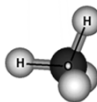




Korszerű ENERGIATERMELÉS 6. A VÍZ AZ ENERGIATERMELÉSBEN



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 forrponjtja, 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.

Dr. Pátzay György

1

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 (100-200xos 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]

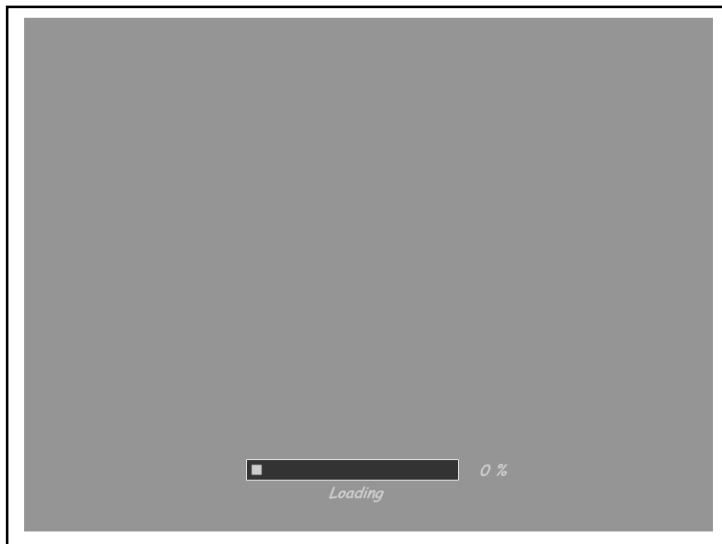
Ebből: 97,2 % tengervíz (sós)

