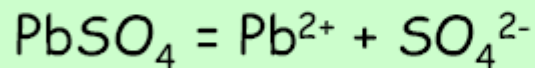
Így, $x^2 = K$ tehát $x = [\text{Pb}] = 1.4 \times 10^{-4} \text{mol/liter}$.

Közös ion hatása

Példa: Számítsa ki az Pb oldhatóságát telített CaSO_4 oldatban. Az PbSO_4 pK értéke 7,7 a CaSO_4 pK értéke 4,2. Két egyensúly áll fenn:



$$K_1 = [\text{Ca}][\text{SO}_4] = 6.3 \times 10^{-5}, \text{ és}$$



$$K_2 = [\text{Pb}][\text{SO}_4] = 2 \times 10^{-7}. \text{ A töltésmérleg alapján}$$

$$[\text{Ca}] + [\text{Pb}] = [\text{SO}_4]$$

Közös ion hatása

Mivel a CaSO_4 sokkal jobban oldódik az PbSO_4 -nál. $[\text{Ca}] \gg [\text{Pb}]$ vagy $[\text{Ca}] + [\text{Pb}] = [\text{Ca}]$. Így

$$[\text{Ca}] = [\text{SO}_4] = x$$

Mivel

$$K_1 = [\text{Ca}][\text{SO}_4] = 6.3 \times 10^{-5}$$

$$[\text{SO}_4] = 7.9 \times 10^{-3}$$

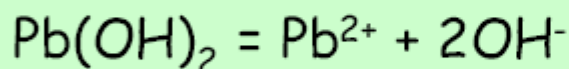
$$\text{Így } K_2 = [\text{Pb}][\text{SO}_4] = 2 \times 10^{-7}$$

$$[\text{Pb}](7.9 \times 10^{-3}) = 2 \times 10^{-7}$$

Oldhatóság és pH

A hidroxidok, szulfidok és karbonátok erős bázisok és oldhatóságuk függ a pH-tól.

Mekkora az oldhatósága az $\text{Pb}(\text{OH})_2$ -nak $\text{pH} = 2$ és 7 értéken?



$$K = [\text{Pb}][\text{OH}]^2 = 2.5 \times 10^{-16}$$

(i) $\text{pH} = 2$, $[\text{OH}] = K_w / (10^{-2}) = 10^{-12}$ és

$$\begin{aligned} [\text{Pb}] &= (2.5 \times 10^{-16}) / (10^{-12})^2 \\ &= 2.5 \times 10^8 \text{ mol/liter} \end{aligned}$$

(azaz teljesen oldódik)

Oldhatóság és pH (folyt.)

(ii) $\text{pH} = 7$, $[\text{OH}] = K_w / (10^{-7}) = 10^{-7}$ és

$$[\text{Pb}] = (2.5 \times 10^{-16}) / (10^{-7})^2$$

$$= 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/liter}$$

(kevésbé oldódik, kb. 5200 ppm).

(iii) $\text{pH} = 9$, $[\text{OH}] = K_w / (10^{-9}) = 10^{-5}$ és

$$[\text{Pb}] = (2.5 \times 10^{-16}) / (10^{-5})^2$$

$$= 2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/liter}$$

(nagyon kicsit oldódik, kb. 5 ppm).

A vízben oldott sók megváltoztatják a víz pH-ját hidrolízis következtében. Például:



A vizek lúgossága (vagy savassága) sav-, vagy lúgadalással semlegesíthető. Egy vízminta lúgossága meghatározható ha adott térfogatú vízmintához (100 ml) indikátor mellett semlegesítés céljából annyi 0,1 mól/l koncentrációjú sósavat adagolunk, hogy az indikátor vegyület színt váltson. A titrálás (semlegesítés) végpontját jelző indikátor speciális szerves vegyület, mely a színét adott pH értéken megváltoztatja. A vizek lúgosságának meghatározásához kétféle indikátor használatos:

fenolftalein (phenolphthalein **p**-lúgosság), ez az indikátor pH=8,3 értéknél váltja a színét, ezen pH eléréséig az adagolt savval semlegesítettük az összes esetleg jelenlévő hidroxidot (OH^-) és az esetleg jelenlévő karbonát ionok felét ($\text{CO}_3^{2-}/2$), és a **metil-oranzs** (methyl orange **m**-lúgosság), ez az indikátor pH=3,9 értéknél váltja a színét, ezen pH eléréséig az adagolt savval semlegesítjük az esetleg jelenlévő összes hidroxid (OH^-), karbonát (CO_3^{2-}) és hidrogén-karbonát (bikarbonát, HCO_3^-) iont. A titrálás végeredménye a fogyott sav millilitereinek száma az ún p-szám (p), és/vagy m-szám (m). Így:

$$p = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2}[\text{CO}_3^{2-}] \quad (\text{meq/dm}^3)$$

és

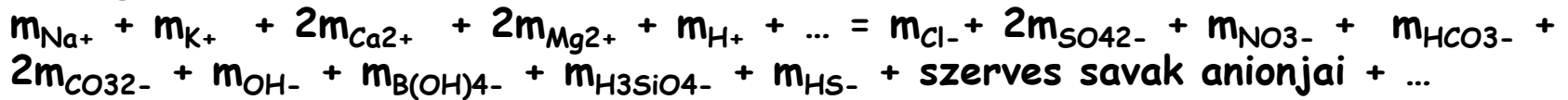
$$m = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad (\text{meq/dm}^3)$$

A mért p és m számok függvényében a vízben lúgosságot okozó komponensek mennyisége (OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^-) meghatározható (lásd táblázat).

A kazántápvíz lúgosságából levonható következtetések

Főcsoportok	$p \times 2.8 = P$ $m \times 2.8 = M$	$\text{CaCO}_3 +$ MgCO_3	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 +$ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	KK	NKK	NaHCO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Na_2CO_3	NaOH
	nk°	nk°	nk°	nk°	nk°	nk°	nk°	nk°	nk°
I. $p = 0$ $m > 0$	1. $\ddot{\text{O}}\text{K} = 0$ 2. $M \leq \ddot{\text{O}}\text{K}$ 3. $M > \ddot{\text{O}}\text{K}$		M	M	$\ddot{\text{O}}\text{K} - M$	M M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$			
II. $p = m$	1. $\ddot{\text{O}}\text{K} = 0$ 2. $M \leq \ddot{\text{O}}\text{K}$ 3. $M > \ddot{\text{O}}\text{K}$				$\ddot{\text{O}}\text{K} - M$		P $\ddot{\text{O}}\text{K}$		P M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$
III. $2p = m$	1. $\ddot{\text{O}}\text{K} = 0$ 2. $M \leq \ddot{\text{O}}\text{K}$ 3. $M > \ddot{\text{O}}\text{K}$	M $\ddot{\text{O}}\text{K}$			$\ddot{\text{O}}\text{K} - M$			2P M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$	
IV. $2p > m$	1. $\ddot{\text{O}}\text{K} = 0$ 2. $M \leq \ddot{\text{O}}\text{K}$ 3. $M > \ddot{\text{O}}\text{K}$ a) $2(M - P) < \ddot{\text{O}}\text{K}$ b) $2(M - P) = \ddot{\text{O}}\text{K}$ c) $2(M - P) > \ddot{\text{O}}\text{K}$	$2(M - P)$ $2(M - P)$ $2(M - P)$ $\ddot{\text{O}}\text{K}$		$2(M - P)$ $2(M - P)$ $2(M - P)$ $\ddot{\text{O}}\text{K}$	$\ddot{\text{O}}\text{K} - M$		$2P - M$ $\ddot{\text{O}}\text{K} - 2(M - P)$	$2(M - P)$ $2(M - P) - \ddot{\text{O}}\text{K}$	$P2 - M$ M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$ M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$ $2P - M$
V. $2p < m$	1. $\ddot{\text{O}}\text{K} = 0$ 2. $M \leq \ddot{\text{O}}\text{K}$ 3. $M > \ddot{\text{O}}\text{K}$ a) $2P > \ddot{\text{O}}\text{K}$ b) $2P = \ddot{\text{O}}\text{K}$ c) $2P < \ddot{\text{O}}\text{K}$	2P 2P 2P $\ddot{\text{O}}\text{K}$	M - 2P $\ddot{\text{O}}\text{K} - 2P$	M $\ddot{\text{O}}\text{K}$ 2P $\ddot{\text{O}}\text{K}$	$\ddot{\text{O}}\text{K} - M$	M - 2P M - $\ddot{\text{O}}\text{K}$ M - 2P M - 2P		2P 2P - $\ddot{\text{O}}\text{K}$	
Átszámítási szorzótényezők nk° -ról mg/l -re						30,0	13,2	18,9	14,3

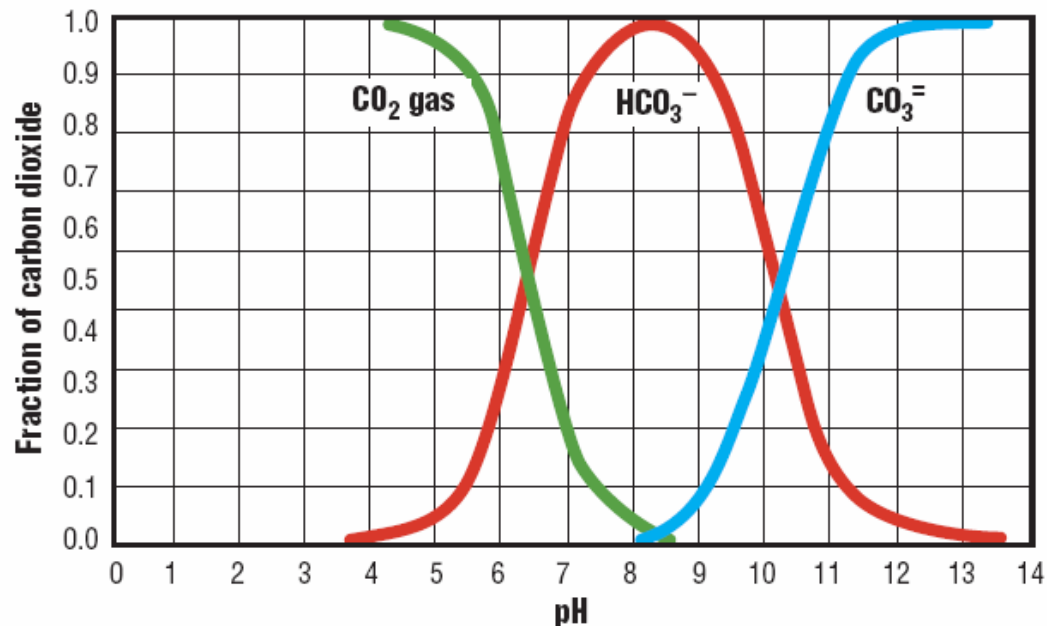
A vízben lévő ionok koncentrációit molális koncentrációban (m) kifejezve a töltés mérleg:



Egyes ionok koncentrációja nem függ a nyomástól, hőmérséklettől és a pH-tól, ezért konzervatív ionoknak is nevezzük őket (pl. Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+). A konzervatív kationok és anionok különbségét össz-lúgosságnak nevezzük:



Általában a karbonát lúgosság ~ össz-lúgosság.



phenolphthalein



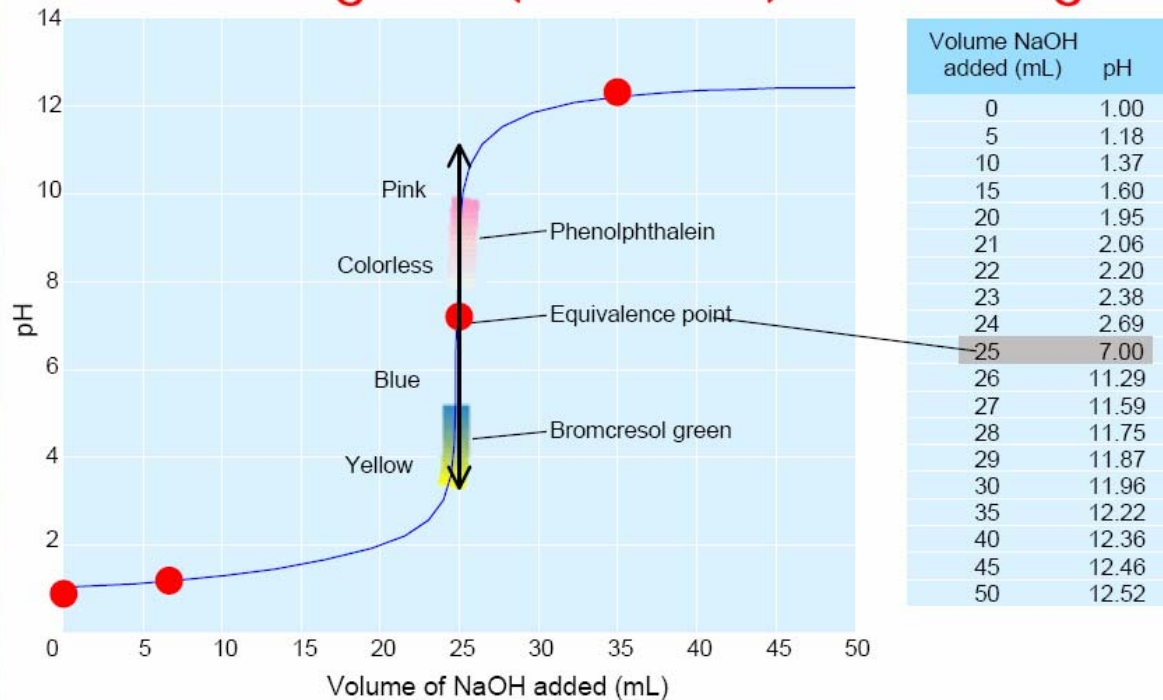
Indicator name	pH range for color change	
	0	2 4 6 8 10 12
Methyl violet	yellow	violet
Thymol blue (acidic range)	red	yellow
Bromphenol blue	yellow	blue
Methyl orange	red	yellow
Bromcresol green	yellow	blue
Methyl red	red	yellow
Bromthymol blue	yellow	blue
Thymol blue (basic range)	yellow	blue
Phenolphthalein	colorless	pink
Alizarin yellow R	yellow	red

methyl red



Sav-bázis titrálás

Titration of strong acid (0.1 M HCl) with strong base



Characteristics:

1. Low initial pH
2. Flat initial part
3. Neutral equivalence point!!!
4. Large pH change at equivalence point
5. Flat final part

A VÍZ ELEKTROMOS VEZETÉSE

A tiszta víz elektromos vezetése

A tiszta vízben, mint másodfajú vezetőben az elektromosságot az elektromos erőtér hatására elmozduló ionok vezetik. Az Ohm-törvény az elektrolitokra is érvényes: az ellenállás (R) lineárisan nő a vezető hosszával (l), és fordítva arányos keresztmetszetével (A):

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

ahol ρ arányossági tényező az 1 cm hosszú és 1 cm² keresztmetszetű vezető fajlagos ellenállása:

$$\rho = R \frac{q}{l} \left[\frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} \right]$$

A fajlagos ellenállás reciprokát fajlagos vezetésnek, vagy konduktivitásnak nevezik:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \left[\Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \right] \text{ ill. } \left[\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \right]$$

A fajlagos vezetés ellenállásméréssel határozható meg. Az elektrolitoldatok vezetőképességét a fajlagos vezetés helyett a moláris fajlagos vezetéssel szokás megadni. Ennek definíciója:

$$\lambda \equiv 10^3 \frac{\kappa}{c} \left[\text{S cm}^2 \text{ mol} \right] \quad (2.10)$$

ahol c az oldatban levő összes elektrolit koncentrációja, $c = \sum c_i$.

Néhány jellemző ion moláris fajlagos vezetésére vonatkozó adatokat tartalmaz a következő táblázat.

Ionok	λ_i [$S\ cm^2\ mól^{-1}$]			
	t=25 °C		t=18 °C	
	C→0	C→0	c = 0,01	c = 0,1
H ⁺	349,8	315	307	294
Li ⁺	38,7	33,4	30,8	25,7
Na ⁺	50,1	43,5	40,5	36,4
K ⁺	73,5	64,6	60,7	55,1
NH ₄ ⁺	79,0	68,0	63,7	58,0
1/2 Ca ²⁺	59,5	51,0	42,0	32,0
1/2 Mg ²⁺	53,0	46,0	36,0	26,0
1/2 Fe ²⁺	-	45,0	-	-
1/3 Fe ³⁺	68,0	61,0	-	-
OH ⁻	189,0	174,0	167,0	157,0
Cl ⁻	76,3	65,5	61,5	55,8
NO ₃ ⁻	71,4	61,7	57,6	51,8
1/2 SO ₄ ²⁻	79,8	68,3	-	-
HCO ₃ ⁻	44,5	-	-	-
1/2 CO ₃ ²⁻	70,0	-	-	-

oldat	Fajlagos vezetőképesség
Abszolút tiszta víz	0.055 $\mu S/cm$
Erőművi kazánvíz	1.0 $\mu S/cm$
Jó városi víz	50 $\mu S/cm$
Óceán vize	53 mS/cm

A víz minőségének vizsgálata

A mintavétel fontossága (homogenitás, tárolás)

Minősítés: fizikai, kémiai és biológiai (céltól függ)

- zavarosság (szárazmaradék)
- pH (lúgosság, savasság)
- oxigén-fogyasztás (BOI, KOI)
- szénsav (keménység)
- kation és anion-analízis (ásvány-, gyógyvizek)
- szervesanyag-tartalom (GC, MS, IR, ...)
- radioaktivitás (Rn, I)
- fertőzöttség (baktériumok, gombák, ...)



A jó ivóvíz

- az élő szervezet számára nélkülözhetetlen, korlátozás nélkül fogyasztható folyadék, amely
- nem tartalmaz olyan mikroorganizmusokat és kémiai anyagokat, amelyek jelenléte a fogyasztók egészségét károsítja,
- tartalmaznia kell azonban azokat az ásványi anyagokat, amelyekre a szervezetnek szüksége van (kalcium, magnézium) és amelyek felvétele-lében a víz szerepe meghatározó.

A magyar lakosság 97-98%-ban vezetékess, jó vizet fogyaszt! (Kivételek a tanyák, pici falvak.)

a) Fizikai minősítés

A megfelelő ivóvíz átlátszó, színtelen, szagtalan, üdítő ízű és kívánatos hőmérsékletű folyadék.

A magas vas- és mangántartalom zavarosodást okoz, ez főleg esztétikai, kevésbé egészségügyi probléma (a vízvezeték okozhatja).

A vízkeménység is okozhat hasonló kellemetlenséget (mosdáskor, mosáskor).

b) Kémiai minősítés :

- Kritikus elemek: **As, Hg, Cd, Pb, Cr, B, F, NO₂⁻**
- Vizsgálják: NH₃, Ca, Mg, Fe, Na, K, OH⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, PO₄³⁻, Mn, O₂, NH₄⁺, SO₄²⁻
- Továbbá: pH, KOI, összes keménység, pH, klór-igény, fajl. elektr. vez. kép.,

c) Bakteriológiai vizsgálat:

pseudomonas aerug., fekális streptococcus, coliform sz., termotoleráns coliform, escherichia coli, clostridiumok, stb.

d) Mikrobiológiai minősítés

Mikroszkópos biológiai vizsgálat

A debreceni hálózatba kerülő víz mikrobiológiai szempontból megfelelő minőségű, ellenőrzését az év minden napján folyamatosan végzik.

Minél tovább tartózkodik a víz a hálózatban, annál nagyobb eséllyel fordul elő, hogy a cső falán elszaporodnak egyes mikroorganizmusok. Ezt a folyamatot gyorsítja, ha a víz hőmérséklete meghaladja a 20 °C-ot.

A felszíni vizek minősége

• Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés: MSZ 12749:1993 szabvány szerint.

• Vízminőségi jellemzők:

A csoport:	oxigénháztartás jellemzői
B csoport:	a nitrogén és foszforháztartás jellemzői
C csoport:	mikrobiológiai jellemzők
D csoport:	mikroszennyezők és toxicitás
D1 alcsoport:	szervetlen mikroszennyezők
D2 alcsoport:	szerves mikroszennyezők
D3 alcsoport:	toxicitás
D4 alcsoport:	radioaktív anyagok
E csoport:	egyéb jellemzők

Magyarországon a felszíni vizek minősítése a Magyar Szabvány alapján történik (Msz-12744). A szabvány szerinti osztályokat a következő táblázat mutatja.

A **biológiai vízminősítést** 4 tulajdonság alapján végzik.

Halobitás: A **szervetlen kémiai** tulajdonságok összessége (só-, ionösszetétel.)

Trofitás: A vízben végbemenő **elsődleges szerves anyag termelés** mértéke. Alapja a fotoszintézis. Az **algaszám** és a **klorofil koncentráció** alapján határozzák meg.

Szaprobítás: A vízben élő szervezetek **szervesanyag lebontó** képességének mértéke. A **KOI** alapján minősítik.

Toxicitás: A vízbe jutó vagy a vízben keletkező **mérgező anyagok** mennyiségét adja meg. Azzal a **higítással** jellemzik, ahol a **teszt élőlények** fele életben marad.

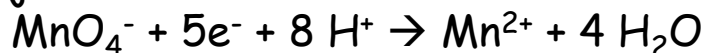
Mind a négy jellemzőre **0-9** fokozatot állapítottak meg, így a biológiai vízminőség **1 db négyjegyű számmal** megadható.

A vizekben és különösen a szennyvizekben a szerves vegyületek széles spektruma fordulhat elő. Mivel ezeket külön-külön meghatározni nehéz, ezért szükséges ezek együttes meghatározása.

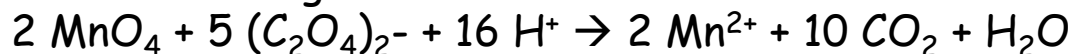
Az egyik lehetőség az **összes szerves szén** (total organic carbon; TOC) meghatározása. A meghatározás lényege, hogy a szerves szenet oxigénnel és hőközléssel, ultraibolya sugarakkal kémiai oxidáló szerekkel vagy ezek variációival széndioxidá oxidálják. A széndioxid mennyiségét különböző elveken működő analizátorokkal mérik, és az eredményt szénre vonatkoztatják.

Az **indirekt módszerek** a szerves vegyületek oxidálhatóságán alapulnak. Ezeknél a módszereknél az oxidációhoz szükséges oxigén mennyiségét határozzák meg, és ezzel fejezik ki a vízben lévő szerves szennyező anyag mennyiségét.

Ilyen indirekt módszer a **kémiai oxigén igény** (KOI), angolul chemical oxygen demand (COD), amely azon oxigén mennyiségét fejezi ki, amely szükséges az egységnyi térfogatú vízben levő szerves anyag oxidációjához, oxidálószer alkalmazásával ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Ivóvíz és tiszta felszíni vizek esetében Kubel módszerét alkalmazzák, melynek lényege, hogy az oxidációt forrásban lévő kálium-permanganát oldattal végzik, kénsav jelenlétében. A Mn^{7+} ion Mn^{2+} -né redukálódik a következők szerint:

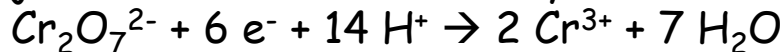


A KMnO_4 fogyást a visszamaradó KMnO_4 oxálsavval történő visszatitrálással határozzák meg:

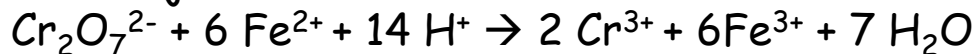


Az eredményt $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ oxigén-ben adják meg, Kubel módszer szerinti permanganátos kémiai oxigén igény KOI_{ps} értékét.

Valamennyi víz típus (ivó, szennyvíz, stb.) esetében alkalmazható a szerves szennyezők oxidálására a káliumdikromat ($K_2Cr_2O_7$), kénsav jelenlétében. A következő reakció játszódik le az oxidáció folyamán:



A maradék $K_2Cr_2O_7$ visszatitrálására ferro sókat használnak egy redox indikátor ferroit jelenlétében:



A reakció katalizálására Ag^+ ionokat alkalmazunk. Az eredményt (KOI_d) ugyancsak $mg \cdot l^{-1}$ oxigénben adjuk meg.

A két oxidáló szer közül a káliumdikromat az erélyesebb, még nyílt szénláncú szénhidrogénekkal szemben is. Bár az oxidáció a káliumdikromattal sem teljes, de ezzel a módszerrel jobban meg lehet közelíteni az elméleti oxigénfogyasztás mértékét.

A könnyen oxidálható anyagok esetén elméletileg a két KOI érték azonos, a nehezen oxidálható anyagok esetében a KOI_d értéke nagyobb.

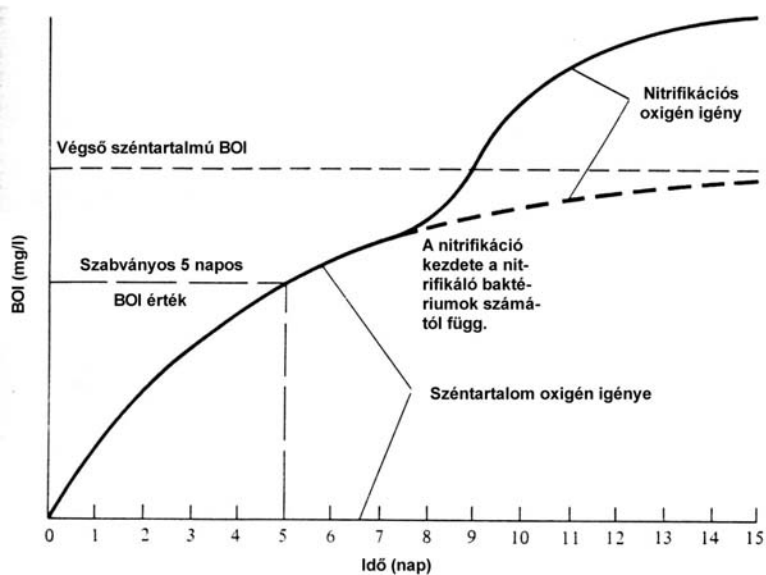
A két KOI hányadosa tájékoztatást ad a vízben levő szerves anyagok viselkedésére.

Minél kisebb a KOI_{ps}/KOI_d hányados, annál több nehezen oxidálható anyag van a vízben.

A **biokémiai oxigén** a vízben lévő szerves anyagot mikroorganizmusok által történő biokémiai oxidálódásához szükséges oldott molekuláris oxigén mennyiségét adja meg egy meghatározott időintervallumra vonatkozóan (rendszerint 5 nap). Értékét (BOI_5) $mg \cdot l^{-1}$ mértékegységben adjuk meg.

A **teljes biokémiai oxigénigény** (TBOI) a vízben lévő szerves anyagok teljes biokémiai lebontáshoz szükséges oxigén mennyisége.

Az **elméleti oxigénigény** (EOI) széndioxid és vízíg történő teljes oxidáláshoz elméletileg szükséges oxigénigény.



A biokémiai oxigénigény az aerob mikroszervezetek által a vízben lévő szerves anyagok oxidációjához szükséges oxigénmennyiség a következő séma szerint:

oldott O_2 + szerves anyag \rightarrow baktérium és protozóa \rightarrow CO_2 + biológiai növekedés

Amennyiben megfelelő számú nitrifikáló baktérium áll rendelkezésre a vízmintában a másodlagos oxigénigény az ammónia nitrifikálásához szükséges a következők szerint:

oldott O_2 + H_3N \rightarrow nitrifikáló baktérium \rightarrow NO_3^- + baktérium növekedés

A folyamathoz állandó hőmérsékletet (20 °C) kell biztosítani, azért a vizsgálathoz szükséges mintákat megfelelő előkészítés után, termosztátba kell helyezni, tekintettel arra, hogy a BOI a hőmérséklettől is függ.

Dr. Pátzay György

I.osztály kiváló víz	Mesterséges szennyező anyagtól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldottanyag-tartalma kevés, közel teljes az oxigéntelítettség, a tápanyagterhelés csekély, és szennyvízbaktérium gyakorlatilag nincs.
II.osztály jó víz	külső szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt, mezotróf jellegű víz.A vízben oldott és lebegő, szeves és szerves anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos változása az életfeltételeket nem rontja.A vízi szervezetek fajtagazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi, beleértve a mikroorganizmusokat is.A víz természetes szagú és színű, szennyvízbaktérium kevés.
III.osztály tűrhető víz	Mérsékelten szennyezett (pl.:tisztított szennyvizekkel már terhelt) víz, amelyben biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizálódást eredményezhet.Szennyvízbaktériumok közvetlenül kimutathatók.Az oxigénháztartás jellemzőinek évszakos és napszakos ingadozása, az esetenként előforduló káros vegyületek átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremtenek. Az életközösségben a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszennyeződést is
IV.osztály szennyezett víz	Külső eredetű szerves és szerves anyagokkal illetve szennyvízzel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul az anaerob állapot is.A nagy mennyiségű szerves anyag biológiai lebontása, a baktériumok nagy száma (ezen belül a szennyvízbaktériumok uralkodóvá válnak), valamint az egysejtűek tömeges előfordulása jellemző. A víz zavaros, esetenként színe változó, előfordulhat vízvirágzás is. A biológiailag káros anyagok koncentrációja, esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti. Ez a vízminőség kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és soksejtű állatokra.
V.osztály erősen szennyezett víz	Különböző eredetű szerves és szerves anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelíti a nyers szennyvizekéhez. Biológiailag káros anyagok és az oxigénhiány korlátozzák az életfeltételeket. A víz átlátszósága általában kicsi, zavaros, büzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára krónikus esetenként, akut toxikus szintet jelent.

Az öt osztályos besorolás (példa)

	I. kiváló	II. jó	III. tűrhető	IV. szennyezett	V. erősen szennyezett
Oldott oxigén (mg/l)	7	6	4	3	<3
Oxigéntelítettség (%)	80-100	70-80 100-120	50-70 120-150	20-50 150-200	<20 >200
KOI _{ps} (mg/l)	5	8	15	20	>20
Ammónium (mg/l)	0,2	0,5	1	2	>2
Nitrit (mg/l)	0,01	0,03	0,1	0,3	>0,3
Nitrát (mg/l)	1	5	10	25	>25
Összes Foszfor (mg/l)	0,04	0,1	0,2	0,5	>0,5
Ortofoszfát (mg/l)	0,02	0,05	0,1	0,25	>0,25
pH	6,5-8,0	8,0-8,5	6,0-6,5 8,5-9	5,5-6,0 9,0-9,5	<5,5 >9,5
Fajlagos vezetés (20°C-on, μS/cm)	500	700	1000	2000	>2000
Vas (mg/l)	0,1	0,2	0,5	1	>1
Mangán (mg/l)	0,05	0,1	0,1	0,5	>0,5

Vízminőségi osztályok

I. osztály	Kiváló víz	Kék
II. osztály	Jó víz	Zöld
III. osztály	Tűrhető víz	Sárga
IV. osztály	Szennyezett víz	Piros
V. osztály	Erősen szennyezett víz	Fekete

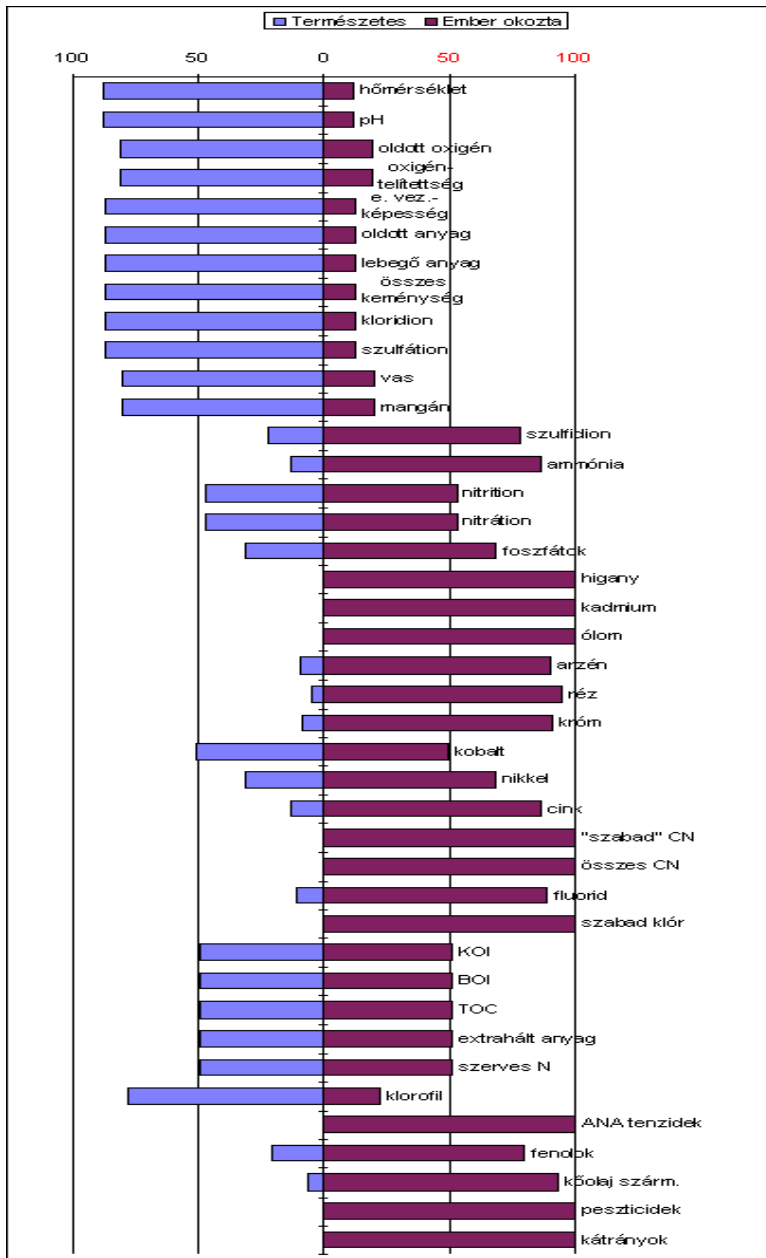
A víz tisztítása

A vizet - rendszerint - kétszer tisztítjuk:

- felhasználás előtt
- felhasználás után

Felhasználás előtti tisztítás: a céltól függ

- Kommunális (vezetékes) víz fizikai, kémiai, biológiai szempontok szerint
- Az ipar, mezőgazdaság igényei egyszerűbbek (hűtővíz, erőművi víz öntözés), de néha különleges minőségi igények vannak (pl. gyógyszer-, fotokémiai ipar, stb.).
- Vannak tiszta természetes vizek is.



A víz szennyezések természetes és emberi forrásai és mértékük

SZENNYEZŐ ANYAGOK FIZIKOKÉMIAI JELLEMZŐI

A szennyezés típusa	Jellemző tulajdonság	Hatás a környezetre
Fizikai	Hőmérséklet Lebegő anyag tartalom	Hőhatás Mechanikai változás
Vegyi		
1. Szervetlen anyagok		
<ul style="list-style-type: none"> • ásványi sók - tápanyagok 	klorofil pH oldott oxigén	Tényleges eutrofizáció
<ul style="list-style-type: none"> - egyéb • fémek 	nitrogén-oxidok (NO ₂ , NO ₃) foszfát vezetőképesség Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr, Zn ...	Lehetséges eutrofizáció
		Sótartalom Toxicitás
2. Szerves szintetikus vegyületek	Oldott oxigén Inhibáló molekulák Szerves halogén vegyületek Összes szerves Minden iparág speciális szennyezést bocsát ki.	Toxicitás
Dr. Pátzay György		

SZENNYEZŐ ANYAGOK FIZIKOKÉMIAI JELLEMZŐI

A szennyezés típusa	Jellemző tulajdonság	Hatás a környezetre
Biológiai		
1. Szerves fermentáló anyagok	Oldott oxigén Összes szerves szén Összes nitrogén (Kjeldal módszerrel)	Szerves túlterhelés Öntisztuló képesség telítettsége
2. Mikroorganizmusok	Patogén mikroorganizmusok A szennyezettség jelzése Coli-baktériumok Streptococcus a fekáliában Bakteriofágok	Betegség

- 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.
- A vízcsőhálózatból kikerülő ivóvíznek esztétikai szempontból is kifogástalannak kell lennie, színtelen, szagtalan, friss és jóízű legyen.
- Az ivóvíz lehetőleg ne okozzon korróziót, csapadékképződést.
- A vízszolgáltató feladata, hogy mindenkor megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz álljon rendelkezésre kellő hálózati nyomáson.

- **Általános érvényű, hatályos nemzetközi előírás az ivóvíz minőségére nincs.**
 - Az országos szabványok a mérgező anyagokra és az egészségre közvetlenül káros anyagokra nézve általában követik a WHO ajánlásait.
 - Az Európai Gazdasági Közösség (EEC) 80/778/EWG ivóvízminősítési szabályzata direktívája 1985 óta kötelező lenne a tagországokra.
 - Magyarországon az ivóvíz minőségét az MSZ450/1-78 számú szabvány rögzíti.
- **Adott komponens határértékét a kockázatbecslés alapelvei szerint állapítják meg.**
 - Toxikus anyagok esetén a toxikológiai adatbázis a napi megengedhető dózisértéket veszi alapul [anyag tömege, mg vagy mg mennyiségben 1kg testtömegre vonatkoztatva, amely naponta a szervezetbe jutva még semmilyen káros hatást nem fejt ki]. Ez az érték sok esetben csak állatkísérletek adatai alapján becsülhető, ezért a napi megengedhető dózist egy 70kg-os átlagos testtömegű emberre vonatkoztatva, több nagyságrenddel csökkentve ún. biztonsági tényezők figyelembevételével állapítják meg.
 - Karcinogén, mutagén és teratogén anyagok esetén a megengedhető napi dózis megállapításakor olyan anyagmennyiséget vesznek figyelembe, amely mellett a kóros elváltozás kockázata 10^{-5} (10 mikrorizikó) nagyságrendű.

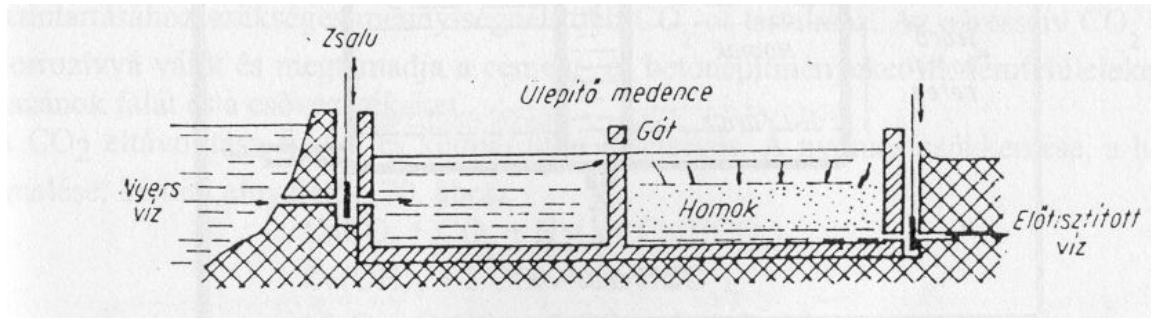
Vízelőkészítés

A felhasználási céltól függően más és más követelményeket kell kielégíteni. A kívánt minőségű víz előállítására fizikai és kémiai műveletek sorozata szolgál. Természetesen nem minden víz megy keresztül minden műveleten, hanem az előkészítés csak a szükséges lépésekre korlátozódik.

A víz lebegőanyag-tartalmának eltávolítása

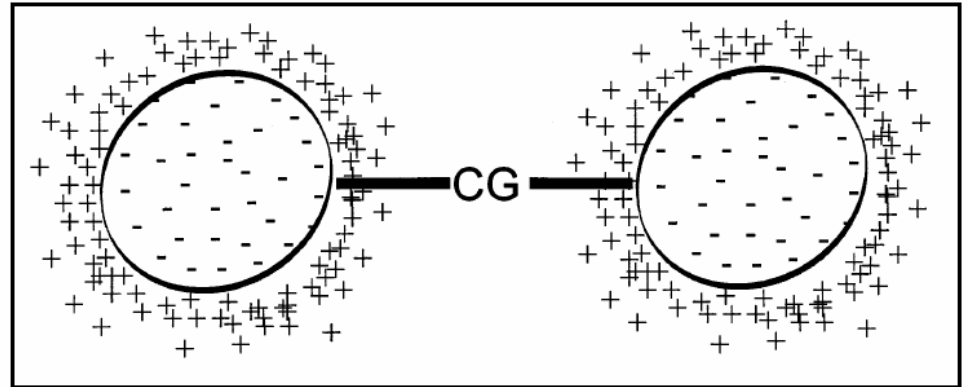
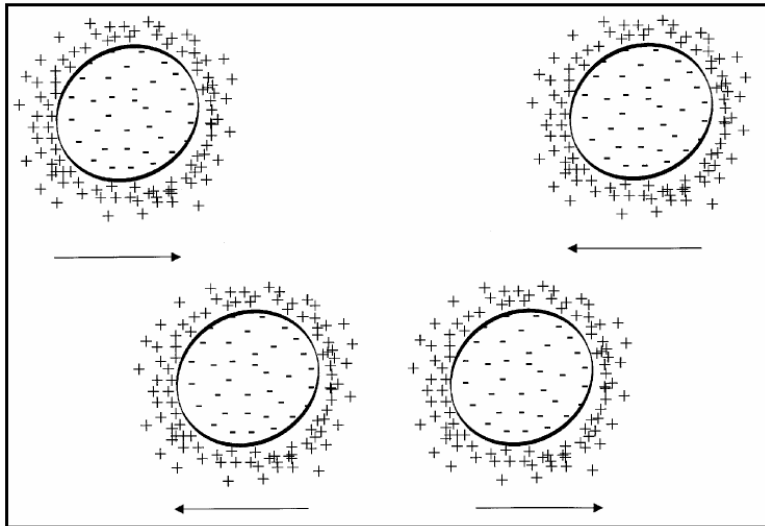
A víz zavarosságát okozó szuszpendált szilárd anyagok eltávolítása ülepitéssel, derítéssel, szűréssel történik.

Ülepítés célja: a víznél nagyobb sűrűségű lebegő szennyezések (homok, iszap) eltávolítása. Ülepítésre nagy befogadóképességű, szakaszosan vagy folyamatosan üzemelő medencéket használnak).



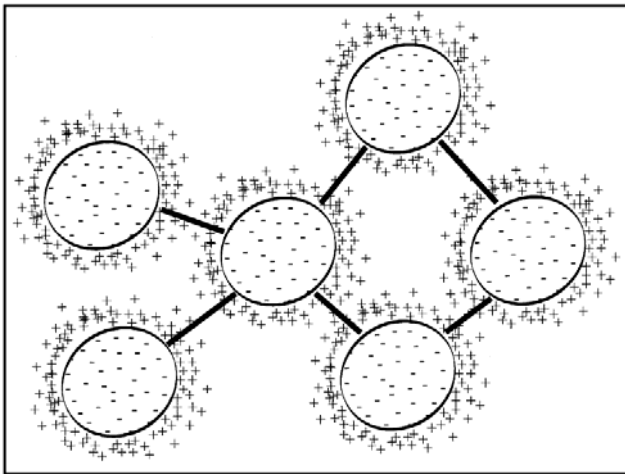
Ülepítés

Derítés során az apró, nem ülepedő ill. kolloid lebegő szennyezéseket távolítják el. A vízben vegyszerek hozzáadásával jól ülepedő csapadékot hoznak létre.



A CG koagulálószer híd képeznek a részecskék között

A kis lebegő anyagok oldatban maradnak, mert negatív felületi töltésük taszítja őket



Az aggregálódó részecskék flokkulátumot képeznek és kiülepednek

A kolloid méretű részecskék aggregálására általában alkalmas a koaguláló-flokkuláló eljárás. A stabilizáló erők csökkentését ez az eljárás vegyszeradagolással valósítja meg. A vegyszeradagolással létrehozott mikro- és makropehely képződést és az ezt követő fázisválasztást (leggyakrabban ülepitést) együttesen derítésnek nevezik.

Koaguláció: a vízkezelés során a kolloid részecskék destabilizálását jelenti, amely a részecskék közötti taszítóerő csökkenésének ill. megszűnésének hatására következik be. A részecskék destabilizálása megvalósítható:

- töltésemlegesítéssel pl. elektrolitokkal,
- speciálisan szorbeálódó vegyületekkel.

Flokkuláció: pehelyképződés; a destabilizált (koagulált) részecskék további egyesülése. A felszíni vizek tisztításakor a töltés semlegesítésére elsősorban Al^{3+} és Fe^{3+} vegyületeket használnak. A háromértékű fémsók alkalmazásának előnye hidrolizáló sajátágaikban is rejlik. E fémsókból vízbe adagolásukat követően pozitív töltésű közbenső termékek (polihidroxid vegyületek) képződnek. Ezek semlegesítik a kolloidok negatív töltését. A hidrolízis további szakaszában az átmeneti vegyületek fokozatosan elvesztik töltésüket és a kolloidokat szorbeálva rosszul oldódó hidroxid pelyheket alkotnak. A hidrolízist a víz változó keménysége teszi teljessé a következő bruttó folyamat



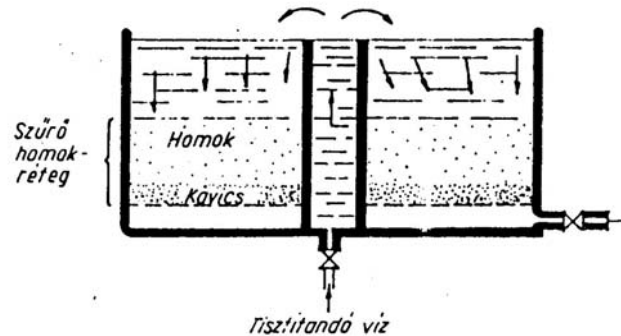
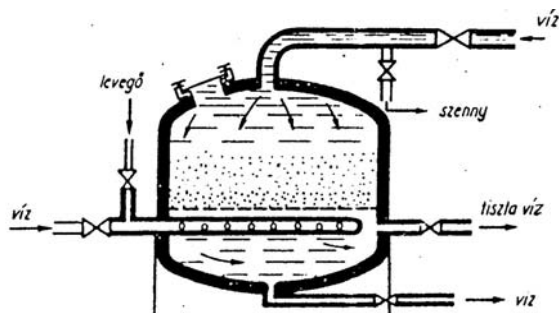
A felszíni vizek lebegőanyag-tartalmának eltávolítására a gyakorlatban hidrolizáló fémsót és vízoldható polimert együttesen alkalmazó derítőeljárások is elterjedtek.

Hidrolizáló fémsóként alumínium-szulfát, polimerként anionos polielektrolit (pl. részben hidrolizált poliakrilamid) használata gyakori. Ez esetben a kolloid felületi töltését az adagolt alumíniumsó nemcsak semlegesíti, hanem meg is változtatja. Az így kialakult pozitív töltésű felületekhez kötődnek az anionos polimer funkció csoportjai. A vegyszereket a gyors és homogén elosztatás biztosítása céljából oldat formájában adagolják a derítendő vízhez. Az alkalmazott vegyszeradag a vízminőségtől függően változik, általában $5-150 \text{ mg Al}_2(\text{SO}_4)_3 / \text{dm}^3$ víz ill. $0,1-0,5 \text{ mg}$ polimer $/\text{dm}^3$ víz nagyságrendű.

A vízdoldható polimerek adagolásakor kialakuló pelyhek ún. hídképződéssel jönnek létre. A folyamat első lépése a polimerek szorpciója a szilárd részecskék felületén, mikropelyhek képződése. Ezt követi a mikropelyhek nagyméretű, jól ülepedő pelyhekké való összekapcsolódása. A makroméretű pehelyképződést a polimer szerkezete teszi lehetővé. A kolloid felületen a polimermolekula egy része szorbeálódik, a többi rész szabadon mozog az oldatban és újabb részecskékhez képes kötődni. Így a polimer mintegy hidat képezve a pehelyegységek között a mikropelyhek hálósodását, összekapcsolódását eredményezi. A képződött makropehely a fémhidroxid pelyheknél jóval nagyobb méretű, tömörebb szerkezetű, így hatékonyabb szilárd-folyadék elválasztást tesz lehetővé. A felhasznált polimer lehet lineáris vagy elágazó láncmolekula, szintetikus vagy természetes eredetű, szervetlen vagy szerves nagy molekulatömegű vegyület, disszociációra képes csoportjai szerint kationos, anionos vagy nemionos jellegű. A kationos polielektrolitok a vizek kolloid részecskéinek töltésemlegesítésére közvetlenül is alkalmasak, a nemionosak hidrogénhidakkal, az anionosak a diffúzió kettősréteg ellentétes töltésű ionjaival létesítenek szorpció kapcsolatot. A kationos polielektrolitok alkalmazása gazdasági okok miatt a vízderítésben általában nem, csupán a szennyvíziszap kezelésében terjedt el a gyakorlatban.

A derítést a létrehozott és megkötött iszap eltávolítása céljából minden esetben ülepítés és szűrés követi. Alimínium-szulfát $\text{pH} \sim 5-7$; vas(II)-szulfát $\text{pH} \sim 9,5$; klórozott vas(II)-szulfát $\text{pH} \sim 4,0-6,5$; vas(III)-klorid $\text{pH} \sim 4-6,5$ és $9,5$; vas(III)-szulfát $\text{pH} \sim 4-10,0$

Szűrés során az ülepítés vagy derítés után még a vízben maradó, vagy a kevésbé szennyezett vizekben eredetileg található lebegő szennyezések teljes eltávolítása történik.



Szűrés (zárt rendszerű)

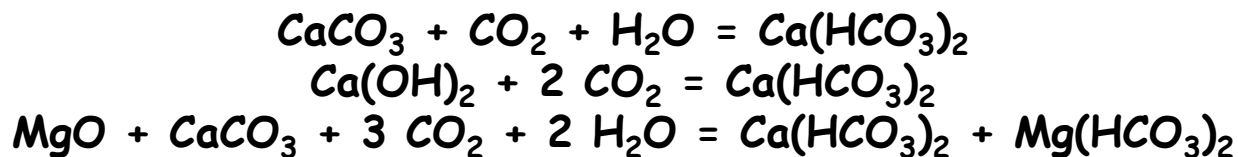
Szűrés (nyitott rendszerű)

A vízelőkészítés általános három egymást követő művelete: **gáztalanítás, ülepítés, szűrés**

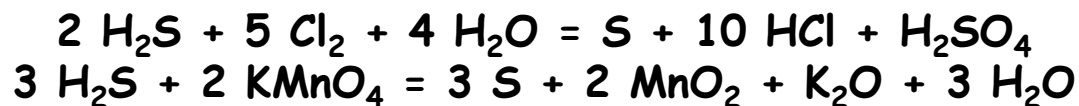
A víz gáztalanítása

Szén-dioxid mentesítésre van szükség, ha a víz a karbonát-hidrogénkarbonát egyensúly fenntartásához szükséges mennyiségnél több CO_2 -ot tartalmaz. Az agresszív CO_2 miatt a víz korrozív válik és megtámadja a cement- és betonépítményeket ill. fémfelületeket, így pl. a kazánok falát és a csővezetéseket.

A CO₂ eltávolítása **fizikai és kémiai** úton lehetséges. Ez megvalósítható a nyomás csökkentésével, a hőmérséklet emelésével, kémiai elnyeletéssel.



A fenti folyamatok növelik a víz karbonát keménységét.
Kénhidrogén-mentesítés általában oxidációs módszerrel történik.



A víz vastalanítása

A vas a vízben hidrogén-karbonát alakjában lehet jelen, amely oxidáció hatására oldhatatlan csapadékká alakul.



A víz mangántalanítása

Eltávolítása a vashoz hasonlóan oxidációval történik.

A víz olajtalanítása

A fészíni vizek és az ipari kondenzvizek olajszennyeződését különféle eljárásokkal csökkenthetjük:

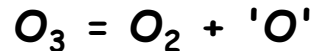
- sorbakapcsolt olajleválasztó edényekkel,
- adszorbens anyagokkal.

A víz fertőtlenítése

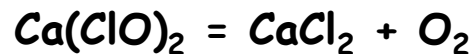
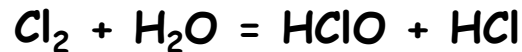
Célja a fertőzést okozó mikroorganizmusok (baktériumok, protozoák, algák, amőbák stb.) eltávolítása.

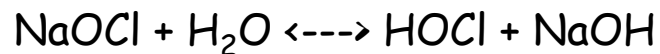
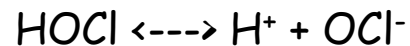
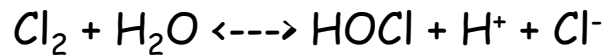
A lakossági vízvezetékek vizének tisztításánál az egyik legfontosabb művelet a víz fertőtlenítése.

•Ózonos fertőtlenítés



- UV besugárzás. Az UV fény baktériumölő hatásán alapul.
- Ultrahangos eljárás. A hanghullámok üregképző hatásán alapul.
- Más oxidálószer alkalmazása





pH \ Hőm	HOCl %						
	0	5	10	15	20	25	30
5.0	99.85	99.83	99.80	99.77	99.74	99.71	99.68
5.5	99.53	99.75	99.36	99.27	99.18	99.09	99.01
6.0	98.53	98.28	98.01	97.73	97.45	97.18	96.92
7.0	87.05	85.08	83.11	81.17	79.23	77.53	75.90
8.0	40.19	36.32	32.98	30.12	27.62	25.65	23.95
9.0	6.30	5.40	4.69	4.13	3.68	3.34	3.05
10.0	0.67	0.57	0.49	0.43	0.38	0.34	0.31
11.0	0.067	0.057	0.049	0.043	0.038	0.034	0.031

$$\frac{HOCl}{HOCl + OCl^-} = \frac{1}{1 + \frac{OCl^-}{HOCl}} = \frac{1}{1 + \frac{K_i}{H^+}}$$

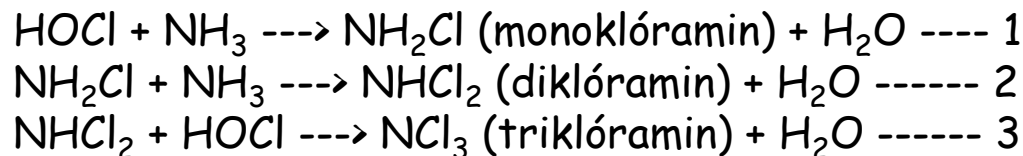
HOCl ionizációs állandó

Hőmérséklet (°C)	0	5	10	15	20	25	30
Ki x 10 ⁻⁸ (mol/liter)	1.488	1.753	2.032	2.320	2.621	2.898	3.175

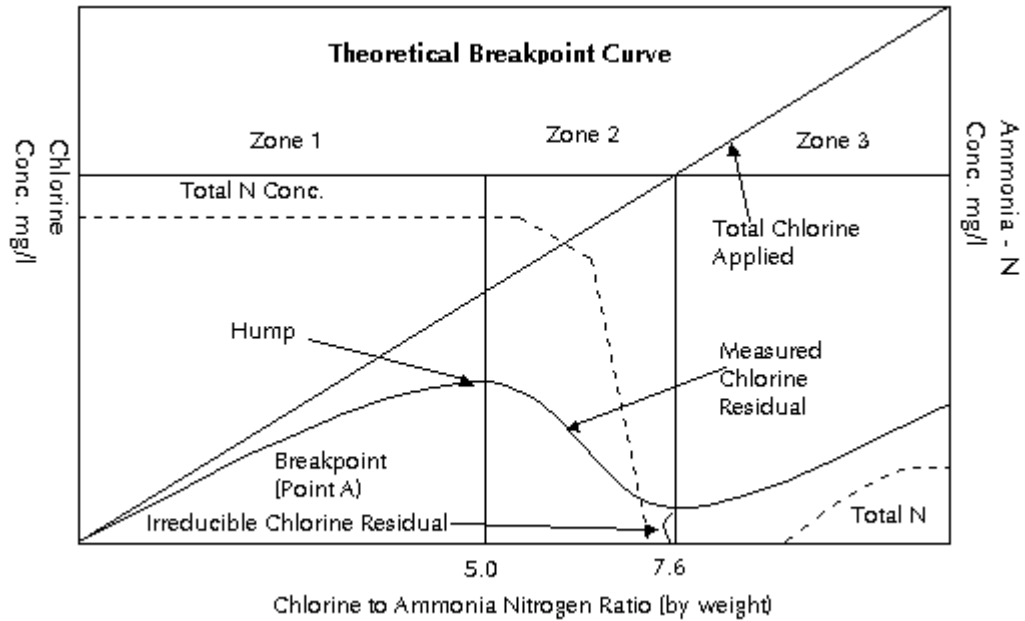
20°C-on és pH=8, esetén a HOCl %-a;

$$100 \times [1 + (K_i / H^+)]^{-1} = 100 \times [1 + (2.621 \times 10^{-8} / 8)]^{-1} = 100 / 3.61 = 27.65\%$$

Növekvő hőmérséklettel csökken az OCl hatásossága a HOCl-hez képest: 31°C 1/150, 10°C 1/200, 18°C 1/250, 23°C 1/300.