2,8 % édesvíz, és ennek
~ 1/3-e tavak, folyók
~ 2/3-e sarki jég, gleccser

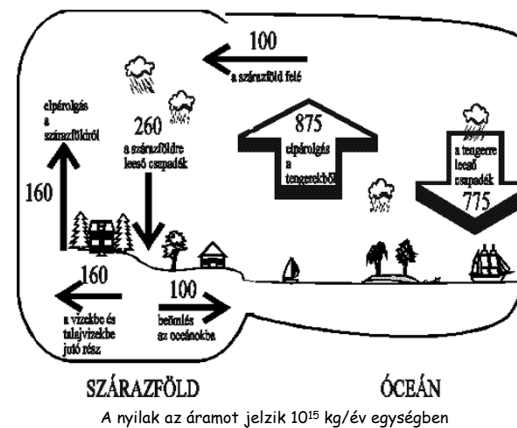
A víz körforgása: közismert

Dr. Pátzay György

2

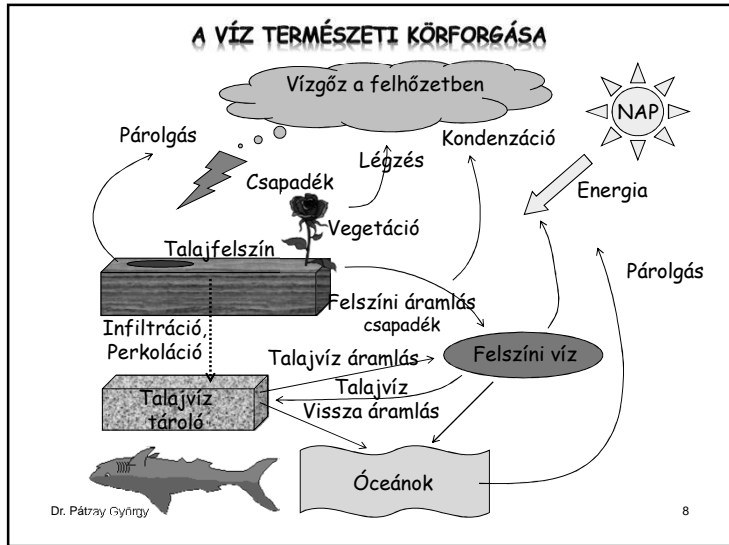
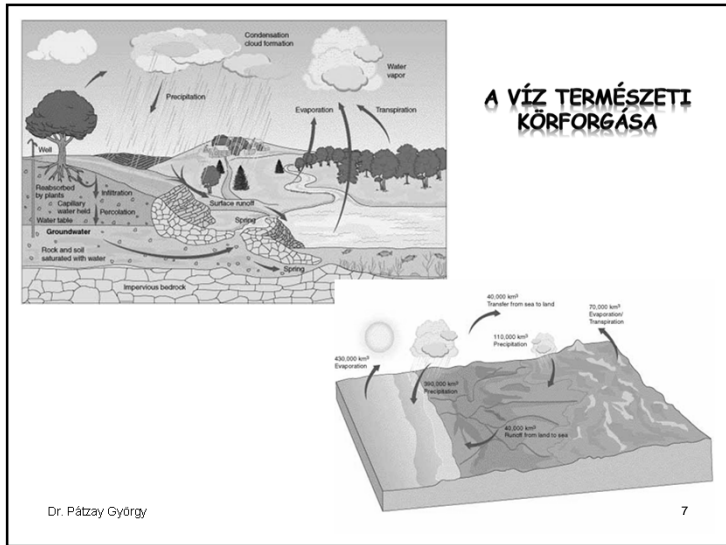
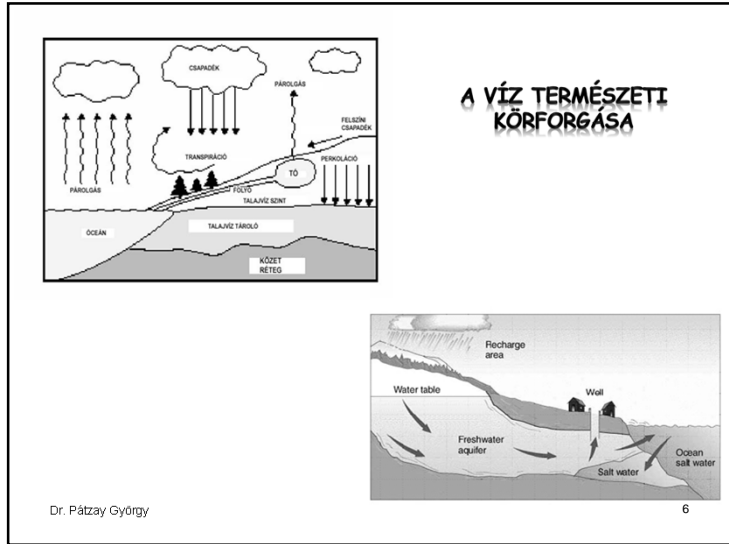
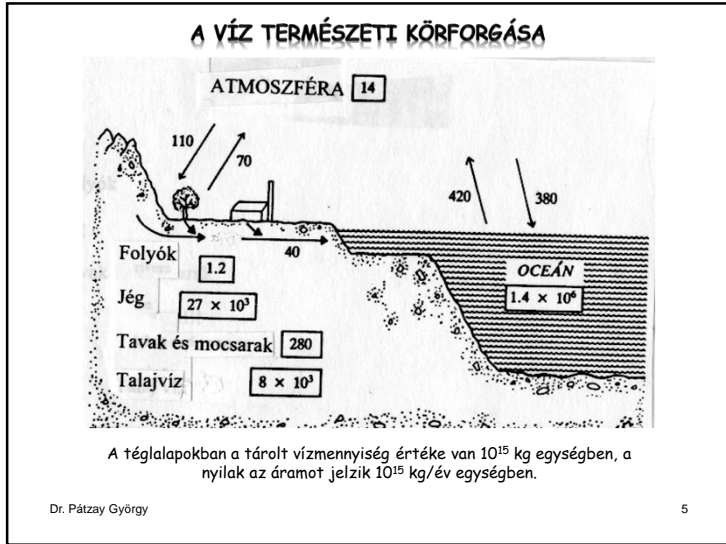