Törésponti klórozás



Klórozás tipikus adagolása ppm vagy mg/l

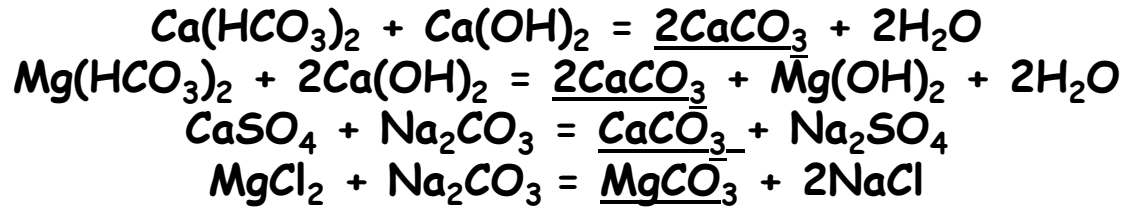
Algák	3-5
Baktériumok	3-5
BOD csökkentés	10
Szín eltávolítás	A szín intenzitástól függ (1-500)
Cianid oxidálása cianáttá cianid teljes elroncsolása	A cianid tartalom 2.7-szerese a cianid tartalom 7.3-szorosa
Kénhidrogén íz és szag eltávolítása Kénhidrogén elroncsolása	A kénhidrogén tartalom 2-szerese a kénhidrogén tartalom 8.4-szerese
Vas baktériumok kezelése	1-10 között, a baktériummennyiség függvényében
Vas kicsapása	A vastartalom 0.64-szerese
Mangán kicsapása	A mangántartalom 1.3-szorosa
Szag kezelése	1-3
Iszap, nyersiszap kezelése	15-20
Csepegtető szűrő elfolyója	átlagosan 3-8
Biológiai szennyvíziszap elfolyója	átlagosan 3-8
Homokszűrő elfolyója	átlagosan 3-8
Iszap	3-5
Úszómedence	1-5
Ízkezelés	1-3
Hűtővíz	3-5
Hűtött víz	20
Mosóvíz	50
Kútvíz	1-5
Felszíni víz	1-10 (számos paraméter befolyásolja)

Vízlágyítás

Célja a keménységet okozó sók káros hatásának megakadályozása.

Termikus eljárás. Melegítés hatására a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ és $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ oldhatatlan CaCO_3 -tá és MgCO_3 -tá alakul.

Meszes (mész-szódás) eljárás



A CaCO_3 oldhatósági minimuma $\text{pH}=9-9,5$, a MgCO_3 -é pedig $\text{pH}\sim 11$. A kívánt pH -értéket mészfölösleg adagolásával biztosítják, ez kb. 1,25 mekv/l mészfölösleg. Ha oldott CO_2 is jelen van további mészfogyasztás lép föl. A víz keménységi viszonyainak, a kalcium és magnéziumsók arányának ismeretében a reakcióegyenletek alapján meghatározható a lágításhoz szükséges mészsükséglet:

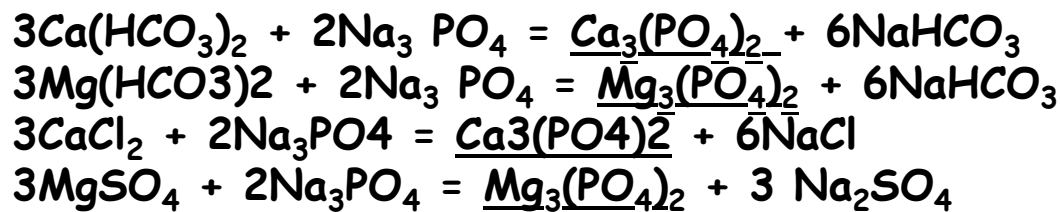
$$\begin{aligned}M(\text{CaO})[\text{g}/\text{m}^3] &= 10\text{KK}[\text{nk}^0] + 1,4\text{MgO}[\text{g}/\text{m}^3] + 1,27\text{CO}_2[\text{g}/\text{m}^3] \text{ vagy} \\ M(\text{CaO})[\text{g}/\text{m}^3] &= 10\text{KK}[\text{nk}^0] + \text{MgK}[\text{nk}^0] + \text{CO}_2\text{K}[\text{nk}^0]\end{aligned}$$

A szódaszükséglet pedig:

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3)[\text{g}/\text{m}^3] = 18,9\text{NKK}[\text{nk}^0]$$

Hidegen $\sim 4 \text{ nk}^0$, melegen $\sim 1 \text{ nk}^0$ maradék ÖK (40 mg/l CaCO_3 , 10 mg/l $\text{Mg}(\text{OH})_2$ biztosítható. A víz stabilizálását a tútelített CaCO_3 visszaoldásával érik el. Ezt savadagolással érik el. Alkalmazhatnak kénsavat, de leggyakrabban CO_2 gázt alkalmaznak (**rekarbonizálás**).

Trinátrium-foszfátos eljárás

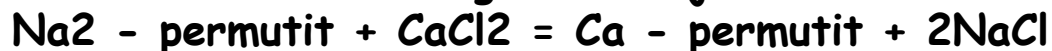


A lágyításhoz szükséges trisó mennyisége:

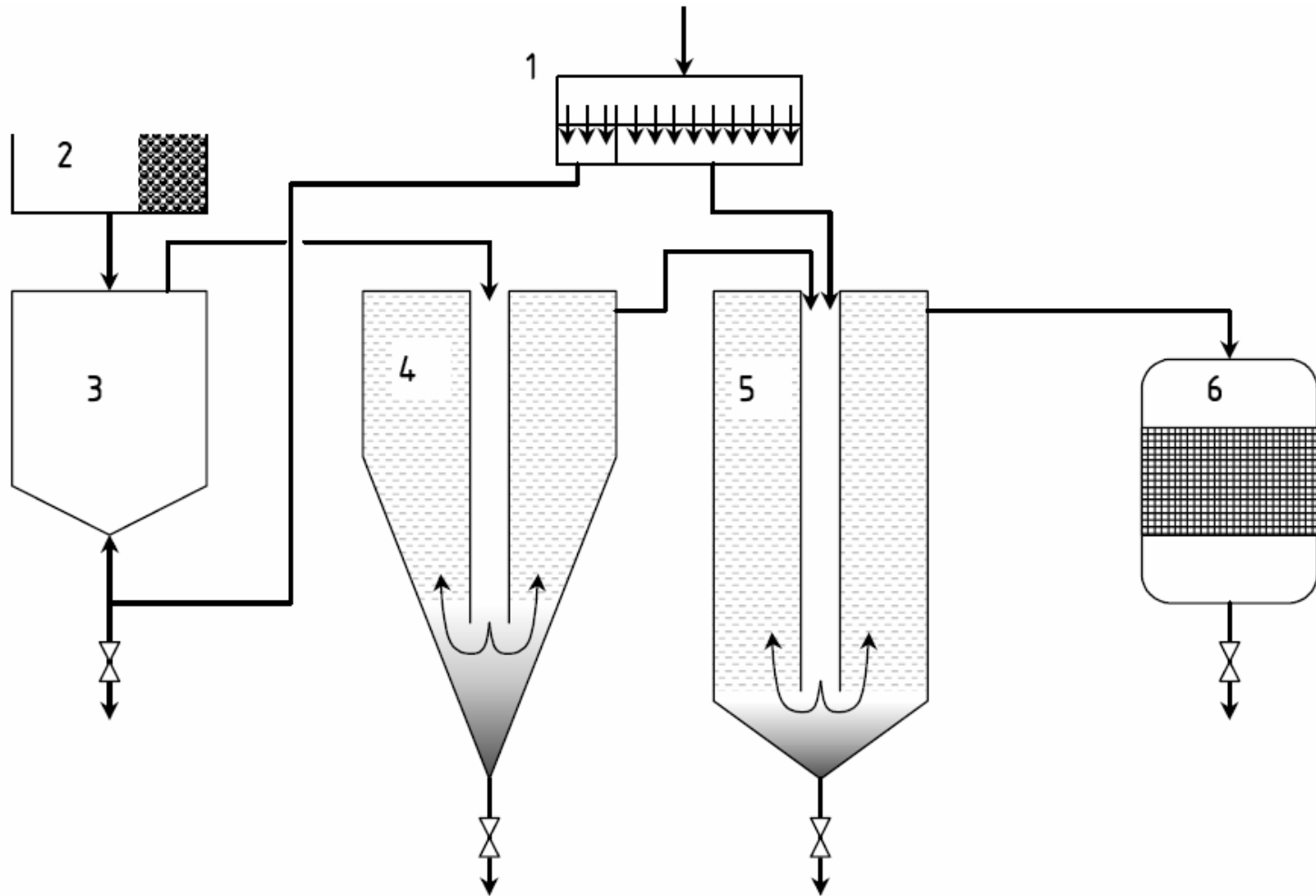
$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O})[\text{g}/\text{m}^3] = 45\text{ÖK}[\text{nk}^0]$$

Ioncserés eljárás

A nátrium-alumínium-hidroszilikát alapú természetes vagy mesterséges ioncserélok a víz kalcium-és magnéziumionjait nátriumionra cserélik ki.

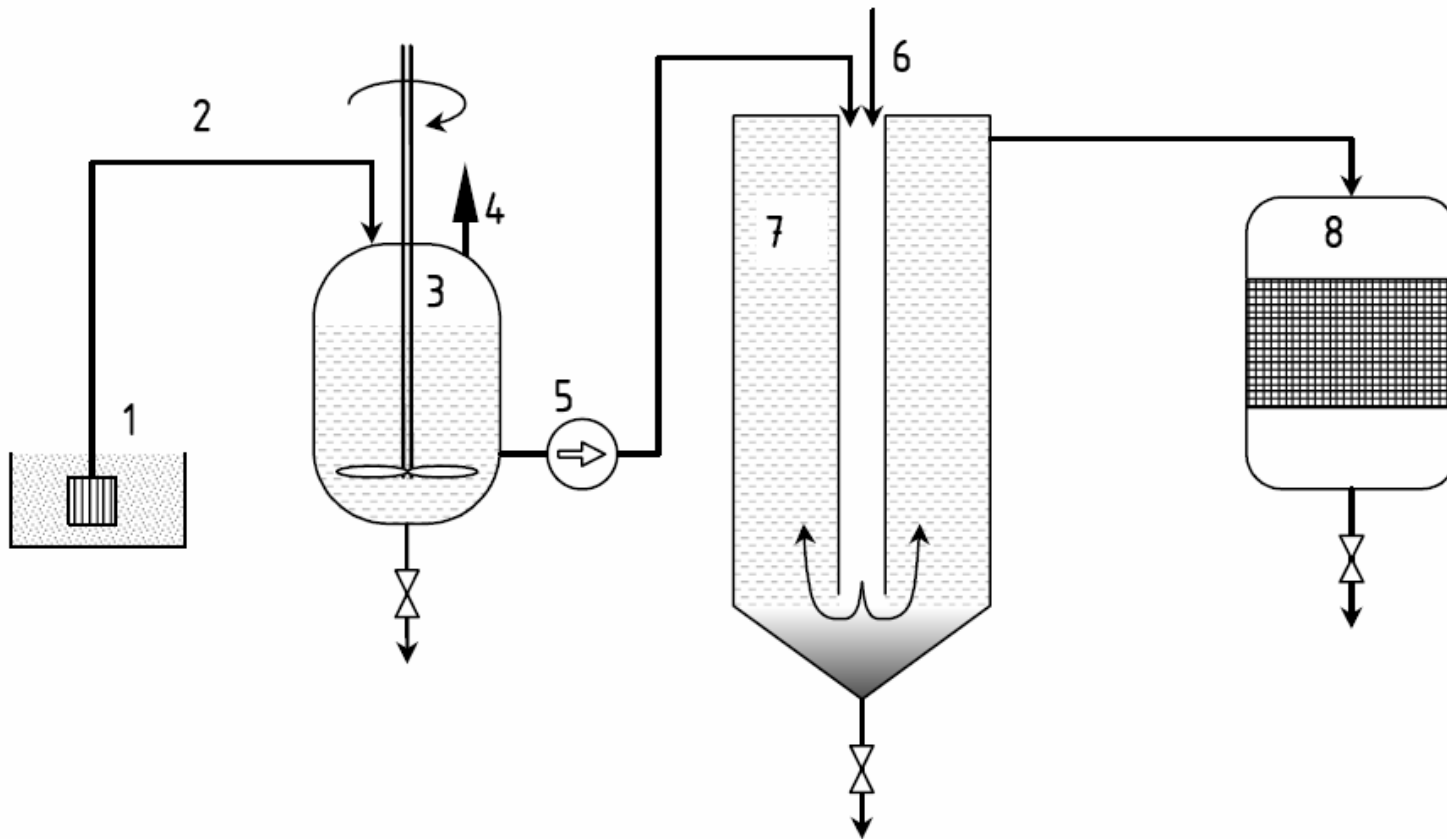


Így a víz keménysége gyakorlatilag 0-ra csökken.



Mészvizes vízlágyító

1- vízelosztó, 2- mészoltó, 3- mésztejadagoló, 4- mésztelítő, 5- reaktor, 6- szűrő



Mésztejes vízlágyító

1- mészhidrát tartály, 2- elszívó vezeték, 3- mésztejkeverő, 4- vákuumszivattyú,
 5- mésztejadagoló, 6- nyersvíz bevezetés, 7- reaktor, 8- szűrő

Dr. Pátzay György

IVÓVÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA

I. Úszó és lebegő anyagok eltávolítása

- Úszó és durva szennyeződések eltávolítása: *szűrés durva és finom rácson, szitaszűrőn, homokfogás*
- Ülepedő, lebegő anyagok eltávolítása: *centrifugálás, ülepités*
Finom lebegő anyagok eltávolítása: *derítés, flotáció, gyors szűrés szemcsés anyagon át*
- Mikroorganizmusok eltávolítása: *szűrés mikroszűrőn, rövid hullámú kezelés, oxidáció*
- Szerves anyagok eltávolítása: *adszorpció, oxidáció*
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4$$
igen nagy felületű, pelyhes, adszorbeáló csapadék

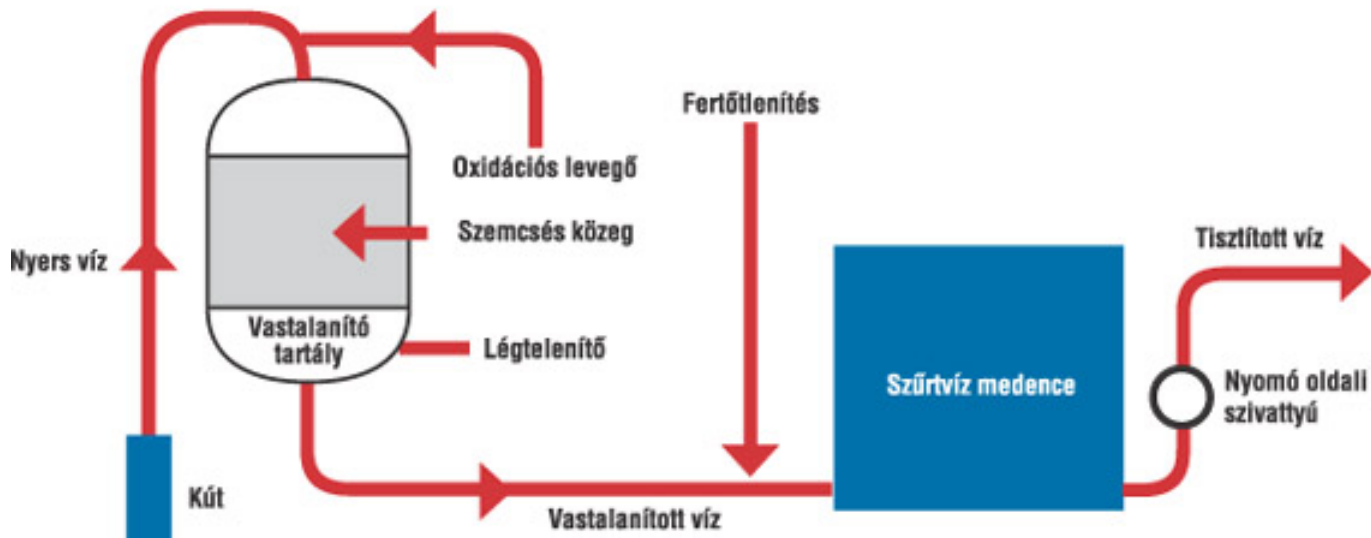
II. Oldott anyagok eltávolítása és pótlása

- Vas- és mangántalanítás: *lassú szűrés, oxidációs kicsapatás, adszorpció*
- Szénsav és káros gázok eltávolítása: *adszorpció, kicsapatás, levegőztetés, vákuumos eljárás*
- Lágyítás: *kicsapatás, desztillálás, ioncsere*
- Sótalanítás: *kicsapatás, ioncsere, fordított ozmózis, elektrodialízis, desztilláció*
- Ammónia eltávolítása: *oxidáció, levegőztetés, biológiai oxidáció*
- Nitráttalanítás: *biológiai redukció, ioncsere*
- Hiányzó anyagok pótlása: *fluorozás, keményítés (mész és Mg, szénsav adagolása) pH-beállítás (sav vagy lúg adagolásával)*

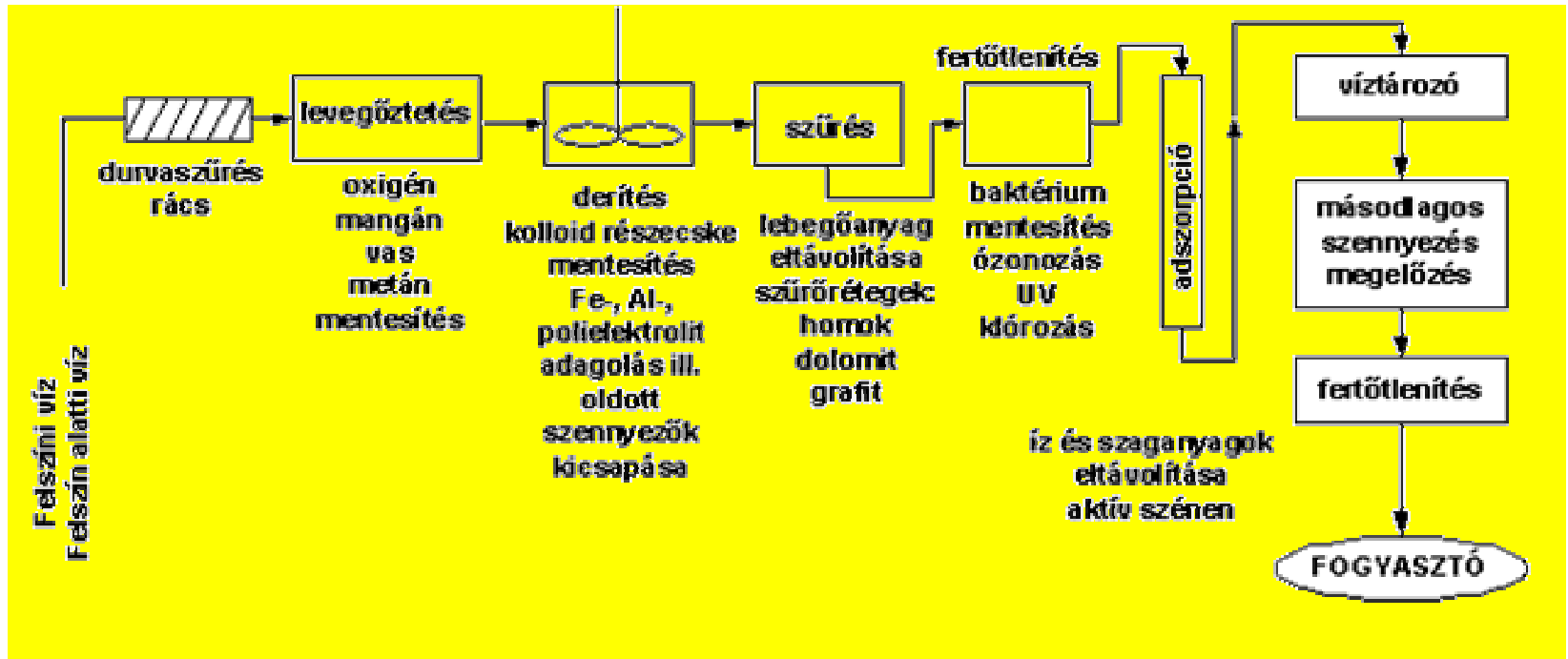
Debrecen vizei (háztartási és ipari víz):

- (Hortobágy, Kösegy, Tóció, tavak) = O!
- hőforrások (63 °C gyógyvíz) = nagy érték
- fúrt (artézi) kutak (a Nagyerdőn) = értékes
- Keleti-főcsatorna (csővezetéken érkeznek)
- vízmű: a Keleti vizét tisztítják, majd az artézi kutak vizével keverik a szükségletek szerint
- a város szennyvizét is a DV kezeli

A tisztítási technológia elvi vázlatja



Az ivóvíz tisztításának technológia vázlatja



Ipari vizek

A közvetlen gyártási célokra szolgáló ipari vizekkel szemben támasztott követelmények nem tárgyalhatók általánosságban. A különféle célokra felhasznált víz paramétereit mindig egyedileg, aszerint kell megvizsgálni, hogy milyen vegyipari folyamatban, vagy műveletben szerepel mint komponens vagy közeg. Lehet:

- Oldószer
- Reagens
- Mosó/öblítővíz
- Hűtővíz

Hűtővízzel szembeni követelmények:

- 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)

- A minőségi követelmény függ a kazán jellegétől (nagynyomású csöves, vagy kisnyomású egyszerűbb szerkezetek).
- Ne okozzon habzást, amely különösen gyakori jelenség nagy sókoncentráció (felületaktív anyagok, lúgosság) esetén.
- Ne legyen korrozív; szabad szén-sav, oldott oxigén, Mg-sók.
- A tápvízből ne képződjön kazánkő, a kazánkőnek rendkívül rossz a hővezetési tényezője, túlmelegedést idézhet elő, sőt kazánrobbanás is bekövetkezhet.

Előállítás:

Termikus eljárással

Meszes - szódás eljárással

Alkáli - foszfátos eljárással

Ioncserés sótelenítéssel

Az ipari szennyvizek osztályozása

Rendkívül káros	Erősen káros	Részben káros	Kevésbé káros
Fenolok, olajok, zsírok, kátrány, hajtóanyagok, páclevék, nehézfém-tartalmú, galvánüzemi szennyvizek, papíripari gyártási levek, vágóhídi- bőrripari kezeletlen szennyvizek	Papíripari, textilipari, tejipari, cukoripari, sörripari, szeszipari szennyvizek, vágóhidak, húsüzemek, bőrripar előtisztított szennyvizei, mosodák vizei	Pácolás nélküli dolgozó kohászati 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 szervesanyag tartalom mérésére alkalmazott összegparaméterek (jellemző mennyiségek):

- KOI: kémiai oxigénigény [O_2 mg/liter].
- BOI^{20}_5 : biológiai oxigénigény [O_2 mg/liter].
- TOC: összes szerves széntartalom [Cmg/liter]

A kommunális szennyvizekre jellemző értékek O_2 mg/liter koncentrációban pl.: $BOI \sim 250-326$ O_2 mg/liter, $KOI \sim 500-650$ O_2 mg/liter (USA-Anglia)

A szennyvizek szagát okozó főbb vegyületek

<i>Komponens</i>	<i>Összegképlet</i>	<i>Előidézett szag</i>
Nitrogéntartalmúak		
aminok	CH_3NH_2	halszag
ammónia	NH_3	csípős ammóniaszag
diaminok	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2,$ $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$	rohadt hús
szkatol	$\text{C}_8\text{H}_5\text{NHCH}_3$	
Kéntartalmúak		
kénhidrogén	H_2S	záptojás
merkaptánok	$\text{CH}_3\text{SH}, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$	rohadó káposzta
szerves szulfidok	$(\text{CH}_3)_2\text{S}, \text{CH}_3\text{SSCH}_3$	rohadó káposzta
kén-dioxid	SO_2	szúrós, savas
Egyebek		
klór	Cl_2	klórszag
klórfenol	$\text{Cl}-\text{C}_5\text{H}_4-\text{OH}$	fenolos gyógyszer

AZ IPARI ÉS KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ TISZTÍTÁSA

- Öntisztulás: véges mértékig minden természetes víz megteszi, de rendszerint ezen a határon túl vagyunk. Pl. ülepedés, élő szervezetek, aerob és aneorob folyamatok, a litoszféra, ... révén
- Az ipari szennyvizeket a helyszínen, az üzemi szennyezéstől függően kell tisztítani. Jó tisztítás után a víz visszaforgatható (pl. MOL).
- A kommunális szennyvizet a települési csatorna-hálózaton keresztül begyűjtik és nagy telepeken tisztítják. (Mo-n kb. 50%-ban.)

A szennyvíztisztítás típuslépései

a) Mechanikai tisztítás

- *Durva szennyezések eltávolítása*: szűrés durva és finom rácson, dobszűrőn, homokfogás
- *Lebegő anyagok eltávolítása*: ülepítés, centrifugálás (hidrociklon), flotáció
- *Előkészítés*: tározás, kiegyenlítés; semlegesítés, kommunális eljárás

b) Biológiai tisztítás

Szerves anyag eltávolítása, nitrifikálás és denitrifikálás: stabilizációs tavak (anaerob, aerob, fakultatív), csepegtetőtesztes rendszer, eleven iszapos rendszer, anaerob rothasztás

A biológiai szennyvíztisztítás mikroorganizmusok irányított tevékenységén alapul. A mikroorganizmusok tevékenységének (enzimekkel katalizált biokémiai reakcióknak) színtere a biológiai tisztítás műtárgya, melyben az irányítást az életkörülményeket első fokon befolyásoló paraméterek (oxigén, tápanyag, pH, hőmérséklet) szabályozásával valósítják meg.

A tisztítási (lebontási) folyamat eredményeként a szerves anyag részben gáz halmazállapotú, stabil vegyületekké (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 stb.) alakul, részben nem bomlékony, elásványosított anyagokká.

A lebontást végző mikroorganizmus fajták sokasága a tisztítás szempontjából két fő csoportra osztható:

aerob mikroorganizmusok, melyek közös jellemzője, hogy a lebontás oxidációs folyamataihoz a környezetükben - tehát a szennyvízben - szabad, oldott oxigént igényelnek;

anaerob mikroorganizmusok, melyeknek erre nincs szükségük; lebontási (oxidációs) folyamataikhoz az oxigént, illetve az energiát a vegyületekben kötött formációkból nyerik.

Egyes mikroorganizmus fajok - fermentáció révén - környezeti feltételeiknek megfelelően, aerob és anaerob jellegű lebontásra is képesek. E fajokat **fakultatív mikroorganizmusoknak** nevezzük.

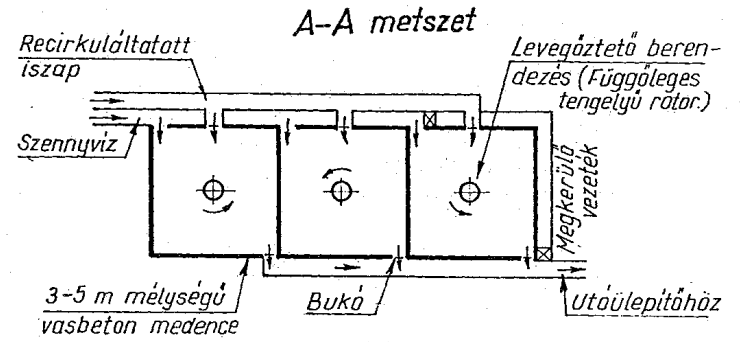
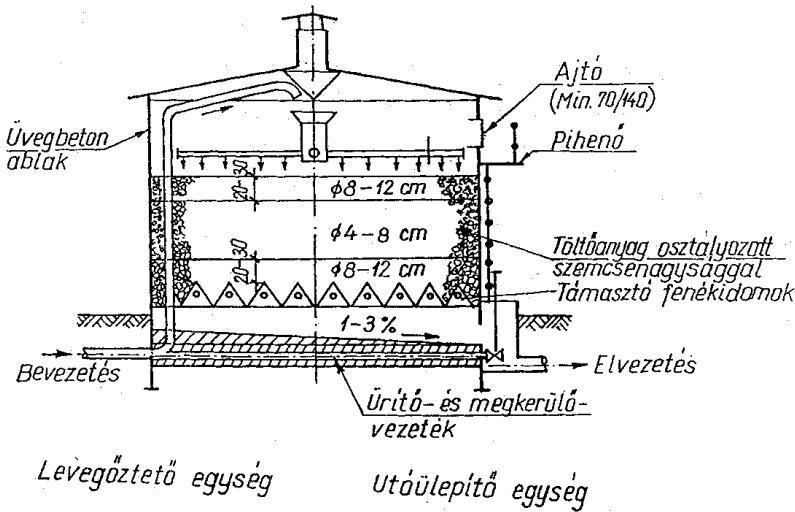
A szennyvíz biológiai tisztítása természetes körülmények között is megvalósul, illetve megvalósítható. Hiszen ez megy végbe a folyókban, tavakban is az öntisztulás során, a bejutó szerves anyagokat itt is mikroorganizmusok bontják le, emberi beavatkozás nélkül. Ez a jelenség használható fel tervszerűen pl. a tavas szennyvíztisztítás és a talajszűrés alkalmazásakor.

Célszerű a szennyvíz elhelyezését és a szervesanyag lebontását a szennyvíz hasznosításával is összekötni, a szennyvízöntözés, nyárfatermelés, halastógazdálkodás lehetőségeit kihasználni.

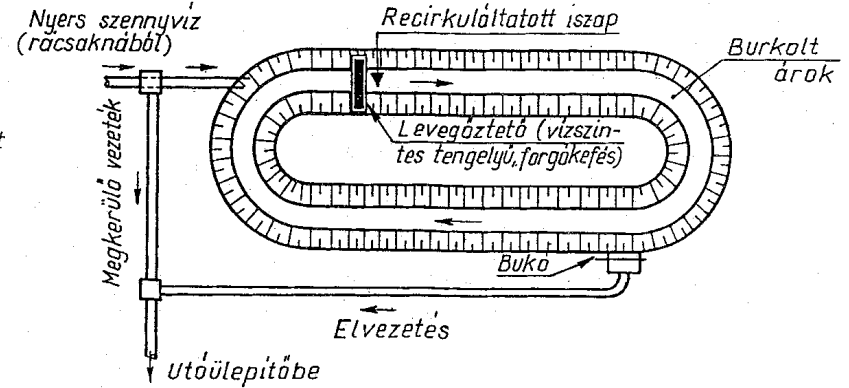
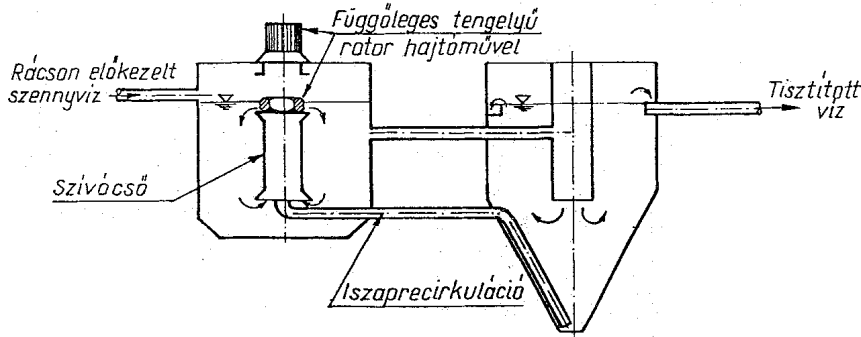
Mesterséges körülmények között, a szennyvíztisztító telepek berendezéseiben az előülepített (mechanikailag tisztított) szennyvízben lévő, elsősorban oldott állapotú szervesanyagot aerob folyamat bontja le. Ekkor az aerob mikroorganizmusok a szerves anyagot, mint tápanyagot sejttanyaggá alakítják, majd saját sejttanyagukat is felélik, míg a visszamaradó anyag már rothadásra hajlamos, elásványosodott anyaggá válik. Az anaerob folyamatok az ülepítőberendezésekben kiülepedett iszap kezelésénél jutnak szerephez. Az iszapot döntően pelyhes szerkezetbe összeállt kolloidális szerves anyagok és fölös mikroorganizmus szervezetek alkotják. Ezt a nehezebben hozzáférhető szerves anyagot előbb savtermelő baktériumokkal cseppfolyósítják, majd metántermelő baktériumokkal bontják le a hozzáférhetővé tett szerves anyagot.

Az előülepített szennyvíz szervesanyag-tartalmának aerob biológiai lebontása a szennyvíz és a mikroorganizmusok kétféle kapcsolati formájában játszódhat le: egyik esetben a szervezetek többé-kevésbé összefüggő hártya formájában, szilárd felületen rögződnek és a szennyvíz e hártyafelületen végigcsörgedezve érintkezik a mikroorganizmusokkal (ez a megoldás a **csepegtetőtestes berendezések** jellemzője); a másik esetben a sejtek pelyhekben, a folyadéktérben lebegnek (ez az állapot az **eleveniszapos** biológiai tisztításban).

A biológiai csepegtetőtestes tisztítás során a szennyvíz szilárd szemcsehalmból álló töltőtesten csörgedezik át.



Levegőztető egység Utóülepítő egység



A töltőtest(-anyag) felületén alakul ki a mikroorganizmusokat tartalmazó biológiai hártya, a hézagrendszerben csepeg lefelé a szennyvíz és áramlik fölfelé a levegő. A műtárgy általában hengeres, felül nyitott. Felülről vezetik rá a nyers szennyvizet, amelyet egy forgó permetező oszt el egyenletesen. A tisztított szennyvíz a lejtős fenéken gyűlik össze. A szellőzést a támasztó szerkezet alatti levegőztető nyílások teszik lehetővé. A töltőanyag hagyományosan kocsz, zúzott kő, vagy bazalt tufa, újabban pedig darabos műanyag, ami jobban terhelhető. A csepegtetőtestes tisztítás egy ritkábban alkalmazott sajátos műtárgy típusa a merülőtárcsás csepegtetőtest, melynél a szilárd felület-hártya viszony megmarad, azonban nem a szennyvizet vezetjük a hártyára, hanem a hártyát merítjük a szennyvízbe. A 2-3 m átmérőjű, 2 cm vastag korongok egymástól ugyanekkora távolságra közös tengelyen helyezkednek el. A biológiai csepegtetőtestes tisztítást ma inkább kisebb telepeken, vagy többlépcsős tisztítás igénye esetén (pl. igen nagy szervesanyag tartalmú élelmiszeripari szennyvizeknél), eleveniszapos berendezések előtisztítójaként alkalmazzák. **Nagyobb telepeken az utóbbi évtizedekben szinte kizárólagosan az eleveniszapos biológiai tisztítás vált uralkodóvá**, de kis telepeken is elterjedt. Az eleveniszapos tisztítási eljárások közös, lényegi jellemzője, hogy a lebontást végző mikroorganizmusok pelyhes szerkezetbe tömörülve (eleveniszap), a szennyvízben egyenletesen eloszolva helyezkednek el; a lebontás aerob körülmények között megy végbe, melynek megteremtéséhez mesterséges oxigénbevétel (levegőztetés) szükséges. Az előülepített, oldott és kolloid jellegű szerves anyagokat tartalmazó szennyvizet a levegőztető műtárgyba vezetik.

A szerves anyagnak az élő szevezetekbe jutása, majd lebontása ebben a műtárgyban játszódik le. A levegőztető berendezések egyúttal a víztér intenzív keverését is biztosítják. A keverés feladata egyrészt a víztér egyenletes oxigén - eleveniszap - tápanyag -koncentrációjának előállítása, másrészt az iszap leülepedésének megakadályozása.

E folyamatok eredményeként a víz szervesanyag-tartalma lecsökken, a mikroorganizmusok mennyisége pedig megnövekszik. A rendszerben állandó az iszapszaporulat. A fölös mennyiséget el kell távolítani.

Ezt a célt szolgálja az utóülepítő. Az itt leülepedő, zömében élő mikroorganizmusokat tartalmazó eleven iszap egy részét, az iszapkoncentráció állandó szinten tartása céljából, visszavezetik a levegőztető műtárgy elé(recirkuláció). A recirkulációhoz fel nem használt iszapot, az ún. fölös iszapot pedig további kezelés céljából az iszapkezelési technológia folyamatába juttatják. Az eleveniszapos tisztítási eljárások három fő csoportra oszthatók. A felosztás alapja az eleveniszap tartózkodási ideje a levegőztető rendszerben, az ún. iszapkor (I_k). Eszerint, ha $I_k = 1-2$ nap, akkor a rendszer biológiai részisztítást nyújtó, nagyterhelésű eleveniszapos tisztítás. $I_k = 2-10$ nap esetén teljes biológiai tisztításról, míg $I_k > 10$ nap tartományban a teljes oxidációs tisztításról beszélünk. Az iszapkor beállítását a levegőztető műtárgy méretének és a recirkuláltatott iszap mennyiségének változtatásával oldják meg. Így például a teljes oxidációs rendszerben a recirkuláltatott - tehát visszatartott - eleveniszap mennyisége 3-szorosa is lehet az érkező nyers szennyvizének, míg a részisztításnál nem éri el annak 30 %-át.

Ennek megfelelően a tisztítás hatásfoka is eltérő lesz. Biológiai részisztításkor a biológiai egységet elhagyó szennyvíz szervesanyag-tartalma $> 30 \text{ g BOI}_5/\text{m}^3$, teljes biológiai tisztítással viszont már elérhető az elfolyó, tisztított szennyvízre hatóságilag előírt legfeljebb $20 \text{ g BOI}_5/\text{m}^3$ határérték.

Teljes oxidációval ("totáloxidációval") a távozó szennyvíz $12 \text{ g BOI}_5/\text{m}^3$ értékig is tisztítható, sőt ekkor már az iszappelyhekbe zárt szervesanyag nagy része is lebomlik. Ilyen rendszereknél ezért elhagyható az előülepítő, a levegőztető medencében az iszap szervesanyaga is lebomlik, és az utóülepítőből kiemelt iszap már nem igényel költséges, külön iszapkezelést. Ez a megoldás tehát egyszerűsíti a technológiát, ezért elsősorban kisebb telepeken használják elterjedten.

Az eleveniszapos szennyvíztisztítás központi műtárgya a levegőztető medence, az "eleveniszapos medence". Ennek szerkezeti megoldásai:

általában vasbetonmedence, 3-5 m mélységgel, téglalap alaprajzzal, kis telepeken ("zsebtelepeken") szerelhető acélszerkezetű medence, főként a kisebb totáloxidációs telepeken kedvelt megoldás az egyszerű földanyagú, burkolt árok, az oxidációs árok.

c) Fizikai-kémiai tisztítás

- *Finom lebegő anyag eltávolítása:* homokszűrés, mikroszűrés
- *Kolloid és foszfor kicsapása:* (keverés, ülepítés, vegyszeres kezelés) koagulációs eljárás
- *Nitrogén eltávolítása:* NH_3 -kiűzés, klórozás, szelektív ioncsere
- *Oldott szerves anyag, baktérium, vírus eltávo-lítása:* aktív szén-, klórgáz adagolása, kémiai oxidáció ózonnal
- *Sótalanítás:* fordított ozmózis, elektrodialízis, desztilláció

Debrecen szennyvize:

- csatornarendszer gyűjti (Köselybe vezetik)
- szennyvíztisztító mű a város déli részén van
- a nem tisztított % a Hortobágy csatornába kerül - sajnos (szégyen!).

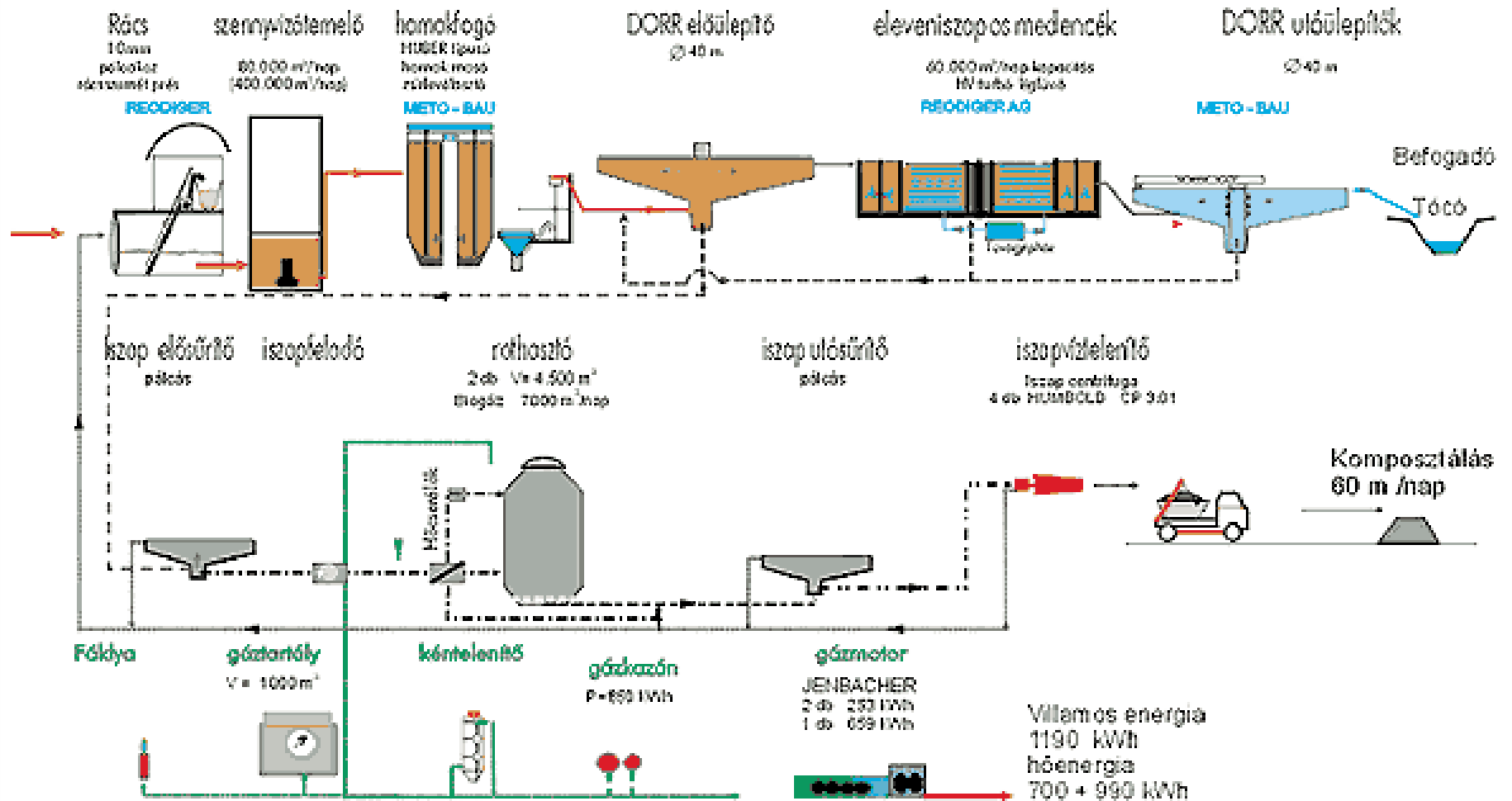
A DV kémiai vizsgálatai:

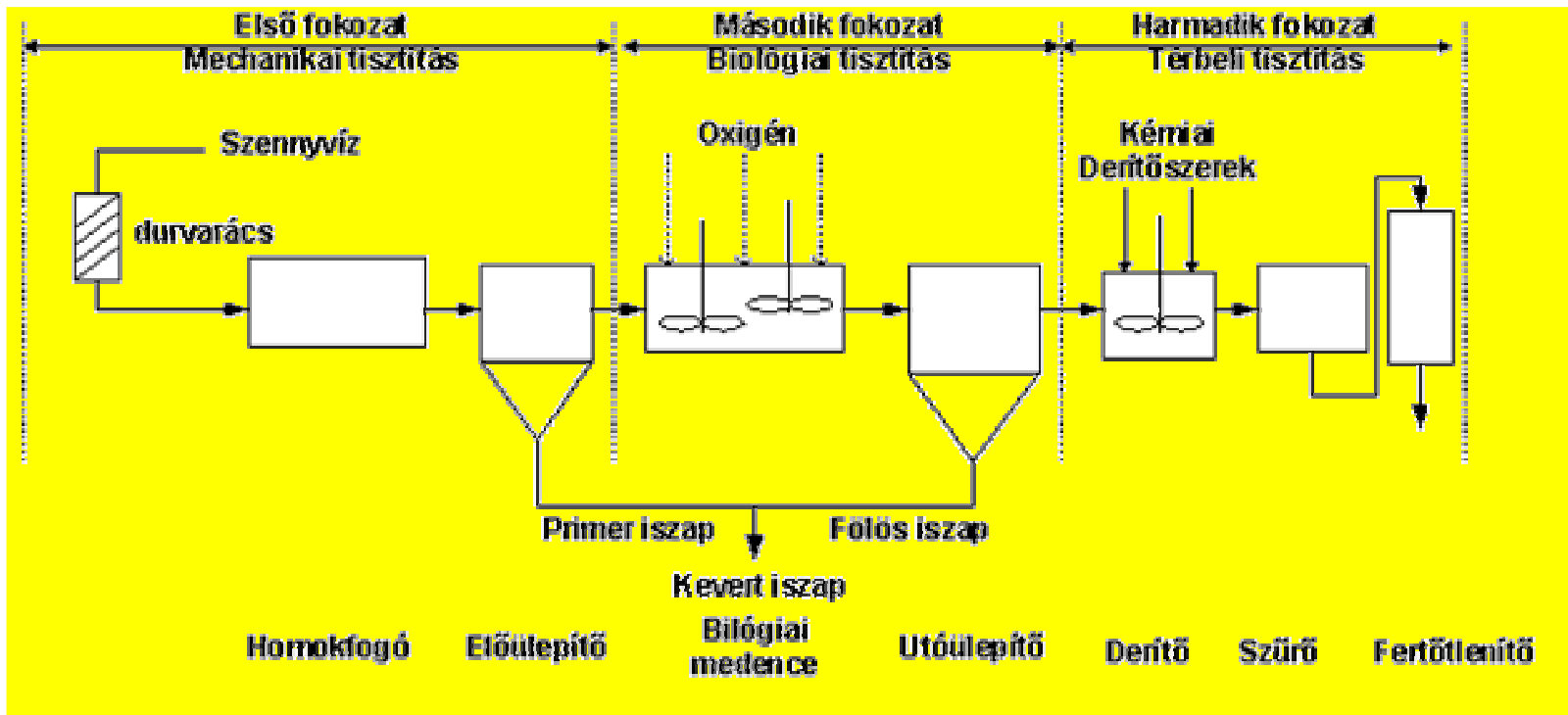
oldott anyag, lebegőanyag, pH, szulfát, szulfid, ammónium, nitrit, nitrát, összes foszfor, zsír-, olajtart., nátrium, kálium, üledéktérfogat, anionaktív det., összes keménység, ortofoszfát, kémiai oxigénigény (k), biokémiai oxigénigény

Bakteriológiai vizsgálatok

A szennyvíztisztítás folyamatábrája

SZENNYVÍZTISZTÍTÁS TECHNOLÓGIAI FOLYAMATÁBRA





A Debreceni Vízmű szennyvíztisztító telepe



Derítő és ülepitő medencék

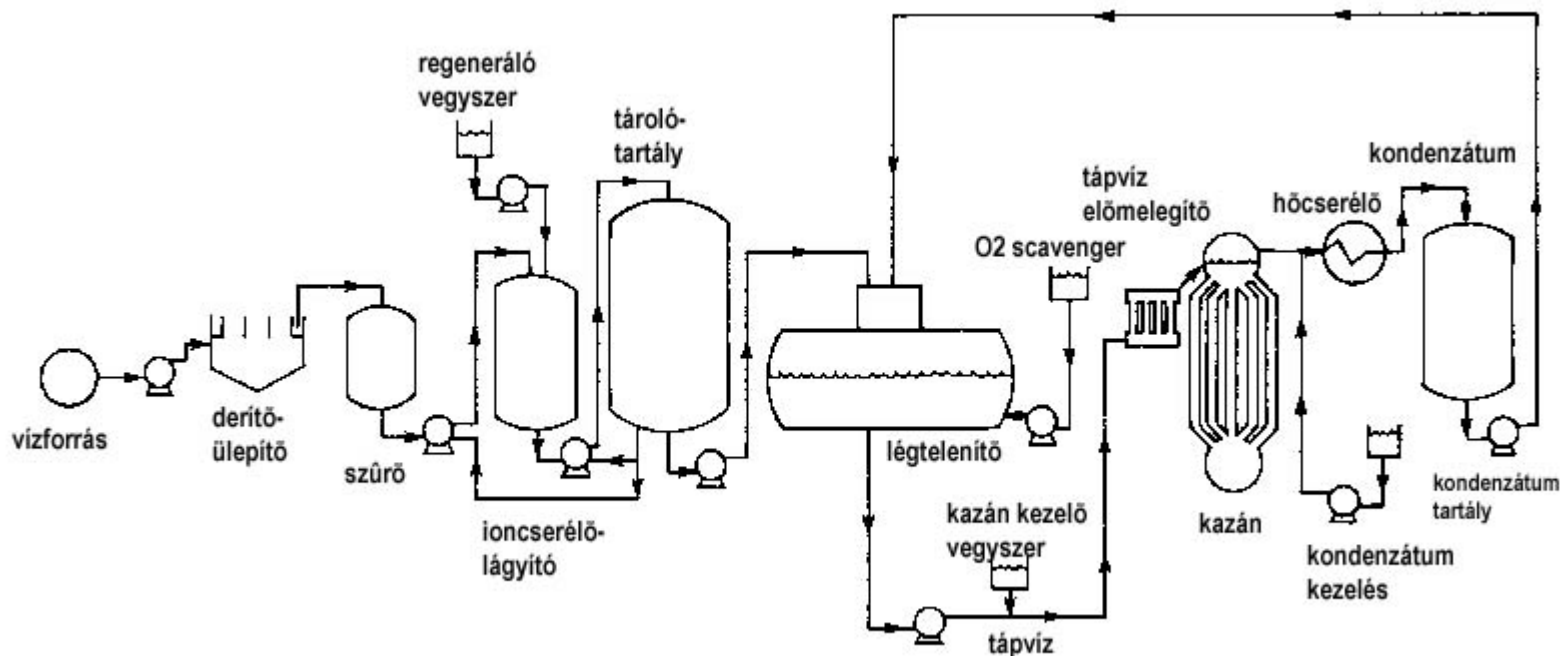




Dr. Pátzay György

KAZÁNOK KORRÓZIÓJA ÉS VÍZÜZEMEI

A kazán egy nyomás alatti zárt tartály, melyben a közölt hő hatására a tápvízből gőz keletkezik. Egy tipikus erőművi kazán vízellátás elrendezését mutatunk be a következő ábrán.



A kazánban a tápvíz hőszugárzás, hővezetés és hőáramlás révén nyert energia hatására alakul részben gőzzé.

A hőközlési mechanizmusok részaránya függ a kazántípustól, a hőátadási felület kialakításától és a tüzelőanyagtól. Ipari méretekben két kazántípus a tűzcsöves és a vízcsöves típus kerül alkalmazásra. A tűzcsöves kazánoknál az égéstermék gázok vízzel körülvett csöveken áramlanak keresztül, a vízcsöves kazánok esetében pedig az égéstermék gázok áramló vízzel teli csöveken haladnak át.

A gőztermelés célja:

- egyrészt turbina mechanikus forgatása révén elektromos energia előállítás, fűvók és szivattyúk meghajtása,**
- termékek közvetlen gőz-kezelés, gőzzel végzett sterilizálás, közvetett gőz-kezelés,**
- fűtés és légkondicionálás.**

A gőzerőművek hatásfoka jelentős mértékben függ a kondenzált „fáradt” gőz termelésbe történő részleges visszavezetésétől. Nyilvánvaló, hogy a tápvizek minőségével kapcsolatban komoly műszaki előírások és elvárások léteznek, melyek a tápvíz előzetes kezelését igénylik. A következő táblázatban az USA ASME kazánok tápvizére alkalmazott műszaki előírásait mutatjuk be. A legalaposabb előzetes kezelés után is a tápvíz a visszatérő kondenzátummal együtt még tartalmaz szennyező anyagokat, melyek károsan befolyásolhatják a kazán üzemét. Ezért belső vízkezelést is alkalmaznak. A megfelelő vízkezelési eljárás megválasztását a biztonság, a megbízható üzemelés és gazdaságossági szempontok határozzák meg.