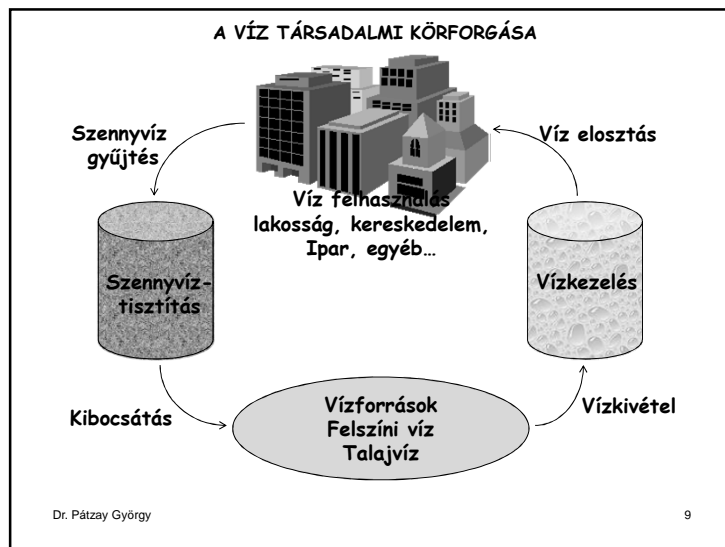
A VÍZ TERMÉSZETI KÖRFORGÁSA



Dr. Pátzay György

4





A vizek forrása

- **Atmoszférikus** (csapadék) víz: tiszta (CO₂)
- **Felszíni vizek:**
 - édesvizek: folyók, tavak és
 - sósvizek: 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 °C, hévíz: ...- 37 °C, termálvíz: >37 °C.

A vizek felhasználása

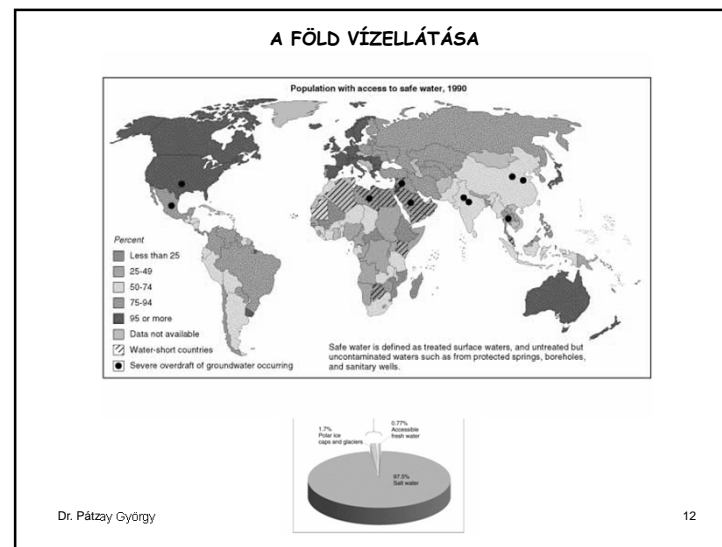
- **ivóvíz** (más Európa és más Afrika vagy India esetében általában vezetékes, de palackozzák, vagy tartály(kocsi)kban szolgáltatják)
- **háztartási:** főzés, mosás, tisztálkodás, fűtés, ...
- **ipari víz:** reaktáns (pl. kénsvagyártás), oldószer, hűtő/fűtő közeg (pl. atomreaktor), mosószer (pl. vágóhidak),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