Kazán tápvíz				kazánvíz		
kazán nyomás psi (MPa)	Vas (ppm Fe)	Réz (ppm Cu)	Összes keménység (ppm CaCO3)	Szilikát (ppm SiO2)	lúgosság (ppm CaCO3)	fajlagos vezetőképesség (micromhos/cm) (nem közönbösített)
0-300 (0-2,68)	0.100	0.050	0.300	150	700*	7000
301-450 (2,068-3,103)	0.050	0.025	0.300	90	600*	6000
451-600 (3,103-4,137)	0.030	0.020	0.200	40	500*	5000
601-750 (4,137-5,171)	0.025	0.020	0.200	30	400*	4000
751-900 (5,171-6,205)	0.020	0.015	0.100	20	300*	3000
901-1000 (6,205- 6,895)	0.020	0.015	0.050	8	200*	2000
1001-1500 (6,895- 10,342)	0.010	0.010	0.0	2	0***	150
1501-2000 (10,342- 13,789)	0.010	0.010	0.0	1	0***	100

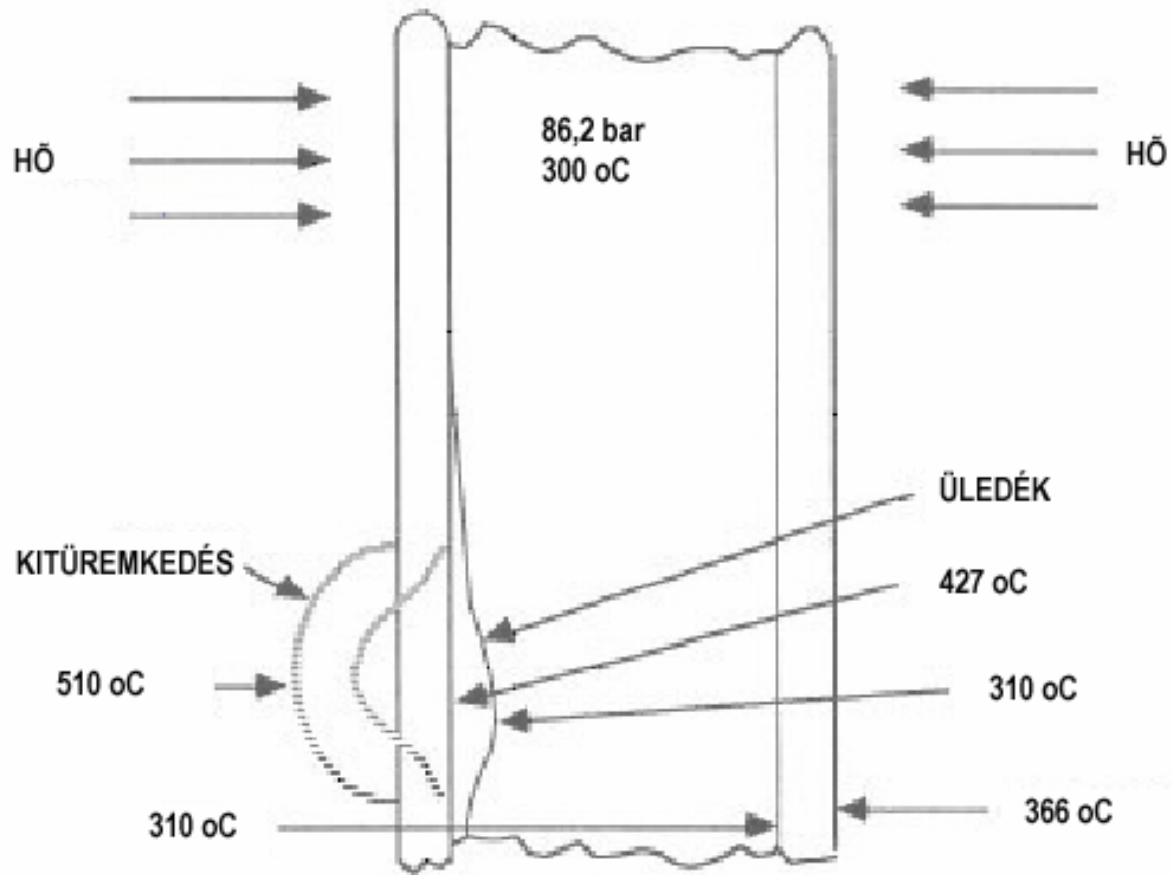
I. Tápvíz előkezelés

A tápvíz előkezelés fő célja a kalcium- és magnézium-keménység, a migrációra hajlamos vas, réz, a kolloid szilikátok és egyéb szennyezők mennyiségének minimalizálása. Az oldható és a szuszpendált komponensek mellett fontos a korrozív gázok eltávolítása is. A vízben oldott oxigén és szén-dioxid igen gyakran okoznak korróziós károkat a kazánokban. Számos esetben nagyobb az szerkezeteken kiülepedett oldhatatlan korróziós termékek (oxidok) károsító hatása az oldott gázok korróziós hatásához képest. A falakon történő kiülepedés káros a hőátadásra és további veszélyes korróziós folyamatok elindulását biztosítja. A hőátadási ciklusban forgó vízben egyes szennyező anyagok feldúsulhatnak, betöményedhetnek és a kiülepedésre legérzékenyebb, legforróbb hőátadási felületekre kiülepedhetnek. Az üledékek hőszigetelő hatást hoznak létre és így egyes felületek túlhevülhetnek és károsodhatnak, ezen felül megnövelhetik az áramlási ellenállást. Ez utóbbi folyamat következtében további túlhevülés, filmforrás és meggyorsult kiülepedést jöhet létre (lásd ábra). Ezen korróziós és károsodási folyamatokra a legjobb megelőzési folyamat a tápvíz megfelelő előkezelése, a szennyezők jó hatásfokú eltávolítása.

A kazánok tápvize a friss póttápvízből és visszatérő kondenzvízből tevődik össze.

Gáztalanítás (mechanikai és kémiai)

A mechanikai és kémiai gáztalanítás a tápvíz előkezelés fontos része. A művelet célja:

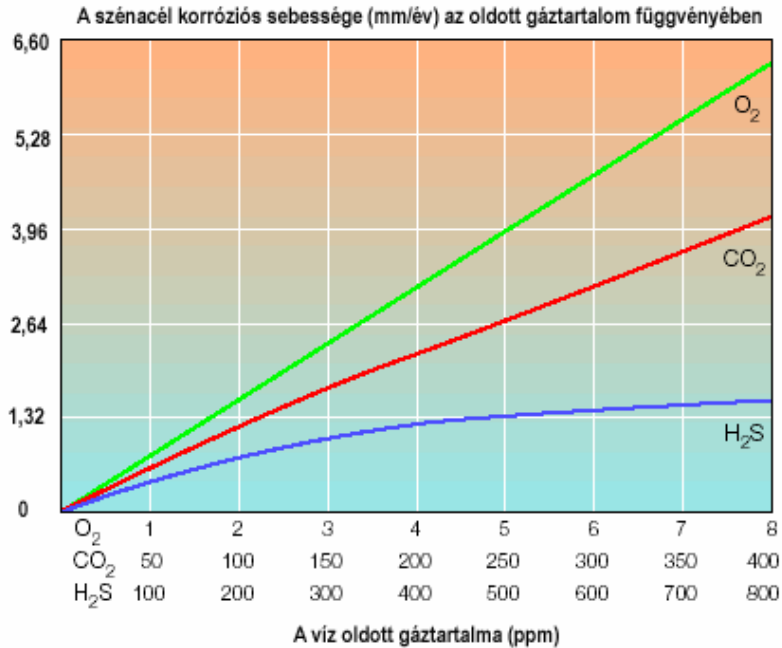


A kazánfalon történő kiválások hőeffektusai

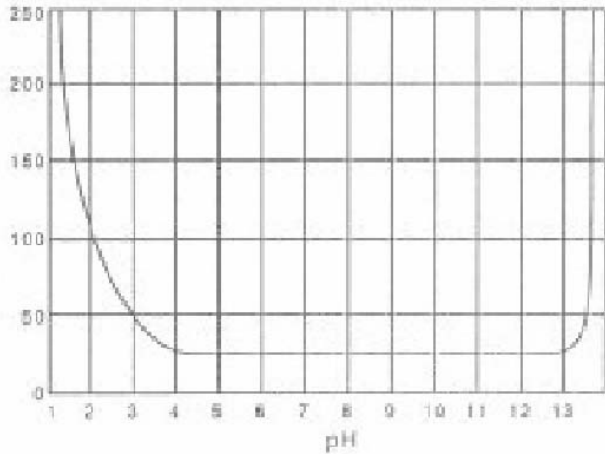
- az oxigén, szén-dioxid és más nem-kondenzálódó gázok eltávolítása a tápvízből,
- a póttápvíz és a visszatérő kondenzátum felmelegítése az optimális hőmérsékletre,
- a nem-kívánatos gázok oldhatóságának minimalizálása,
- a kazánba belépő víz hőmérsékleti maximumának biztosítása.

A kazánkorrózió legáltalánosabb okozói a vízben oldott oxigén, szén-dioxid és ammónia, melyek közül az oxigén a legveszélyesebb. A pitting korrózió és az iszap kiválás már kismértékű oldott oxigén hatására bekövetkezik.

A víz előkezelése során detektálható mennyiségű oxigén kerül a vízbe. Ehhez járul a kondenzált vízzel bekerült oxigén mennyiség, mely például a szivattyúk szívócsonkjainál beszívott, a kondenzátum gyűjtő tartály légzőcsonkján és a nyitott tartályokba bejutott levegő révén és más módon kerülhet a tápvízbe. Ezen levegő bejutási pontok kiküszöbölése döntő járul hozzá a korróziós és egyéb problémák megelőzéséhez. A vízben oldott oxigén gyakran komoly pitting korróziót okoz. A pitting különösen veszélyes, mert viszonylag kis anyagvesztés és globális korróziós sebesség mellett fal átlyukadásokat okozhat. Az oxigén korrózió mértéke függ a vízben oldott oxigén koncentrációtól, a víz pH-jától és hőmérsékletétől. A hőmérséklet hatása kimondottan fontos a zárt hevítőkben és előmelegítőkben, mert ezeken a helyeken gyorsan emelkedik a víz hőmérséklete. Magasabb hőmérsékleten csak oxigén jelenlétében lép fel komoly korróziós károsodás.

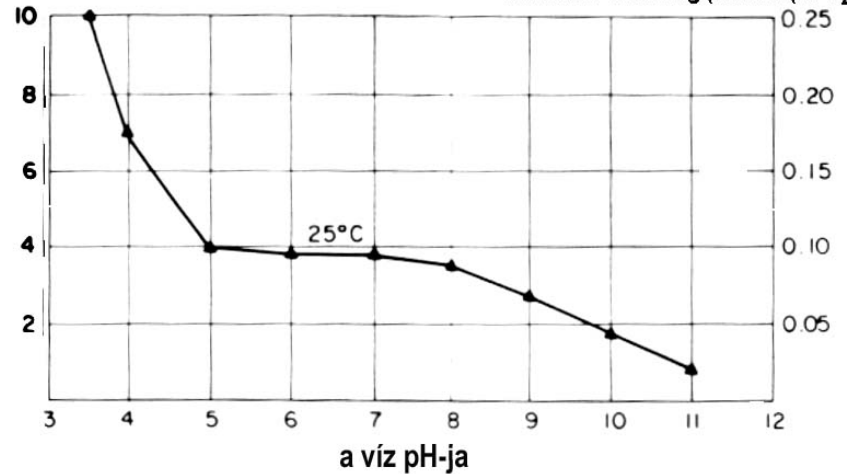


Relatív korróziós sebesség



korróziós sebesség mpy/(ml O₂/liter)

korróziós sebesség (mm.év)/(ml O₂/liter)



Az acél korróziós sebessége az oldott O₂ és a pH függvényében 25 °C-on

Mivel a kazánok fő szerkezeti anyaga a szénacél nagy a korróziós veszély. A kazán vízterébe a vas különböző fizikai és kémiai formában kerül be, de zömében vas-oxid és vas-hidroxid formában van jelen. Lúgos pH értéken és magas hőmérsékleten minden oldható vas-vegyület oldhatatlan hidroxiddá alakul. A vas-vegyületek közelítőleg a vörös vas-oxidok (Fe_2O_3) és a fekete mágneses tulajdonságú vas-oxidok (Fe_3O_4) csoportjaira bonthatók. A vörös (hematit) vas-oxidok oxidáló környezetben, például a kondenzátor vízkörben, vagy az üzemen ívű álló kazán vízterében keletkeznek. A fekete (magnetit) vas-oxidok redukzív környezetben, így az üzemelő kazánban keletkeznek.

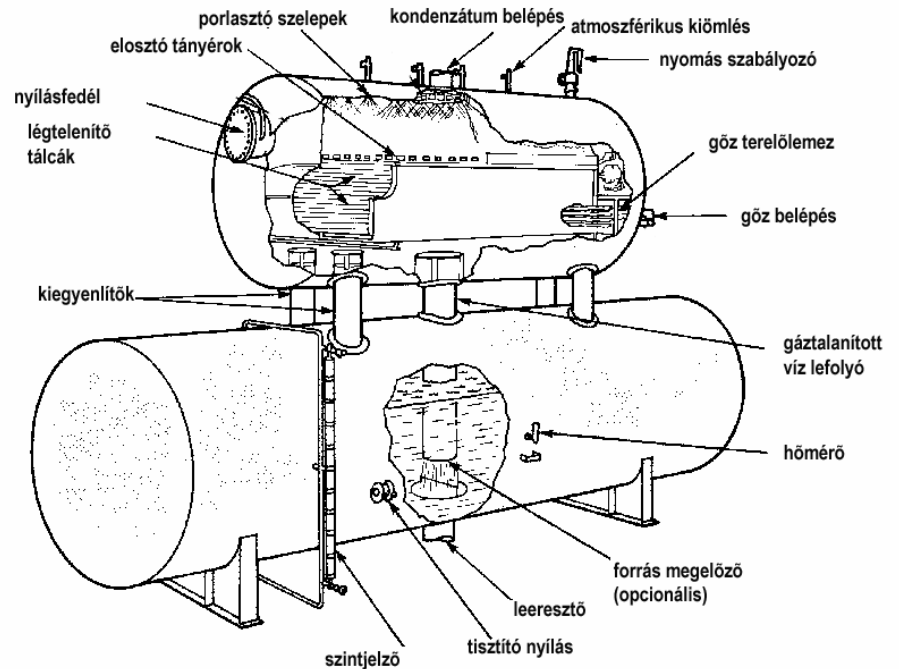
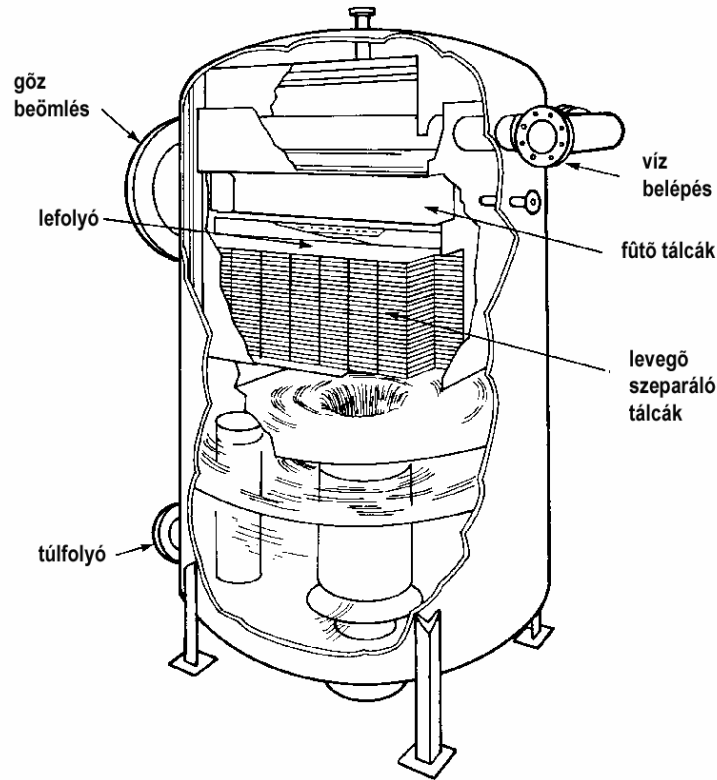
Gáztalanítók

A mechanikus gáztalanítókat a tápvíz oxigén és egyéb gáztartalmának eltávolításánál az első lépcsőben alkalmazzák. A mechanikus gáztalanítás során a szabad szén-dioxid is eltávozik, míg a kötött szén-dioxid a kazánból kikerülő gőzzel távozik és a kondenzátumban oldódik és további korróziós problémát okozhat. A gáztalanítás fő kérdése azonban az oldott oxigén eltávolítása. A gáztalanítók közül a tálcás- és a permetező (porlasztó)-típusú gáztalanítók terjedtek el. Mindkét esetben a hideg tápvizet gőz közegbe porlasztják.

Tálcás-típusú gáztalanító

A gáztalanítóban a tápvizet finom cseppekre bontják, miközben néhány sor tálcán halad keresztül. A folyadékcseppekkel ellenáramban áramló gőz kihajtja a vízben oldott gázokat és a folyadékot a telített gőz hőmérsékletének közelébe hevíti és csak nagyon kevés oldott oxigén marad vissza.

A gáztalanított víz ezután a tárolótartályba kerül, ahol gőzpárna védi a levegő beoldódásától. A szelepeknek és tálcáknak üledékmentesnek és hibátlan működésűnek kell lenniük. A következő két ábrán tálcás-típusú gáztalanítókát mutatunk be.



Tálcás-típusú gáztalanítók

Dr. Pátzay György (Cohrane Co.)

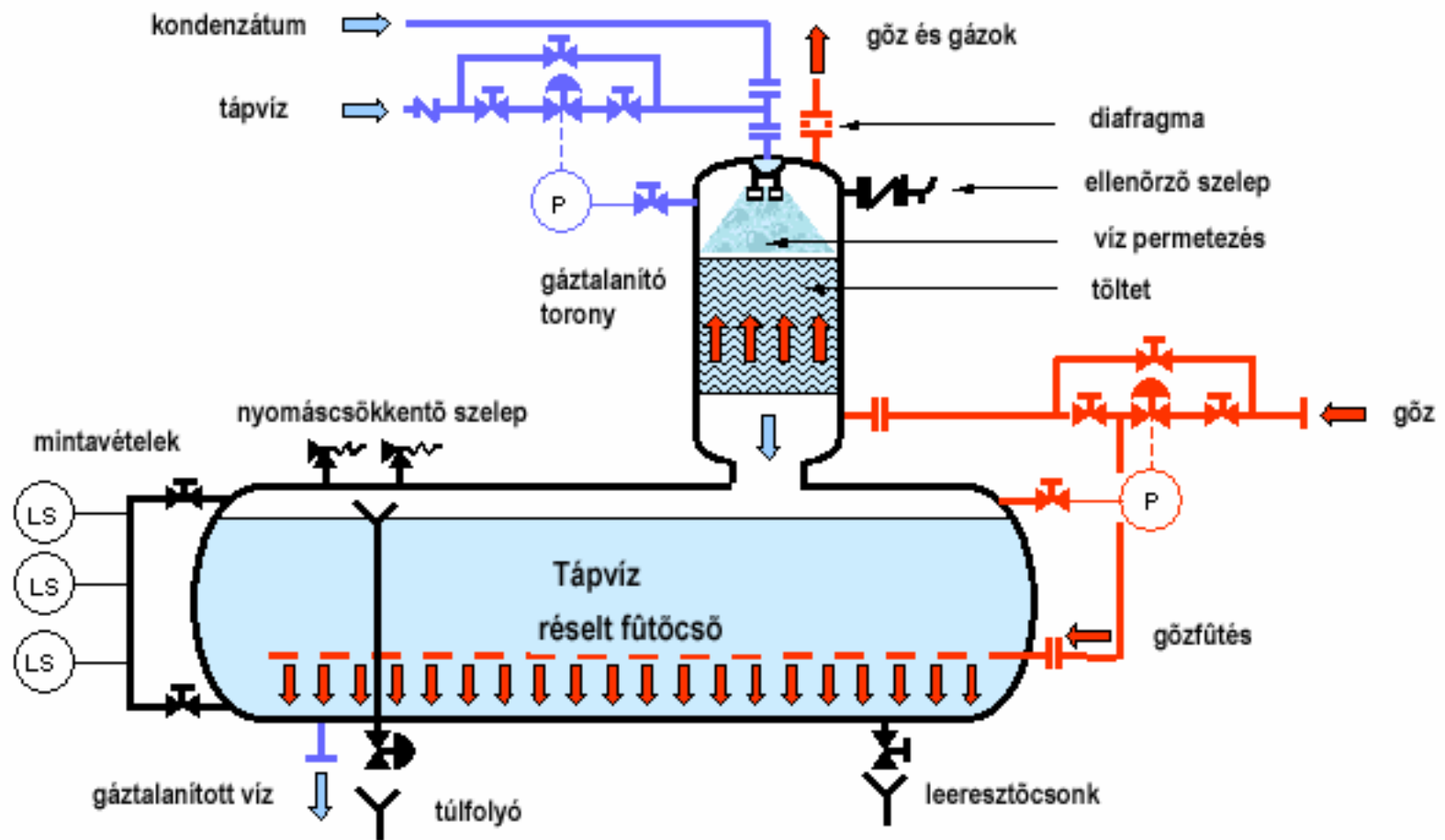
(Graver)

A tálcás-típusú gáztalanítónál a belépő víz a tálcákon áthaladva finom permetté alakul és a vízcseppekkel érintkező gőz kiűzi az oldott gázokat. A gőz a vizet a telített gőz hőmérsékletére hevíti és nyomnyi mennyiségű oxigén kivételével minden gázt eltávolít. A gáztalanított víz egy alsó tartályban gyűlik össze és gőzpárna védi a gázok újbóli beoldódásától.

A permetező-típusú gáztalanítók hasonló elven működnek, a gőz felhevíti a vizet és az oldott oxigén zöme távozik. A víz maradék oxigéntartalma a művelet után 20-50 ppm koncentrációra csökken le. Ez tálcás gáztalanítóval 7 ppb koncentráció alá csökkenthető.

Tápvíz előmelegítők

Ha regeneratív tápvíz előmelegítést alkalmaznak fontos a víz megfelelő gáztalanítása, mert oxigén jelenlétében pitting lokális korrózió lép fel. A megfelelően alacsony oldott oxigén tartalom 5-10 ppm mennyiségű nátrium-szulfit adagolásával biztosítható. Ha ez nem elegendő a tápvíz pH-ját 8-9 értékre állítják be szóda, vagy aminok adagolásával. A tápvíz oxigén tartalma indigó-kármin-A színreagenssel (0-100 ppb) és oxigén analizátorokkal határozható meg.



Egy töltetes gáztalanító sémája

II. Kazánok üzemelési problémái

1. Vízdali kiválások

A vízből keménységet okozó sók, fénoxidok, szilikátok és más tápvízszennyezők válhatnak ki. A víz kezelésével ezen kiválásokat előidéző anyagokat lehetőség szerint eltávolítják. A legjobb víztisztítási technológia mellett is bizonyos szennyező anyagok bekerülnek a tápvízbe és ott feldúsulhatnak. Ezek:

- A vízlágyító vagy sótelenítő berendezésekből elszivárgó szennyeződések
- A kondenzátor hűtővíz-betörésekből származó szennyeződések
- Gőzkondenzátum korróziós termékei

A kiválások származhatnak **vízoldható sók kicsapódásából**, a kalcium, magnézium, vas, a karbonát és hidrokarbonát, a szilikát és szulfát ionok és molekulák potenciális vízkőképző komponensek (pl. CaSO_4). A hevítés hatására az oldhatósági érték fölé növekedhet a sókoncentráció, egyes sók oldhatósága növekvő hőmérséklettel csökken. A gőzfejlesztő felületek közelében a sókoncentráció jelentősen nagyobb lehet, mint a tápvíz távolabbi részein. A kivált vízkövek sokszor tömör, hőszigetelő bevonatot képeznek és a kiválás részlegesen irreverzibilis. Kazánvízkövek komponenseit mutatja be a következő táblázat.

A fontosabb kazánkö-típusok

Név	Képlet
Acmit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$
Analcit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Anhydrit	CaSO_4
Aragonit	CaCO_3
Brucit	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
Kalcit	CaCO_3
Cancrin	$4\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CO}_2 \cdot 9\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Hematit	Fe_2O_3
Hydroxyapatit	$\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$
Magnetit	Fe_3O_4
Noselit	$4\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{SO}_4$
Pectolit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 4\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Alpha-Kvarc	SiO_2
Serpentin	$3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Thenardit	Na_2SO_4
Wallastonit	CaSiO_3
Xonotlit	$5\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

A modern kazánokban a tápvizek vízkőkiválást okozó komponenseit csaknem teljesen eltávolítják és a vas és rézvegyületek migráló szuszpendált részecskéi okoznak jelentős problémát. Ezek jelentős mértékben a kondenzátorban bekövetkezett korrózió termékei és a kazánban felhalmozódhatnak és a felületeken megtapadhatnak. A kiválások következtében a csőfal hőmérséklete megemelkedik és a kiválás tovább nő. Egyes szuszpendált részecskék „rásülhetnek” a csőfalra és nagyon kemény bevonatot képeznek. A vízoldali kiválások a kazán kilyukadását, vagy jelentős energia és költségtöbbletet okozhatnak.

2. Vízoldali korrózió

A kazán vízoldali korróziójában az oldott oxigén, sav vagy lúg és a hőmérséklet játszik fontos szerepet. Ha ezek értéke nem megfelelő, komoly pitting korrózió és ridegedés léphet fel a csőfalakon és meghibásodás lép fel. A vízzel érintkező szénacélok a hőmérséklet emelkedésével gyorsan korrodeálódnak. Tipikus az alábbi reakció:



Normális körülmények között a keletkezett magnetit gátolja a további korróziót. A friss acélfelületen kialakul egy magnetit védőréteg és megakadályozza a további korróziót. Ez a réteg 10-25 μm vastagságúig növekszik és megakadályozza a korróziót. Ez a védőréteg rendszeresen megsérül és a kazánvíz megfelelő kezelésével állítható helyre.

Tiszta kazánvízben a korróziós sebesség ~ 1 mm/év. A magnetit réteg fönntartásához pH $\sim 8,5-12,7$ lúgos pH érték szükséges. A legtöbb kazán 10,5-11,5 pH értéken üzemel.

A kazánkorrózió egyik legfontosabb oka **oldott oxigén** jelenléte a vízben. Az oxigénben dúsabb helyeken az acél katódosan, ozixigénben szegényebb helyeken pedig anódosan viselkedik. Így oxigén jelenlétében a dobban a vízvonal alatt mély pittinges bemarkódások keletkeznek.

Ugyancsak fontos korróziós paraméter a pH, **savas, vagy lúgos korróziós** támadás. A fentiekben javasolt 10,5-11,4 pH értéktől való eltérés a magnetit védőréteg sérülését és korróziót okoz.

Savas korrózió

Ha a kazánvíz pH-ja jelentősen 8,5-ös pH alá kerül bemarkódások keletkeznek (vízoldali falvékonyodás).

Lúgos korrózió

A lúgos korrózió igen gyakran a foszfáttal kezelt vizekben fordul elő, a hőátadási felületeken csapadék alakul ki. A porózus csapadékot a víz átjárja és a hőközlés következtében lokális koncentráció lép fel a kazánvízben. Ekkor az összes kazánvízben lévő só kiválik a nátrium-hidroxid kivételével és a lúg koncentráció elérheti az 1-10 tömeg% értéket. A rendkívül magas pH

következtében helyi korróziós támadás lép fel, a magnetit réteg feloldódik. A lúgos korrózió rendszertelen bemarkódások formájában jelentkezik. A lúgos korrózió eredményeként jelentős mennyiségű korróziós termék iszap lehet jelen a kazánban.

Gőzoldali bemarkódások

A kazán alacsonyabb hőmérsékletű helyein következhet be. Bizonyos hatások következtében a csőben a gőz és vízfázis rétegesen áramlik és a víz-gőz határfelületnél a csőfal bemarkódik, elvékonyodik.

Feszültségkorróziós károsodás

A feszültségkorrózió okainak megállapításához metallurgiai vizsgálatok szükségesek. A korróziós hatás lehet kristályközi és transzkrisztallin korrózió. Általában nagyobb kazánnyomásoknál lépföl.

3. Ridegedés

Általában lúgridegedésként vagy kristályközi törésként ismerik. Általában ezt a károsodást nem lehet kimutatni, általában hirtelen következik be a törés és katasztrófális eredménnyel jár. A kristályközi törés előidézésében a következő faktorok játszanak szerepet:

- Kazánvíz folyás, gőzvesztés, mely a kazánvíz jelentős koncentrációval jár.
- A koncentráció következtében tömény nátrium-hidroxid hat a felületre,
- A koncentrált lúgos felületre nagy mechanikai feszültségek hatnak.

III. Kazánvíz kezelés

A kazánvizek kezelés több mint 75 éves.

•1920 előtt

Szódás vízüzem. Nátrium-karbonát adagolásával a különösen veszélyes kalcium-szulfát vízkövet egy könnyebben kezelhető vízkővé, kalcium-karbonáttá alakították.

•1920-as évek

Foszfátos vízüzem. Vízoldható foszfátot és lúgot adagoltak a kazánvízhez a kalcium és magnézium ionok kicsapódásának elősegítésére. A keletkezett (lebegő állapotú) iszapot kézi leiszapolással távolították el. A kalcium hatásos kicsapódásához legalább 9,5 pH érték volt szükséges. Lúgok megfelelő adagolásával a pH értéket 10,5 értékre állítva elérhetővé vált a teljes lecsapás. A csapadékok a következő reakciókban keletkeztek:



Mindkét csapadék rosszul tapad a kazánfalhoz és lefúvatással eltávolítható. A szükséges foszfát, lúg és szilikát mennyiségét a reakciók alapján számított mennyiségek és a reakció teljessé tételéhez szükséges felesleg határozza meg. Elegendő lúg híján savanyú kalcium-foszfátok válhatnak ki, melyek jól tapadnak a kazánfalhoz.

•1950-es évek

Foszfátos-szerves vízüzem. Felületaktív anyagokat (lignin, tannin) is adagoltak a kazánvízhez. Ezek az anyagok a diszpergáló és adszorpciós hatásuk révén a iszapot fluidizált állapotban tartották.

•1960-as évek

Foszfátos-polimer vízüzem. Szintetikus polimerek (SSMA, PMA, PAA) adagolásával extrém diszperziós hatást értek el az iszap lebegő állapotba tartása céljából.

•Kelátos vízüzem

A csapadék képzésére hajlamos komponenseket a kelátképző oldott állapotban stabilizálta.

Jelenleg tehát kétféle kazánvíz kezelés szokásos:

Csapadékos vízkezelés(foszfátos-polimer vízüzem)

Folyamatos lefúvatást igényel. Bármely vízkeménységnél alkalmazható és gazdaságos. A csőfalakon világos-szürke bevonat alakul ki.

•Oldatban tartó vízkezelés ((kelátos-polimeres vízüzem)

A csapadék képzésre hajlamos komponenseiből oldható kelát-komplexeket képez. Nem keletkezik csapadék, jobb a hőátadás, de drágább, különösen nagyobb keménységek esetén, a technológia kézben tartása nehezebb. Nem alakulhatnak ki bevonatok a kazán felületeken.

IV. A kondenzátor rendszer üzemelési problémái

A rendszer a kondenzátorból, gyűjtőkből, szabályozókból és a csővezeték rendszerből áll. Megfelelő üzemvitel és karbantartás mellett nem okoz üzemelési problémát.

Potenciális korróziós problémák

A visszatérő kondenzátum alapvető korróziós problémái az oxigén, széndioxid és a réz-komplexek korróziós hatásaival függenek össze.

Oxigén korrózió

Nagy pittinges lyukak formájában jelentkeznek. A lyukban fekete oxid, míg a környezetében vörös vasoxid található. Ha a lyukban vörös vasoxid található, az már a korróziós termék átalakulását jelzi. A túlnyomás és a vákuum következtében számos helyen juthat be oxigén a kondenzátum rendszerbe. Nem megfelelő tápvíz gáztalanítás ugyancsak okozhat oxigén korróziót a kondenzátor rendszerben.

Széndioxid korrózió

A széndioxid oldott gázként is bejuthat, és helyben is keletkezhet a karbonát és bikarbonát lúgosságot okozó sók hőbomlása révén. Általában az oldott szén-

dioxidot a gáztalanításnál eltávolítják, de a természetes eredetű karbonátok és bikarbonátok bomlásából keletkezhet:



Míg az első reakció teljesen végbemegy, a második csak 80%-os átalakulásig. A széndioxid korrózió általános korróziós veszteségként jelentkezik főleg a feszültséggel rendelkező helyeken.

Réz-komplexek korróziója

Leggyakrabban a vízben lévő ammónia hatására réz-komplexek alakulnak ki és a réz-tartalmú ötvözetek oldódnak.

A kondenzátor rendszer korróziós védelme

Korróziós védelmre semlegesítő aminokat, filmképző aminokat, ezek kombinációját és hidrazint alkalmaznak. A semlegesítő aminok hidrolízisük során a keletkező hidroxiddal semlegesítik a vízben lévő széndioxidot és a pH-t 8,5-9,0 értékre állítják be. A filmképző aminok védőfilmet képeznek a fémfelületen a széndioxid és az oxigén támadás ellen.

Ioncsere

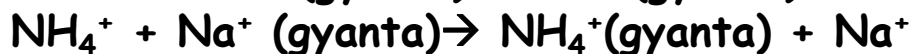
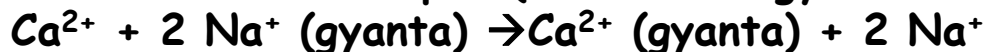
Az ioncserélők olyan szilárd anyagok, amelyek pozitív vagy negatív töltésű ionos csoportokat tartalmaznak és az azokhoz kapcsolódó, szabadon mozgó ionjaikat képesek más, azonos töltésű ellenionokkal kicserélni.

Az első gyakorlati célra alkalmazott ioncserélő anyagok szervesen, mikrokristályos szilikátvegyületek voltak (pl. zeolit, glaukonit). Ezt követően szulfonált természetes szeneket alkalmaztak, jelenleg az ioncserélők nagy része műgyanta alapú, vázuk sok esetben polisztirol és divinilbenzol kopolimer (pl. Varion gyanták). A kationcserélő gyanták általában szulfonsav-csoportokat, az anioncserélők negyedrendű ammóniumiont vagy egyéb amincsoportokat tartalmaznak.

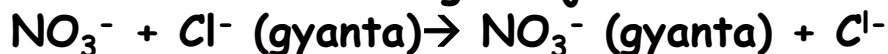
A vízkezelésben korábban az ioncserét főként a víz lágyítására alkalmazták (Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok cseréje Na^+ ill. H^+ ionra). Az utóbbi időben a felhasználandó vizek fokozott nitrát-, ammónium- és fém-ion szennyeződése az ioncserélők szélesebb körű alkalmazását tette szükségessé.

Az ioncsere egyenértékű mennyiségek reverzibilis reakciója:

Kationcsere esetén pl.: (Na^+ ciklusú gyanta-vízlágyítás)



Anioncsere esetén legelterjedtebb a klorid- vagy hidroxid ciklusú ioncsere pl.:



Hátránya, hogy az ioncserélt víz kloridtartalma megnő. Drágább, de környezetkímélő megoldás a hidrogén-karbonát ciklusú anioncsere; tekintve,

hogy a természetes vizek iontartalmának nagy része HCO_3^- (ld. az ivóvízminőség határértékeit). Az ioncserélők alkalmazásakor a víz sótartalma összességében nem, csak összetételében változik. (Kivétel az ionmentesítés. Ez pl. H^+ és HCO_3^- vagy OH^- ciklusú ioncserélők együttes felhasználásával valósítható meg.)

Az ioncserélő gyanták híg vizes oldatokban a jelenlévő ionok közül nagyobb arányban cserélik le ionjaikra (szelektivitás):

- az azonos vegyértékű ionok közül a nagyobb atomtömegűt,
- az eltérő vegyértékűekből a nagyobb vegyértékűt,
- a nagyobb aktivitási koefficiensűt.

A kationcserélő gyanták elsősorban alkáliföldfémek ionjaira szelektívek, az anioncserélő gyanták a nitrát- és a szulfátionokra.

Egyes egyvegyértékű kationok megkötésére a víztisztításban az ioncserélő gyantákná szelektívebb zeolitokat használnak.

A zeolitok alumínium-szilikát ásványok, speciális Si - O gyűrűk övezte csatornás szerkezetűek, rácsüregük miatt molekulaszitáknak is nevezik őket.

A vízszennyező anionok kicserélésére a műgyanták használata terjedt el. Az ioncserélők alkalmazásakor a lebegő szennyezőanyagokat előzőleg el kell távolítani a kezelendő vízből (pl. derítés) azért, hogy azok ne rakódhassanak le az ioncserélő szemcsék felületén.

Az ioncsere folyamatok sebességét különféle részfolyamatok szabják meg, pl. keveredés, anyagátmenet a folyadék-szilárd fázis között, pórusdiffúzió.

Az ioncsere kétféleképpen valósítható meg: szakaszos és folyamatos eljárással. A szakaszos eljárás során az ioncserélőt kevertetik a tisztítandó oldatban, majd attól elválasztják. A folyamatos eljárás esetén oszlopba töltik az ioncserélő szemcséit, ezen bocsátják át a tisztítandó vizet. Ez utóbbi

kedvezőbb, mert az ioncserélő ionmegkötőképességének jobb kihasználása mellett (nagyobb hatékonyság) a regenerálás is gazdaságosabb. A tisztítás hatékonyságáról az idő függvényében az átfolyó oldatban meghatározott komponens-koncentráció tájékoztat. A folyamatot az áttörési görbe jellemzi. Az ioncserélőre kerülő oldatot az oszlopon felülről lefelé áramoltatva az oszloptöltet fokozatosan telítődik, a szorpciós zóna egyre lejjebb kerül, ezzel párhuzamosan az átfolyt oldatban az eltávolítandó komponens koncentrációja nő (lásd ábra).

Az ioncserélőt és az ioncsere folyamatot jellemző néhány fogalom.

Az ioncserélő teljes (összes) kapacitása: az az egyenértékben kifejezett ionmennyiség, amit az egységnyi térfogatú ioncserélő sztöchiometrikusan megkötni képes. *Egysége: $mval\ ion / cm^3$ ioncserélő.*

Áttörési pont: adott ionkoncentrációhoz tartozó időtartam vagy folyadéktérfogat, amelynél a kérdéses ion koncentrációja az ioncserélőről elfolyó oldatban egy megadott értéket elér.

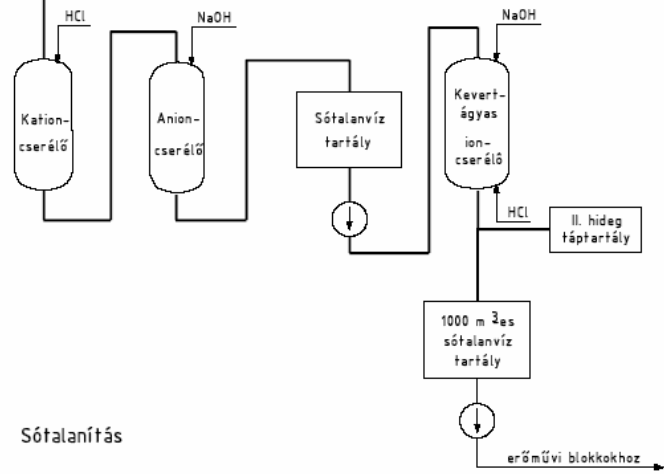
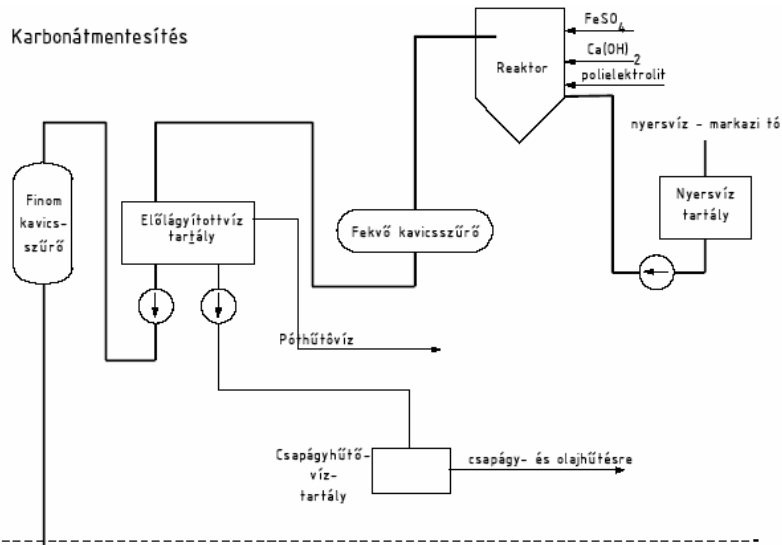
Hasznos kapacitás: az ioncserélő által az áttörési pontig megkötött összes ionmennyiség *$ion\ mval/cm^3$ ioncserélő egységekben.*

Gyakorlati kapacitás: a kérdéses ionra vonatkoztatott hasznos kapacitás értéke.

Oszlopkihasználás: a hasznos kapacitás és a teljes ioncsere kapacitás hányadosa.

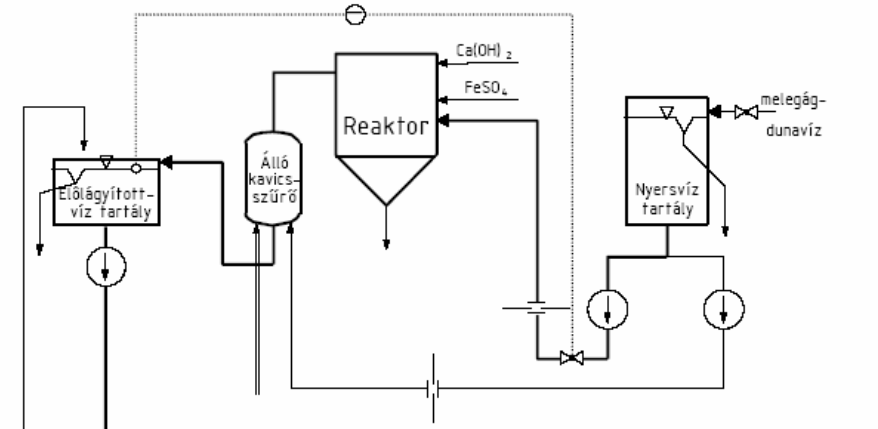
Holtterefogat: az ioncserélő berendezésnek a nem tisztítandó folyadékkal (desztillált vízzel) kitöltött térfogatrésze.

Karbonátmentesítés

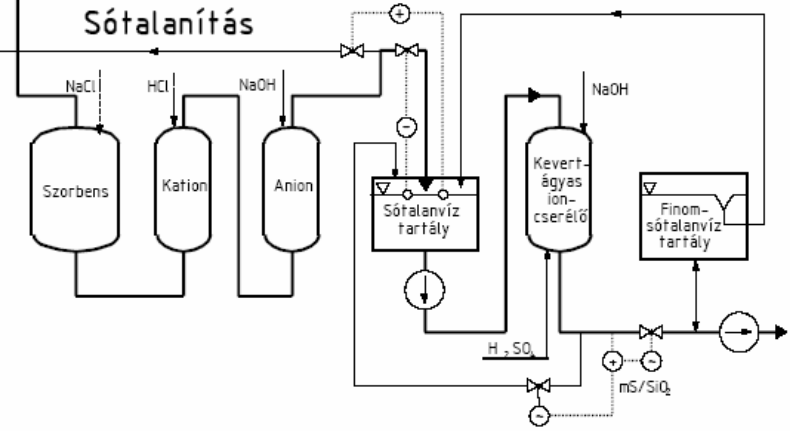


Sótalanítás

Karbonátmentesítés



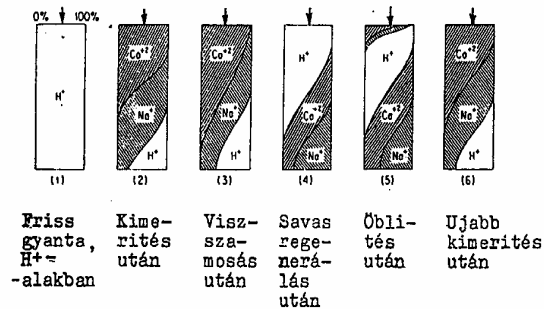
Sótalanítás



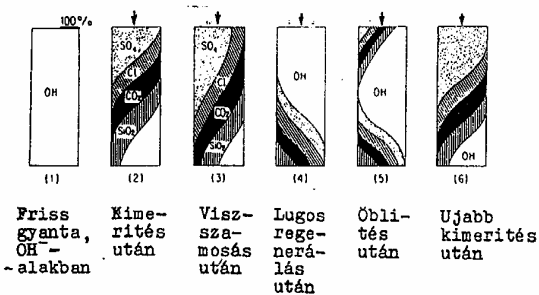
A pákai atomerőmű vízelőkészítő rendszere

A mátrai erőmű vízelőkészítő rendszere

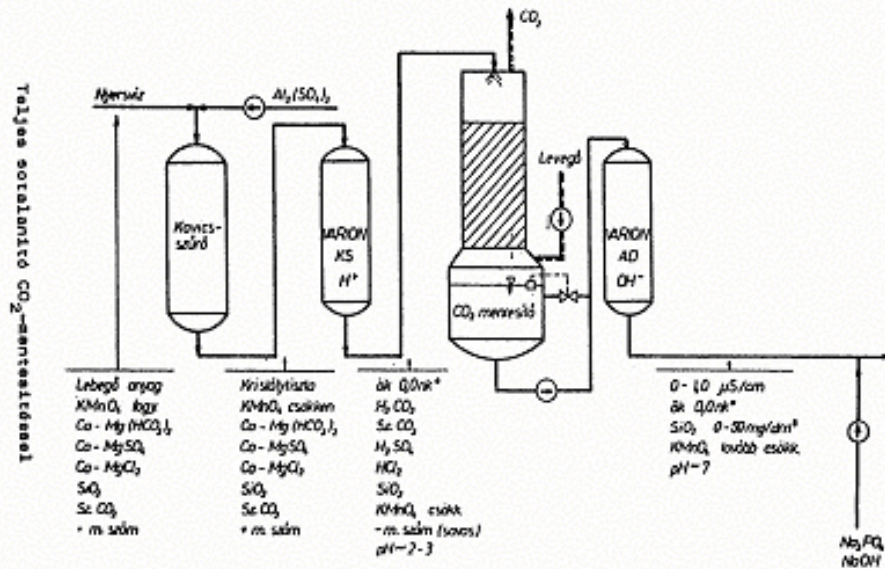
Dr. Pátzay György



H⁺-formában levő kationcserélő oszlop ionösszetétele, felülről-lefelé történő telítés és regenerálás esetén



OH⁻-formában levő anioncserélő oszlop ionösszetétele, felülről-lefelé történő telítés és regenerálás esetén



Koncentráció frontok az ioncserélő oszlopokon (balra) és egy ioncserélő teljes sótalanító üzemi sémája (fent)

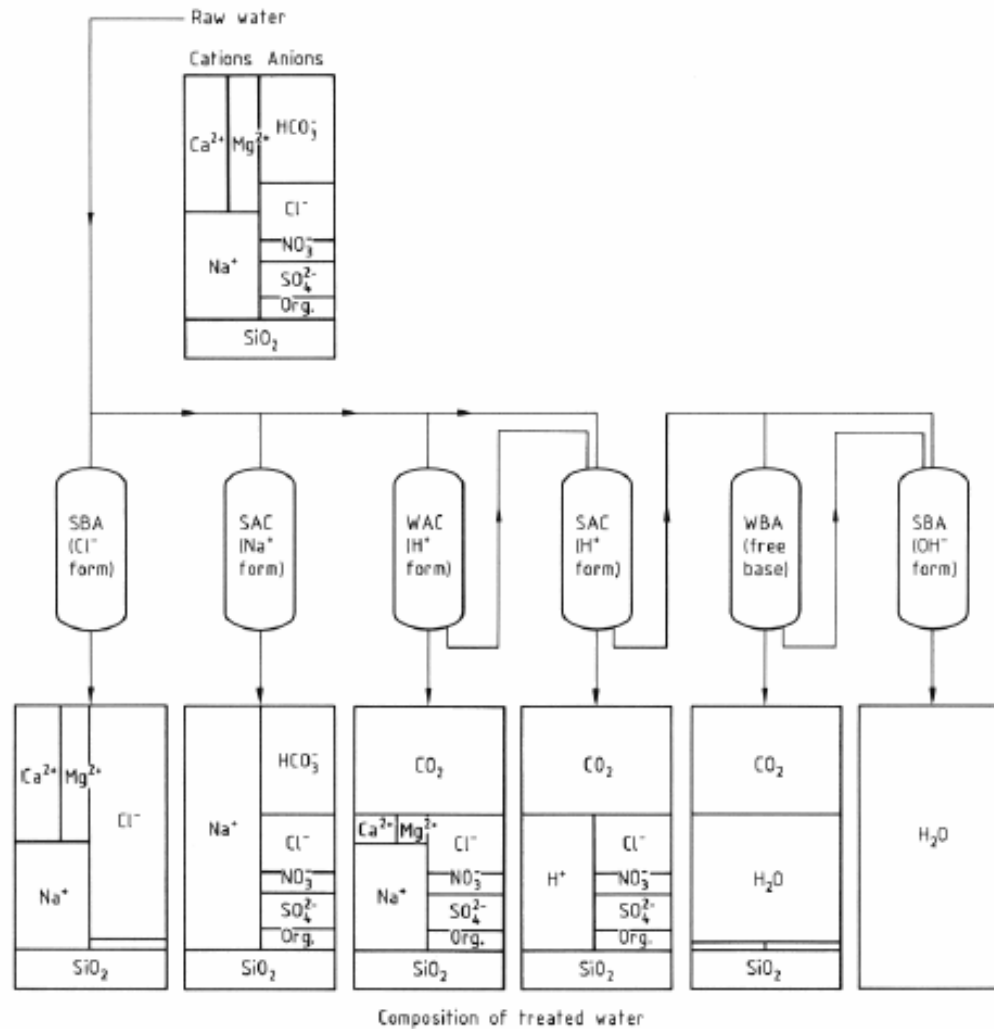


Fig. 6: Summary of the kinds of ion exchange used in water treatment

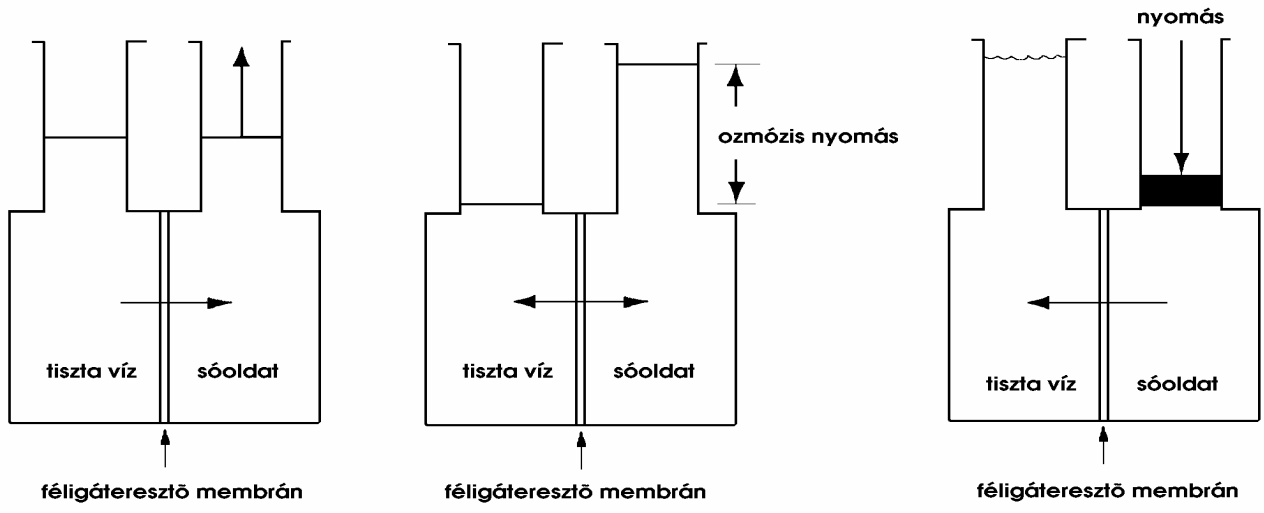
SAC = strongly acidic cation exchangers ; SBA = strongly basic anion exchangers ;

WAC = weakly acidic cation exchangers ; WBA = weakly basic anion exchangers

MEMBRÁNTECHNIKAI VÍZKEZELÉS- FORDÍTOTT OZMÓZIS - RO

Az ozmózis jelenségét először a 18. században írták le. A természetben a víz szállítása ozmózis segítségével történik. Például amikor a gyökerek vizet szívnak fel, a sejtfalak egy természetes ozmózis-membránt képeznek, mely elválasztja a szennyeződések a tiszta víztől. Környezetünk további elszennyeződésének megakadályozására minden iparágban keresik az úgynevezett "tiszta technológiákat." A fordított ozmózis (angol nyelvű rövidítése RO) a vízkezelés területén nyújt erre egy jó alternatívát. Az eljárás az élővilágban is jól ismert ozmózis jelenségét hasznosítja. Az ozmózisos rendszerek fő működési eleme egy félig átteresztő membrán, amely az oldószert (pl.: víz) áttereszt, de az oldott sókat döntő részben visszatartja. Ha egy só oldatát és oldószert ilyen membrán választ el, ozmózis nyomás jön létre. Ugyanis az oldószert a membránon átdiffundálva hígítani igyekszik az oldatot, miközben ott hidrosztatikus nyomásnövekedést idéz elő.

A folyamat megfordításával jutunk el az iparban is alkalmazott fordított ozmózishoz, ahol a sóoldatra nyomást gyakorolva az oldószert a membránon átkényszerítve nyerjük ki. A fordított ozmózis egy tipikus fizikai szétválasztási művelet, amelynek során a környezet terhelés minimális. Kedvező tulajdonságainak köszönhetően a vízkezelés széles területein alkalmazható; például kazánok, hűtőrendszerek pótvízigényének előállítására, tengervíz sótalanításra, ivóvíztisztításra, ipari-technológiai vízigények biztosítására, ipari szennyvizek kezelésére, bio technológiai elválasztások megvalósítására stb.



Az ozmózis és a fordított ozmózis jelenségének magyarázata

Ozmózis nyomás

Ozmózis nyomás

$$(4) \Pi = \frac{nRT}{V} = M \cdot RT$$

ahol, Π = ozmózis nyomás (atm)

n = mólok száma

T = hőm. (K)

V = térfogat (L)

M = molaritás (mol/L)

R = univerzális gázállandó
= $0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Tengervízben 3.4 g NaCl van literenként.
Mekkora az ozmózis nyomás 20°C-in?

$$\Pi = M \cdot RT$$

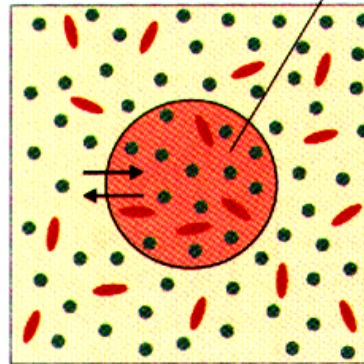
$$M = 3.4 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{58.5 \text{ g}} \cdot 1 \text{ L} = 0.582 \text{ M}$$

$$\Pi = 0.582 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0.0821 \frac{\text{L atm}}{\text{mol K}} \cdot 293 \text{ K}$$

$$\Pi = 1.4 \text{ atm}$$

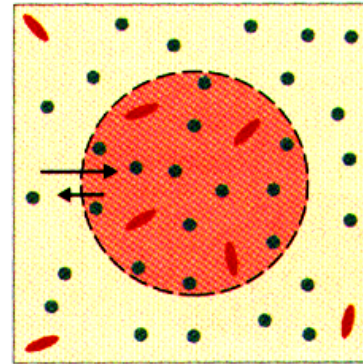
•0,01 mol/l cukoroldat 2,35 m magas vízoszlopnak megfelelő ozmózis nyomást hoz létre.

Izotóniás



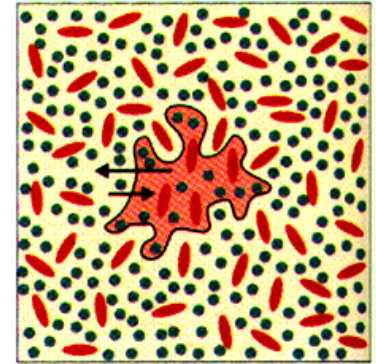
(a)

hypotóniás



(b)

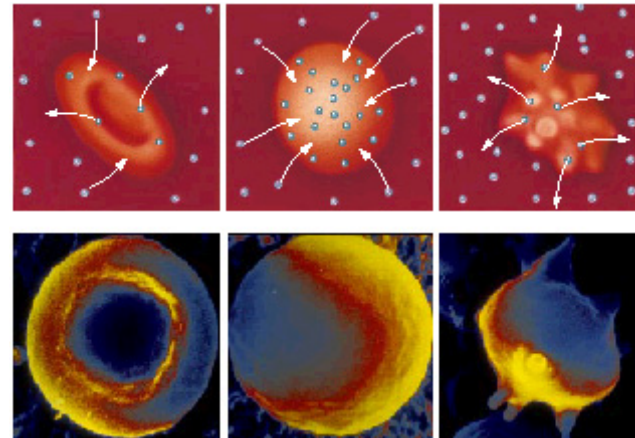
hypertóniás



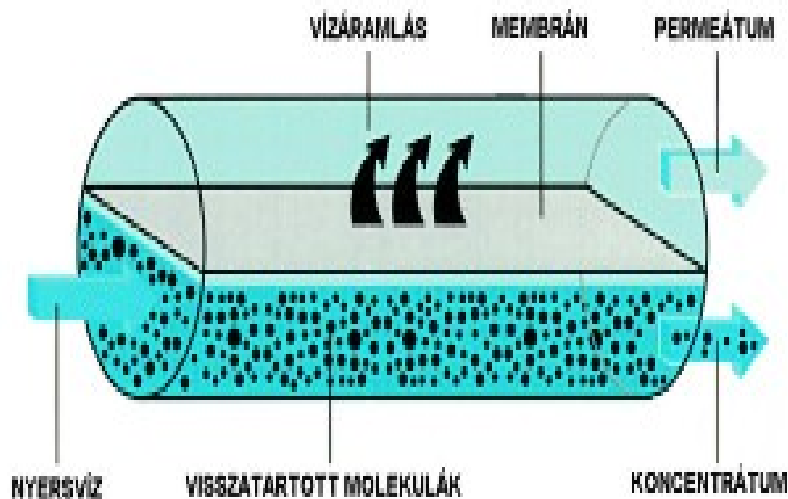
(c)

● Ordinary-sized ions and molecules
● Macromolecules

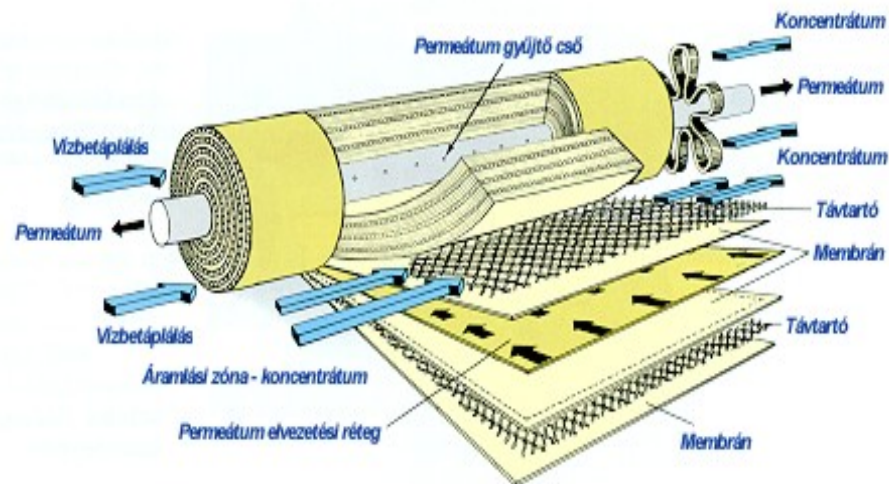
→ Arrows show the migration of water molecules
←



A membrántechnika napjainkban is lendületesen fejlődik. Ennek köszönhetően olcsóbb és megbízhatóbb membránelemeket konstruálnak, amelyek egyre kisebb belépő nyomással, egyre jobb kihozatalt biztosítanak. A membránokat helyigényük mérséklése céljából leggyakrabban feltekert állapotban, úgynevezett spirálemekben építik be.



Csőmembrán



Spirális tekercsmembrán

A finom felületi tulajdonságok és a tekerceselt forma gondos vízelőkezelést igényel a membránszeparációs eljárás előtt. A legfontosabb membránkárosító hatások, amelyekről a készülékeket védeni kell:

Fizikai felületi elszennyeződés

Kémiai kiválás, lerakódás

Oxidatív, vagy agresszív hatású anyagok mikrobiológiai szaporodásból adódó felületlerakódás

A műanyagból (poliamid, cellulóz-acetát) készült membránfelületet tehát sok minden károsítja ezért bonyolult és költséges előkezelés szükséges. Az előkezelés kötelező elemei ezért a finomszűrők, a kémiai és biológiai stabilizálók (pl.: előlágnyítók, vegyszeradagolók stb.) Egyéb beavatkozás akkor szükséges, ha a vas, mangán, szabad klór, vagy más membránkárosító anyag mennyisége a megengedett értéknél magasabb.

A sótalanított víz minősége a működő membránok sóvisszatartó képességétől, az alkalmazott nyomástól, a membránok számától, a technológiai körülményektől függően változó.

Speciális vízminőségi igények kielégítésére, beruházási vagy üzemköltség-kímélő megfontolásból néha utókezelő egységeket is kell a rendszerbe építeni. A leggyakrabban alkalmazott utókezelők:

- Kevertágyas ioncserélők**
- Gáztalanítók**
- csíráltalanítók**
- Utólágnyítók**
- Vegyszeres kondicionálók**

Az RO berendezés telepítéséhez (tervezéséhez) szükséges legfontosabb alapinformációk:

Kezelt víz minőségi elvárások

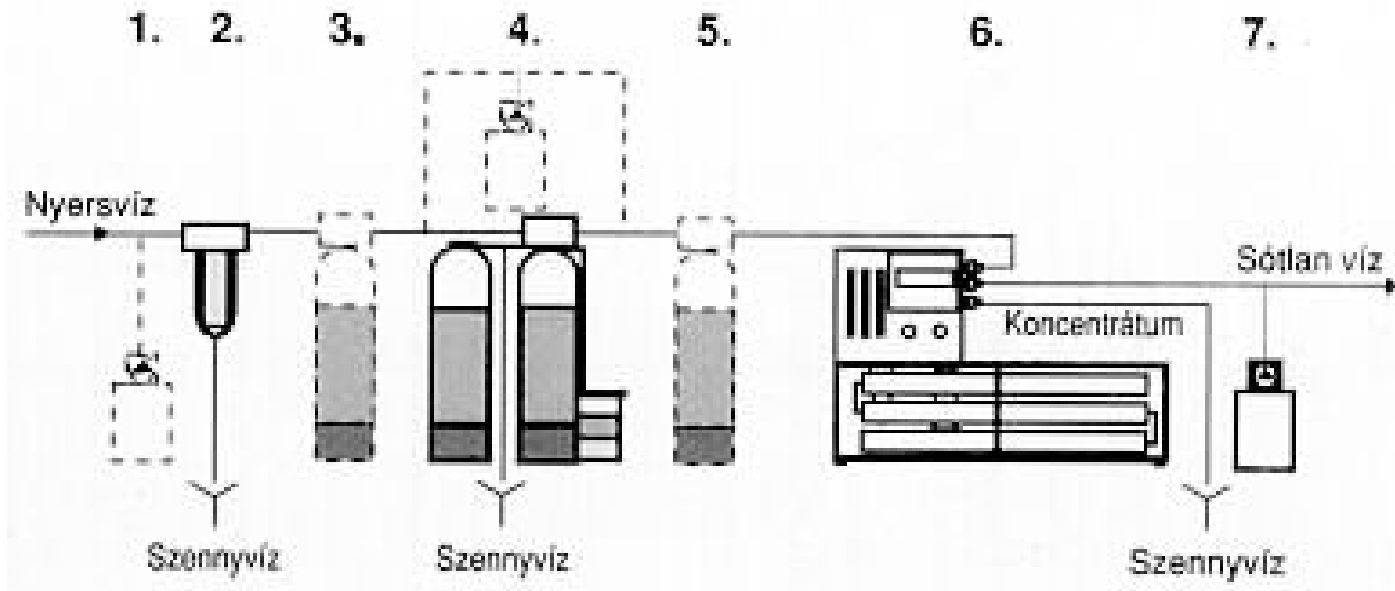
Kezelt víz mennyiségi elvárások

Komplett nyersvízanalízis adatok

Telepítési feltételek, építészeti adottságok, tárolókapacitások, nyomásadatok, vezérlési csatlakozások

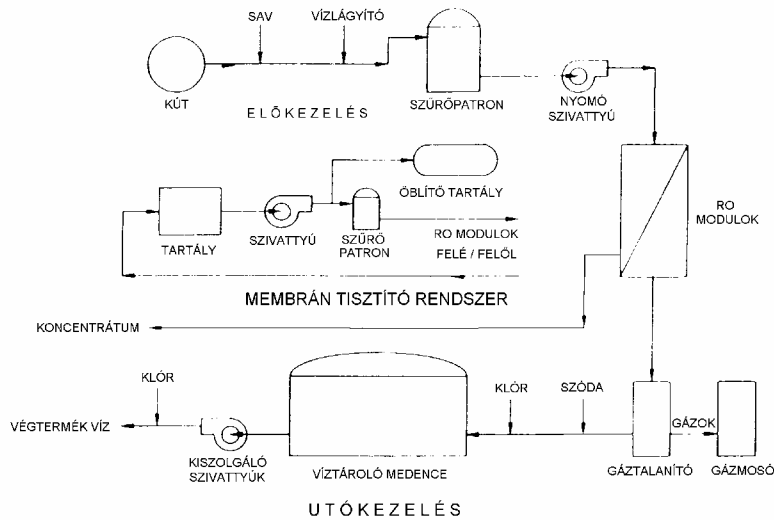


Egy fordított ozmózisos víz sótalanító sémája



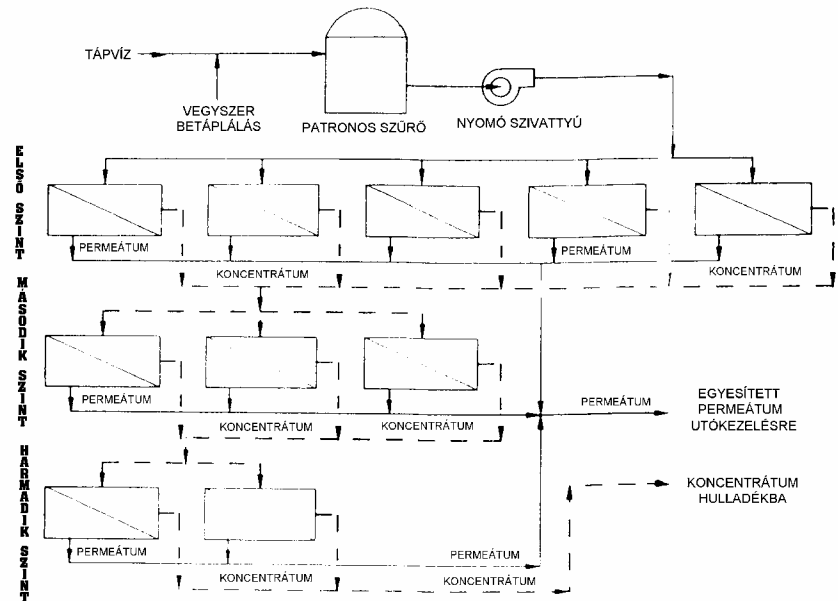
1. **Vegyszeradagoló** a biológiai fertőzés megakadályozására
2. **Lebegőanyag szűrő**
3. **Vastalanító berendezés** 0.3 ppm-nél nagyobb oldott vastartalom esetén
4. **Ikeroszlopos vízlágyító** - alternatív megoldás a vegyszeradagoló
5. **Aktívszén szűrő** magas szervesanyag illetve szabad aktív klórtartalom esetén.
6. **Fordított ozmózis berendezés**
7. **Vegyszeradagoló** tápvíz kondicionálás céljából

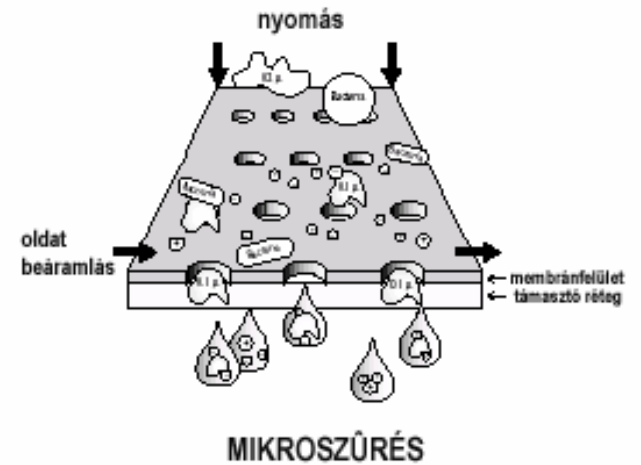
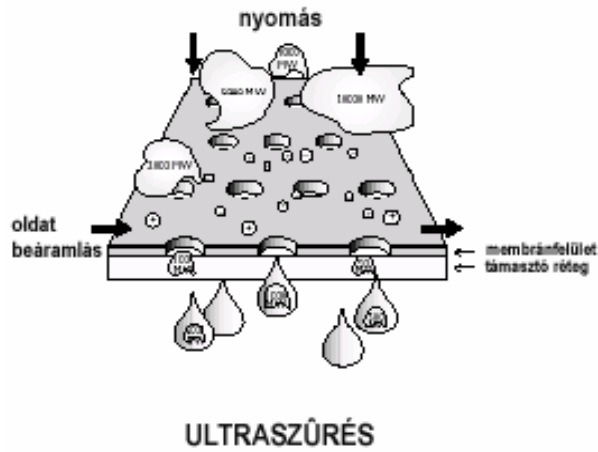
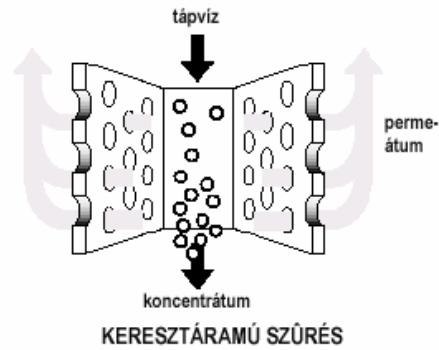
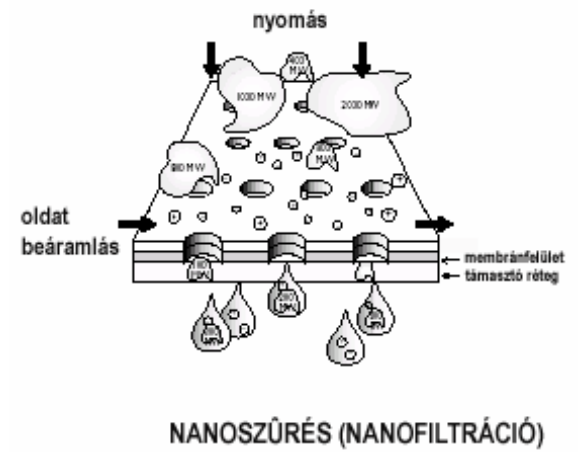
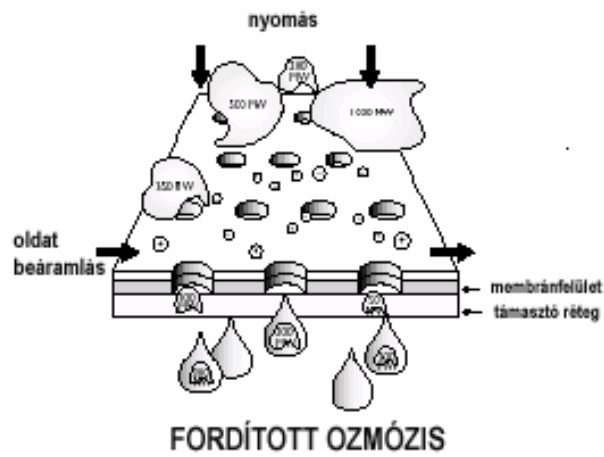
Dr. Pátzay György



Fordított ozmózis folyamatábrája

3 fokozatú RO berendezés kapcsolása





Atomerômûvek vízüzeme

VVER-440/213 A könnyûvizes atomerômûvek nem tudják a fosszilis tüzelôanyagú erômûvek 36-39 %-os hatásfokát produkálni. Ennek oka, hogy pl a nyomottvizes atomerômûveknél egyszeri átömlésû (once through)gôzfejlesztô mellett csak kismértékû 17-34 °C-os túlhevítés érhetô el. Az U-csôves recirkulációs gôzfejlesztôvel ellátott PWR-ek és a BWR-ek esetén pedig még túlhevítés sincs. Így az elérhetô hatásfok ezeknél az erômûveknél maximum 32-33%, mert nagyobb a hêveszteség a kondenzátor hûtôvize felé.

A primer kör vízüzeme

Nyomottvizes atomerômûben beszélhetünk:

- semleges vízüzemrôl
- gyengén lúgos (ammóniás) vízüzemrôl
- erôs bázisokat alkalmazó vízüzemrôl
- bóros szabályozású vízüzemrôl

1. Semleges vízüzem

Nagytisztaságú sótalanvízzel üzemel, pH 5-7. Ehhez nagyon tiszta sótalan víz, kétlépcsô gáztalanítás (fizikai+kémiai), hidrogénfelesleg a vízben, részáramú ioncserés víztisztítás szükséges.

Hátrányai:

- alacsony ötvözetû acélok esetén sok korróziótermék került a vízbe
- a lerakódott felaktívált korrózió termékek megemelték a primerkör aktivitás szintjét, így az üzemeltetést és karbantartást
- ha a térfogatkiegyenlítőben nitrogént használtak, ebbôl salétromsav keletkezett, így csökkent a pH, nôtt a korrózió.

2. Gyengén lúgos (ammóniás)vízüzem

pH 9-9.5 értékű, ammónia tartalmú víznél azt tapasztalták, hogy a szerkezeti anyagok korróziója lecsökkent. Hasonló eredményt kaptak hidrazin adagolása esetén is, mely hidrolízise és termolízise során ammónia, hidrogén és nitrogén keletkezik. Az ammóniakoncentráció egyensúlyi értékének fenntartásához NH_4^+ és OH^- -formájú ioncserélő tölteteket alkalmaznak. Ekkor a vízben levő ionok megkötődnek az oszlopokon és helyettük ammónium és hidroxil ionok mennek oldatba.

3. Erős bázisokat alkalmazó vízüzem

Nyomottvízes atomerőművek primerköri szerkezeti anyagai pH 10 érték körül korróziós stabilitást mutatnak. Erős lúgosítószertként lítium- vagy kálium-hidroxidot alkalmaznak. Lítium esetén ^7Li -ra dúsított hidroxidot alkalmaznak, míg a kálium-hidroxid esetén hosszú élettartamú ^{41}K , ^{42}K izotópok keletkeznek. A víz tisztítására lítium- vagy kálium-formájú kationcserélő gyantát tartalmazó kevertágyas ioncserélőt alkalmaznak. Ez a vízüzem nem terjedt el.

4. Bóros szabályozású vízüzem

Nagyobb erőművi blokkoknál a teljesítmény szabályozást már nem lehetett szabályozó rudakkal megoldani. Az oldott állapotú bórsavval bevitt bór alkalmas volt erre a feladatra, mert kelégítette a következő követelményeket:

- vízben oldható, és oldott állapotban is jó neutronabszorpciós tulajdonságokkal rendelkezik,
- kémiai és fizikailag stabil a reaktor üzemi körülményei között,
- a primerköri vízben levő más vegyi anyagokkal nem reagál,
- vizes oldatban elektrolitikusan disszociál,
- nem károsítja a primerkör szerkezeti anyagait.

A beadagolt bórsav csökkenti a víz pH-ját, ezért lúgadatolás szükséges és az oxigéntartalmat is minimalizálni kell. A víz radiolízisének visszaszorítására ammóniát, vagy hidrazint adagolnak. A VVER-440 szovjet reaktornál kevert $K^+ + NH_4^+$ vízüzemet alkalmaznak a bór mellett.

Ennek a vízüzemnek az erős bázist alkalmazó vízüzemmel szemben az alábbi előnyei vannak:

- stabilizálja a részáram tisztító kationcserélő üzemét pufferkapacitása révén, így a kálium szint közel állandó a vízben,
- nem kell hidrogént külön adagolni, mert az ammónia bomlásakor keletkezik,
- a reaktor lehűlésekor a pH-t magasabb szinten lehet tartani.
- kevésbé agresszív a fűtőelemburkolatra, ebben a közegben, hidrogén jelenlétében csökken a magnetit oldhatósága.

A bórsav lúgos adalékkal (ammónia, kálium, lítium) nem okoz aktivitás pulzálást (larakódások, majd kimosódások), nem növeli a primerkörü szerkezeti anyagok korrózióját, nem nehezíti a hőhordozó ioncserés tisztítását és a bórsav eltávolítását.

Primerkörü hőhordozó szennyeződései és azok eltávolítása

Nyomottvízes atomerőműben a primer körben levő radioaktív izotópok forrásai:
a póttápvízzel bekerült szennyeződések felaktiválódása,
a hőhordozóban (víz) levő korróziótermékek felektiválódása,
a hőhordozóban levő radioaktív gázok,
az ioncserélő gyanták bomlástermékeinek felektiválódása,
az adagolt vegyszerek szennyezőinek felektiválódása,
a fűtőelemek tömörtelenségein kiszivárgó hasadvány izotópok.

A pótvíz szennyeződéseinek felaktiválódása

A jelenlegi víztisztítási eljárások nagytisztaságú sótalan vizet termelnek, melynek jellemzői Pakson:

fajlagos vezetőképesség	< 0,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$
szilikát koncentráció	< 0,03 mg/dm^3
klorid koncentráció	< 0,02 mg/dm^3

A nagytisztaságú sótalan vízben neutronok hatására az radioaktív izotópok keletkezhetnek

Korróziós termékek felaktiválódása

Ez az egyik legjelentősebb szennyezőforrás a hasadványszivárgás mellett. A korróziós termékek nem oszlanak el egyenletesen a primer körben, a teljes mennyiség 40-50 %-a szilárd bevonatot alkot a berendezések felületén, 30-40 %-a pedig lerakódások formájában az áramlási holtterekben gyűlik össze.

Megnöveli az aktivitást, rontja a hőátadást, esetleg üzemzavarhoz vezet. Pakson az 1.sz. ioncserés víztisztító a korróziós termékek 10-15 %-át szűri ki. Leállítás után néhány nappal elsősorban ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{60}Co izotópok dominálnak. Ezek az izotópok az alábbi forrásokból származnak:

aktiválódott szerkezeti anyagok korróziójából,
a reaktorzónában lerakódott korróziós termékek felaktiválódásából,
a primerköri hőhordozóban lebegő és oldott korróziós termékek fölaktiválásából.

az aktív zóna terében levő felületekről származó aktív anyagok.

A hõhordozóban levõ radioaktív gázok

A radioaktív gázok egy része a fûtõelemburkolaton keresztül szivárgott hasadvány-gázokból származik. Ezek elsõsorban nemesgázok, melyek koncentrációja kisebb 10^{-9} mol/dm³. Ezenkívül egyéb magreakciókból származó gázok is felhalmozódnak.

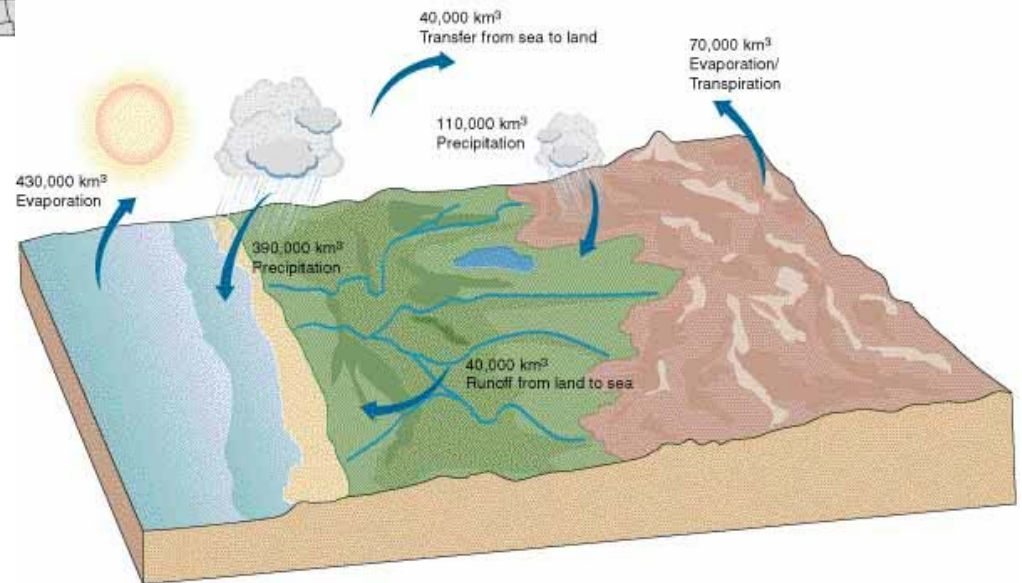
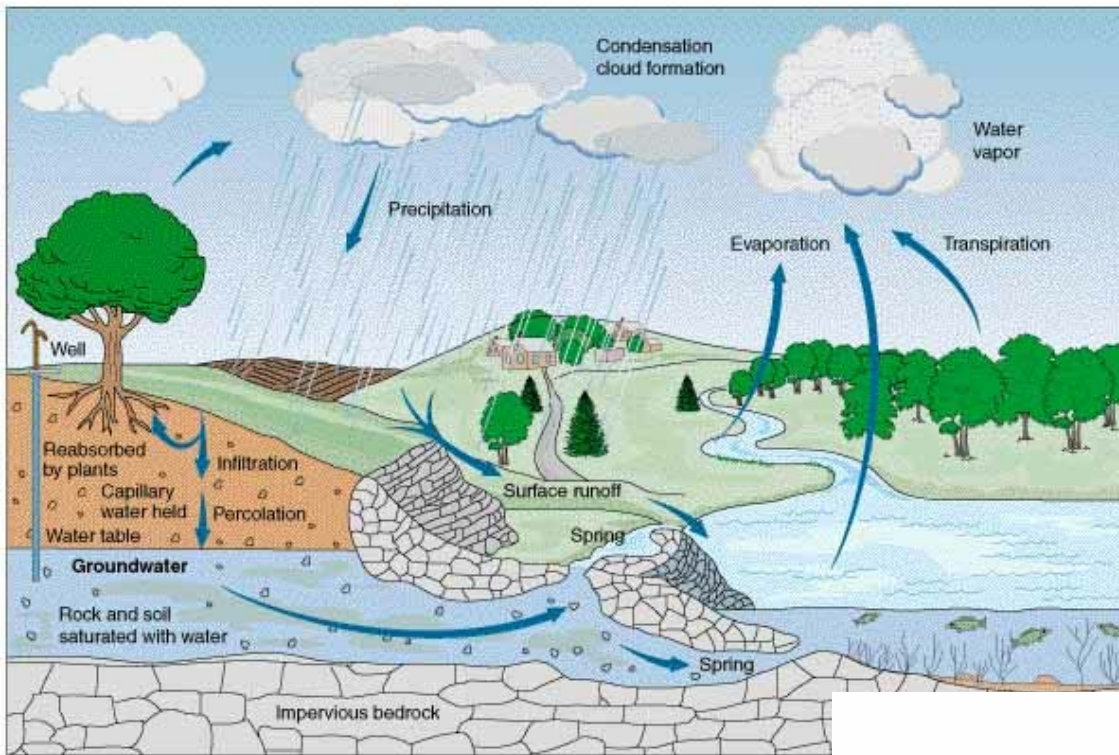
Ioncserélõ gyanták bomlástermékeinek felaktíválódása

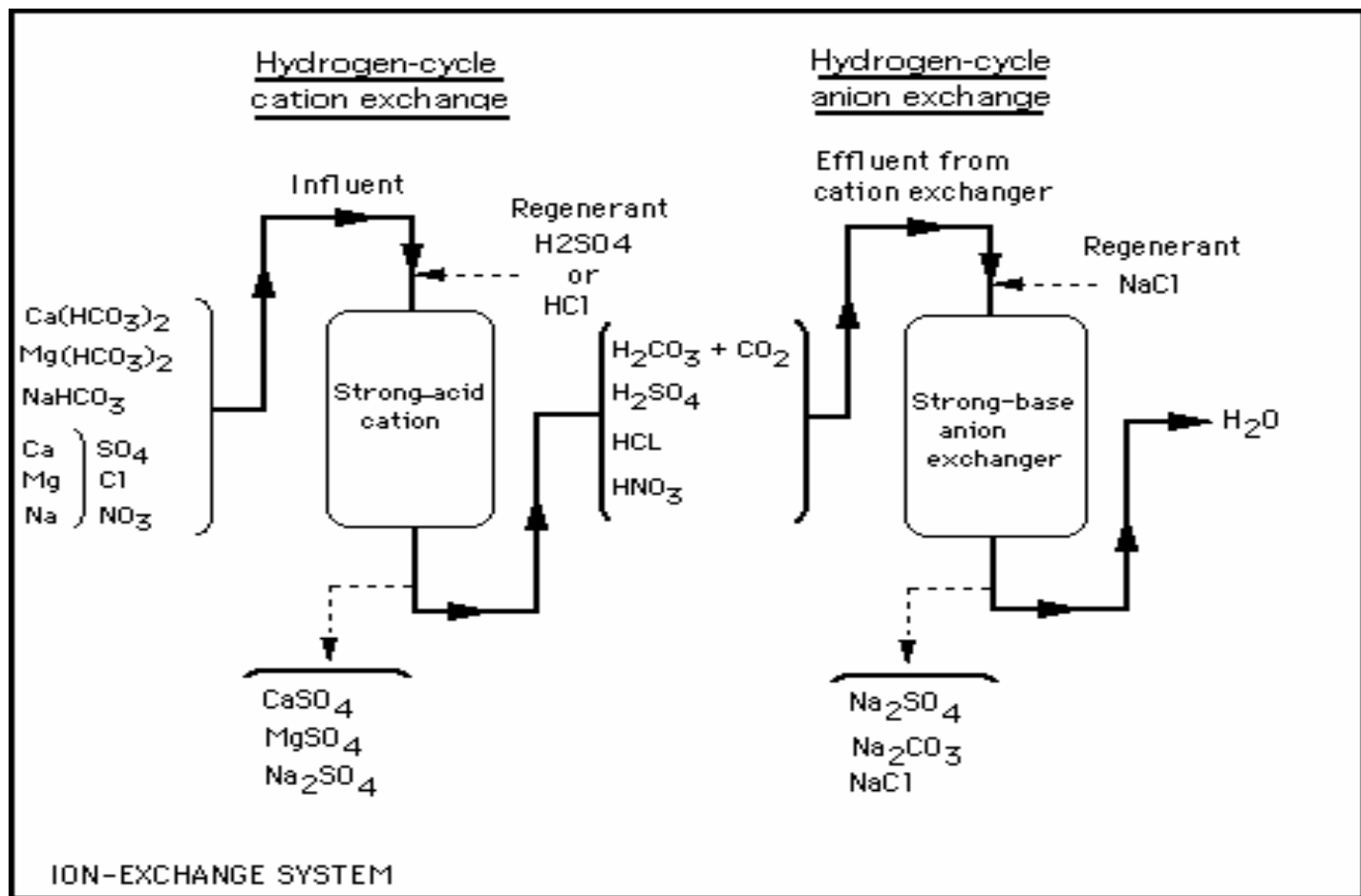
A primerkõri hõhordozó részáramú tisztítása során csökken a gyanták kapacitása a sugárzás és a sugárzás következtében keletkezõ radiolízis termékek hatására. A gyantákat primer sugárzás nem érheti, csak a vízben és a szûrõkõn felhalmozódó radioaktív izotópok sugárzása hat a töltetre. a gyanták termolízis és radiolízis termékei megjelennek a szûrletben. Kevertágyas töltetknél a bomlástermékek egy része elnyelõdik a szûrõben

Az adagolt vegyszerek szennyezõinek felaktíválódása

A korróziós folyamatok visszaszorítása érdekében lúgos vízüzemet kell tartani. Ezt a nyugati PWR-ben lítium-hidroxid, az orosz PWR-ben pedig kálium-hidroxid vagy ammónium-hidroxid adagolással érik el. A primerkörbe csak nagytisztaságú vegyszerek adagolhatók.

A VÍZ KÖRFORGÁSA





Dr. Pátzay György



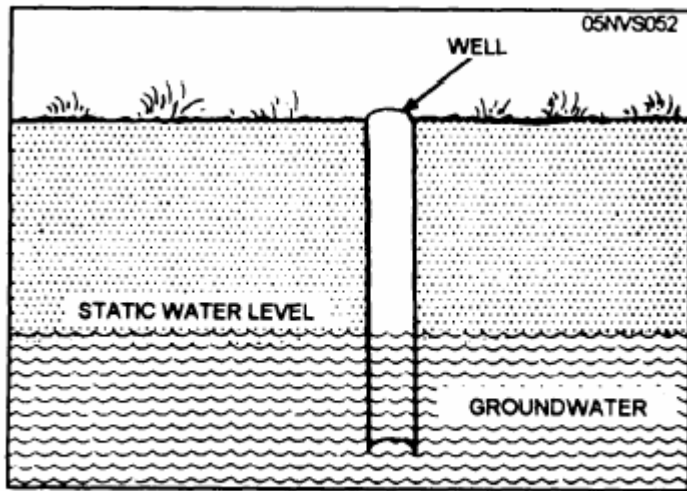


Figure 9-1.—Static water level before pumping.

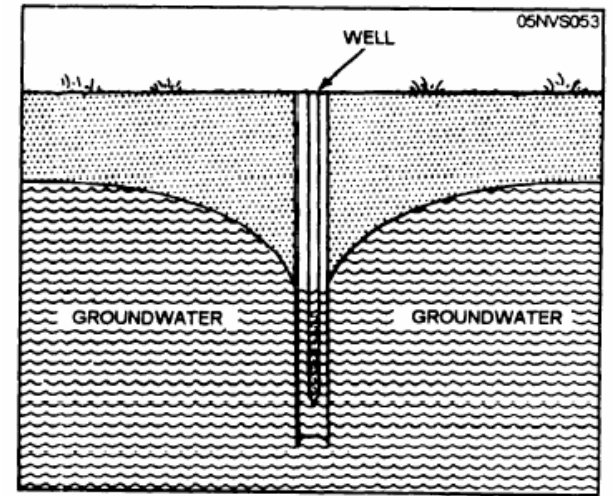
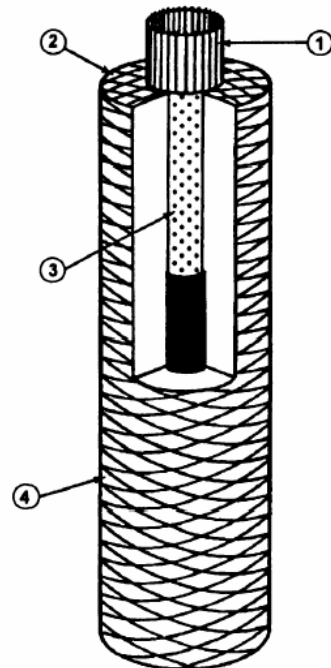


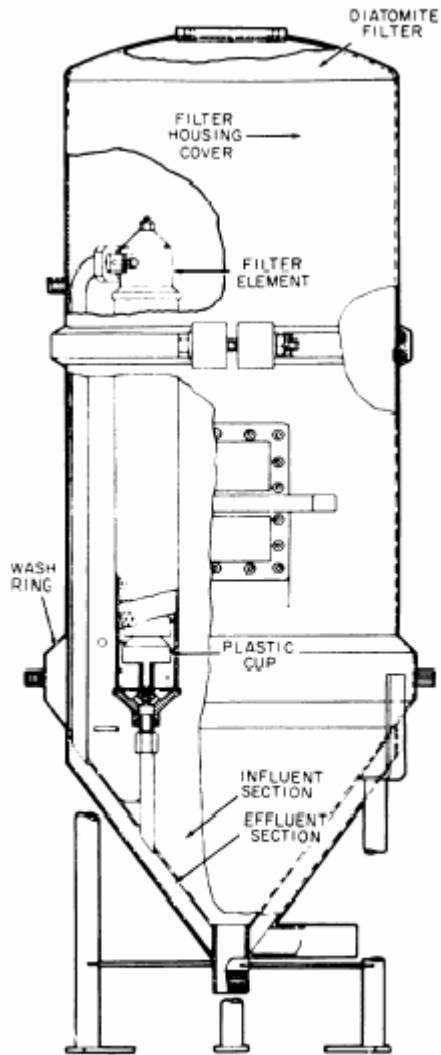
Figure 9-2.—Pumping level.



1. Extended center core 3. Core cover
2. End treatment 4. Wound fiber filter medium

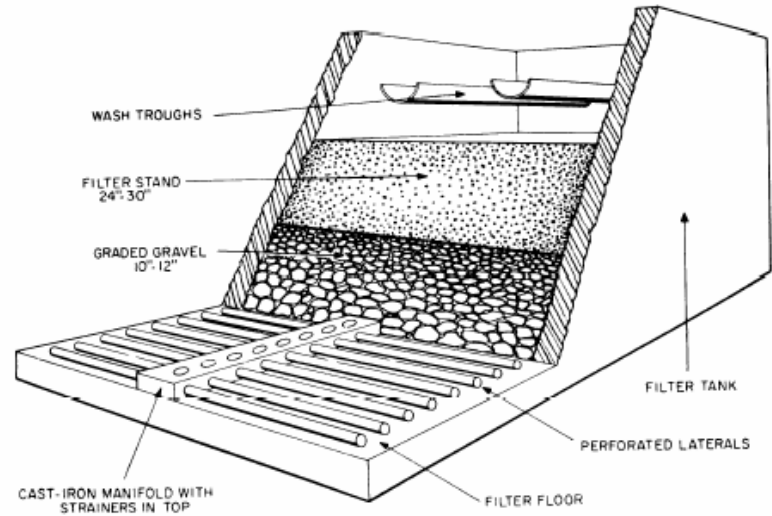
Figure 9-13(C).—Cartridge filter.

COAGULANT	pH
Aluminum sulfate	5.0 to 7.0
Ferrous sulfate	9.5 and above
Chlorinated copperas	4.0 to 6.5 and above 9.5
Ferric chloride	4.0 to 6.5 and above 9.5
Ferric sulfate	4.0 to 10.0



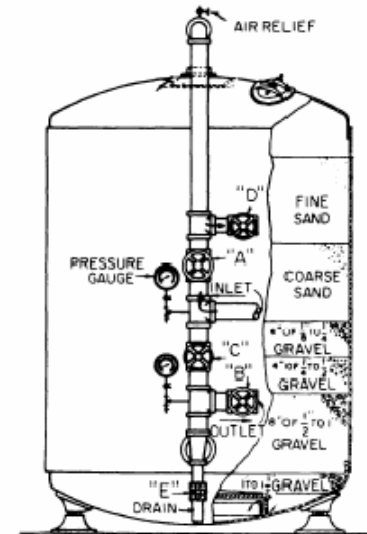
87.395

Figure 9-14.—Diatomite filter, showing one filter element.



87.397

Figure 9-16.—Typical sand filter showing relationship of filter media.



87.398

Figure 9-17.—Pressure filter.

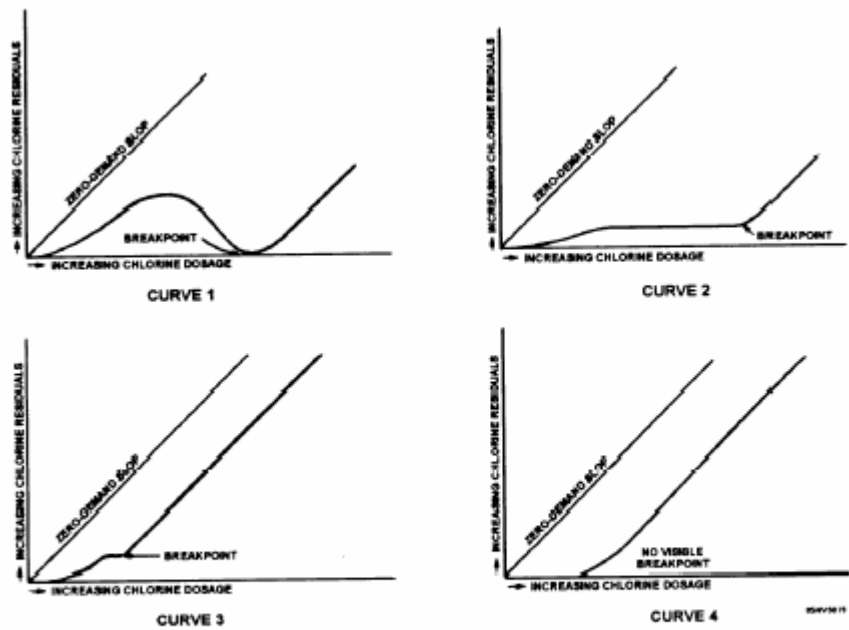
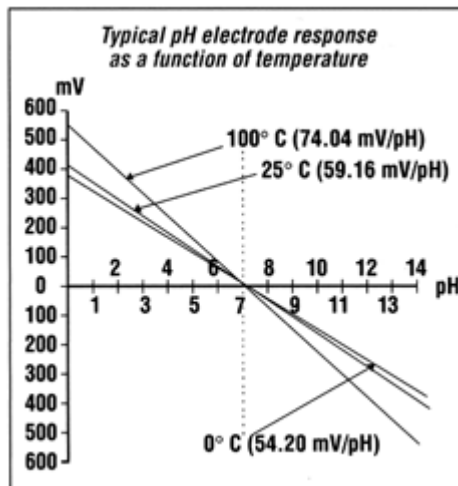


Figure 9-18.—Breakpoint chlorination curves.



Factor = Actual TDS / Actual Conductivity @ 25°C.

Conductivity at 25°C	TDS KCl		TDS NaCl		TDS 442	
	ppm Value	Factor	ppm Value	Factor	ppm Value	Factor
84 µS	40.38	0.5048	38.04	0.4755	50.50	0.6563
447 µS	225.6	0.5047	215.5	0.4822	300.0	0.6712
1413 µS	744.7	0.5270	702.1	0.4969	1000	0.7078
1500 µS	757.1	0.5047	737.1	0.4914	1050	0.7000
8974 µS	5101	0.5685	4487	0.5000	7608	0.8478
12,880 µS	7447	0.5782	7230	0.5613	11,367	0.8825
15,000 µS	8759	0.5839	8532	0.5688	13,455	0.8970
80 mS	52,168	0.6521	48,384	0.6048	79,688	0.9961

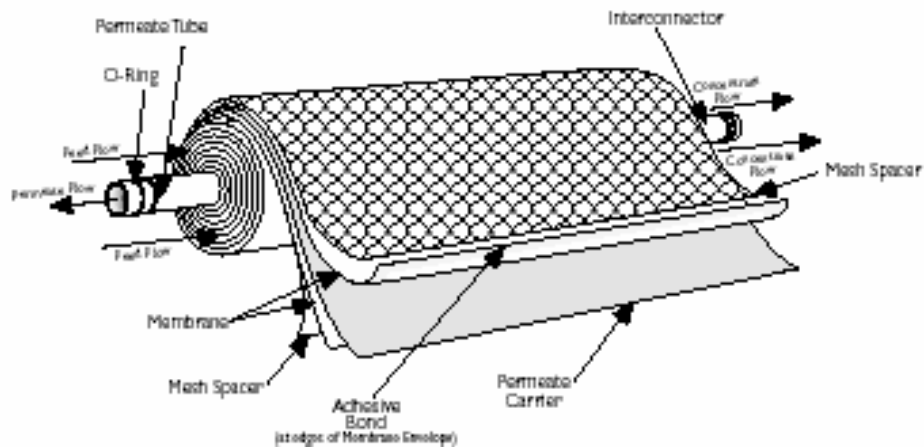


Figure 28 – Spiral-Wound Membrane Element (Seperator)

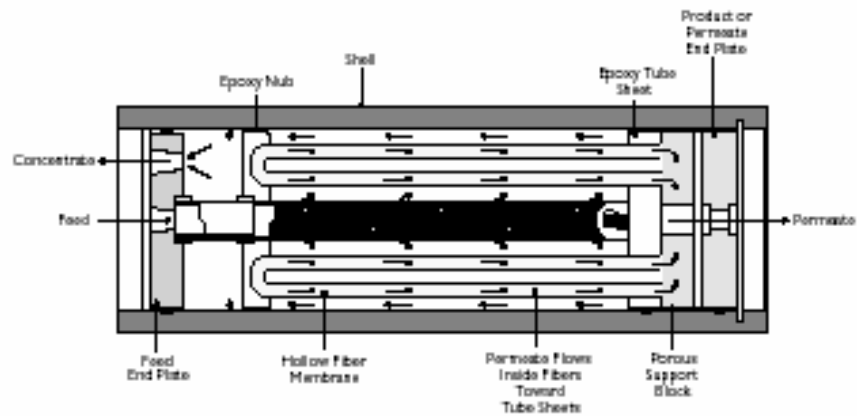


Figure 29 – Hollow Fine-Fiber Permeator (Membrane Element)

A víz felhasználása-a víz mint nyersanyag

Az életfolyamatoktól eltekintve, a vízre alapvetően három formában van szükség:

- mint nyersanyagra,
- mint energiaforrásra,
- mint vízi utakra.

A természetben előforduló, és a gyakorlatban felhasznált nyers vagy előkészített vizek tulajdonképpen igen híg oldatnak, vagy szuszpenzióknak tekinthetők.

A vízben lévő szilárd és oldott anyagok

Kémiaiilag tiszta víz a természetben nem található. A vízben lévő idegen anyagokat három csoportra osztjuk:

- oldott gázok,
- oldott sók,
- lebegő szennyezések.

Oldott gázok

A víz, a vele érintkező gázokból a gáz anyagi minősége, a hőmérséklet és a nyomás függvényeként kisebb v. nagyobb mennyiséget old.

A vízben elnyelt gázok koncentrációja a *Herdy-Dalton-Bunsen-képlet* segítségével fejezhető ki:

$$c = (\alpha / q * 22,41) * p \text{ mól (gáz) / kg (oldószer)}$$

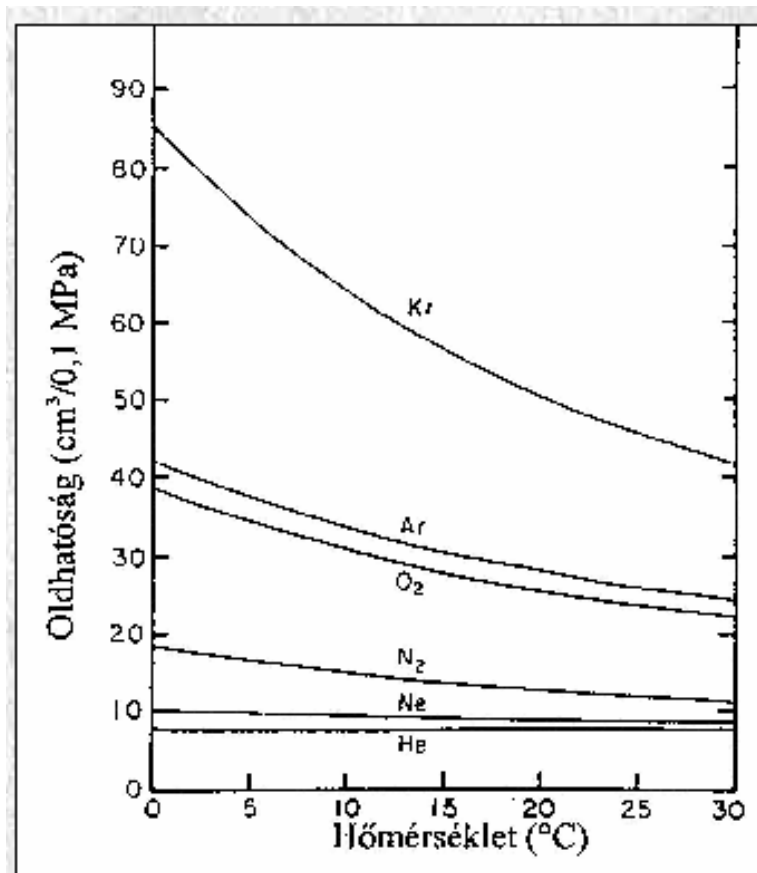
α : Bunsen-féle abszorpciós együttható, mely annak a normál állapotú gáznak a térfogata dm^3/dm^3 -ben kifejezve, melyet az egységnyi térfogatú oldószer adott hőmérsékleten oldani képes, ha fölötte a gáz nyomása $p_0 = 1 \text{kp}/\text{cm}^2$

q : a gáz sűrűsége g/cm^3 , 22,41: normál állapotú móltérfogat (dm^3), p : a gáz parciális nyomása (kp/cm^2)

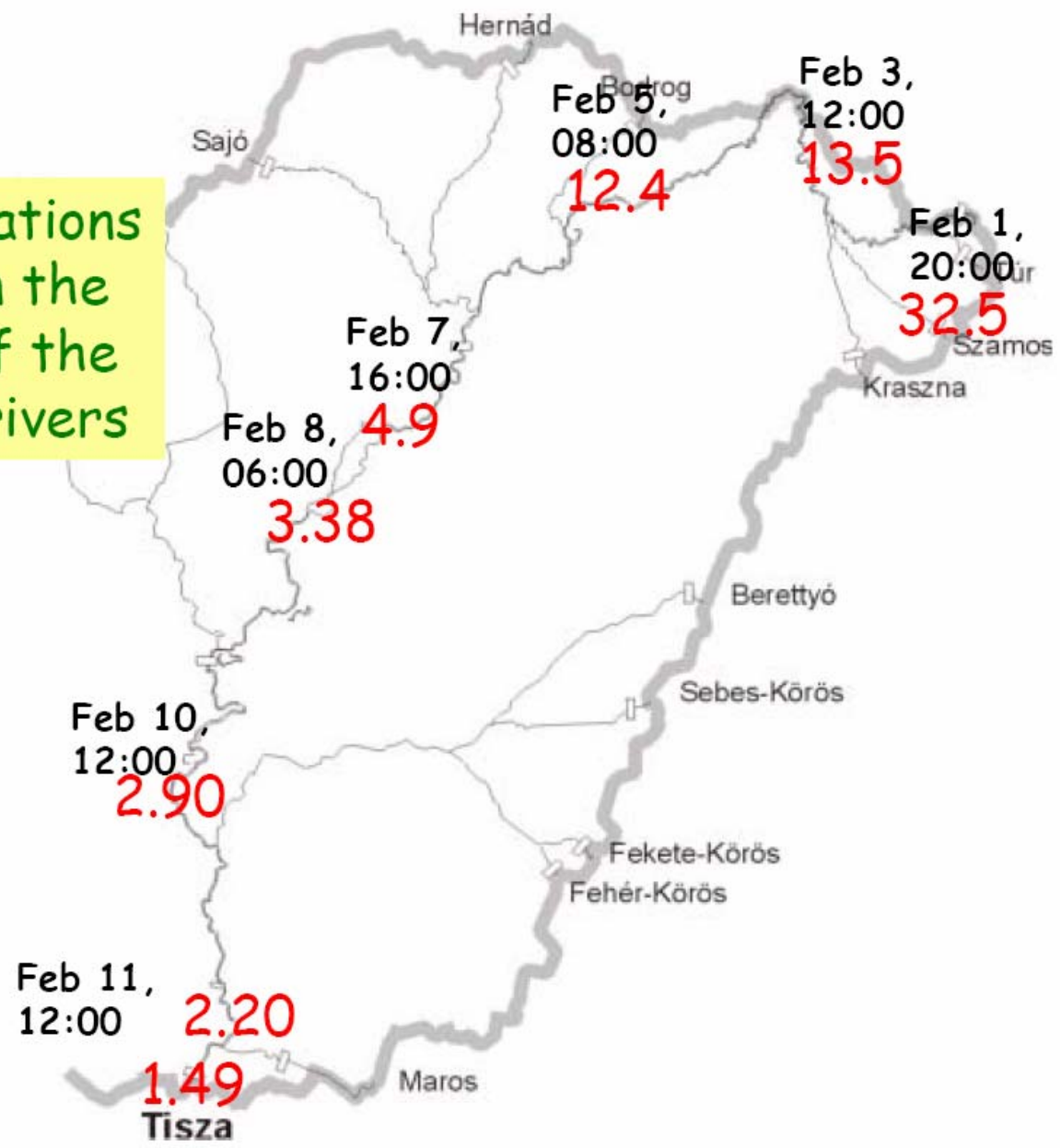
Alfa értékei

A Bunsen-képlet olyan ideális gázokra vonatkozik, melyeknél az abszorpció alkalmával az oldószer és a gáz között vegyi reakció nem következik be.

oldott gáz (dm ³ /dm ³)	20°C	50°C	100°C	200°C
oxigén	0,0310	0,0209	0,025	0,063
nitrogén	0,0150	0,0109		
levegő	0,0187	0,0130		
hidrogén	0,0182	0,0161		
szén-dioxid	0,878	0,436		



Maximum concentrations of cyanide (mg/l) in the Hungarian reach of the Szamos and Tisza rivers



Koncentráció átszámító táblázat

koncentráció	mg/l	g/l	g/m ³	ppm	ppt	Fl oz / gallon (US)
mg/l		0.001	1	1	0.001	0.00013
g/l	1000		0.001	1000	1	0.13
g/m ³	1	1000		1	0.001	0.00013
ppm	1	0.001	1		0.001	0.00013
ppt	1000	1	0.001	1000		0.13
Fl oz / gallon (US)	7692	7.6923	7692	7692	7.6923	

a baloldali koncentrációt faktoral kell szorozni.