Dr. Pátzay György 10

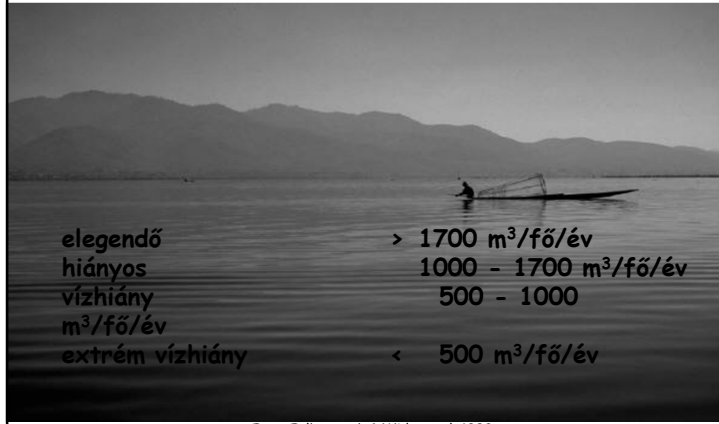
VÍZFORRÁSOK, A FÖLD VÍZKÉSZLETE

A víztartó megnevezése	A Föld		Európa ezer km ³	Magyaro. km ³
	ezer km ³	%		
Óceánok és tengerek	1.320.000	97,15	-	-
Sós vízü tavak	104	0,008	3	-
Sós víz összesen	1.320.104	97,158	3	-
Sarki jégtakarók és gleccserek	30.000	2,207	-	-
Vízfolyások	1	0,000	0,80	2
Édesvízi 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

Dr. Pátzay György 11



Személyenkénti éves vízszükségletek

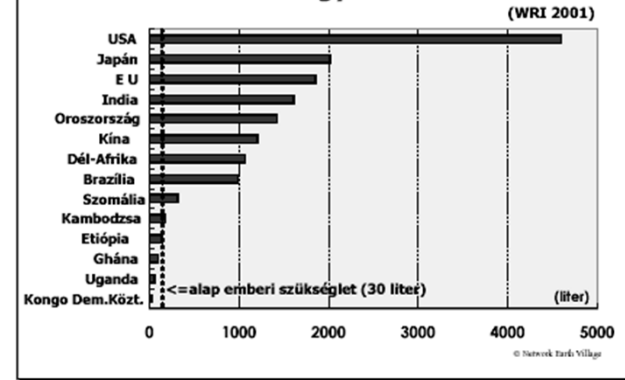


Dr. Pátzay György

From Falkenmark & Widstrand, 1992

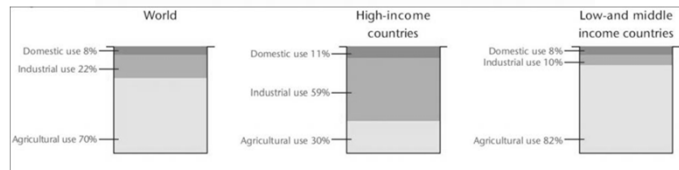
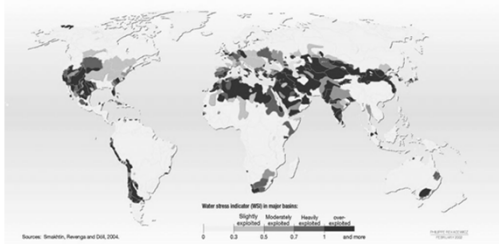
13

Lakosonkénti vízfogyasztás 2001



Dr. Pátzay György

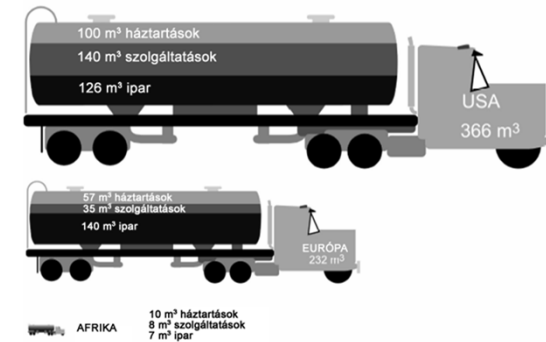
14



Dr. Pátzay György

15

Személyenkénti éves vízigény a háztartások, a szolgáltatások és az ipar számára



(átlag 1995-2004)

Dr. Pátzay György

16

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

Dr. Pátzay György

17

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 szervetlen 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

Dr. Pátzay György

18

• Ipari jellegű vízfelhasználás

Iparág, termék	Vízfelhasználás	Dimenzió
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

Dr. Pátzay György

19

1 kg száraz növényi anyag előállításához szükséges víz

cirók	250	Liter
kukorica	350	Liter
lőhere	460	Liter
búza	500	Liter
burgonya	636	Liter
uborka	713	Liter
lucerna	900	Liter

ököl szabály: 1kg kenyérhez 1m³ víz szükséges

Dr. Pátzay György

Partially from Muller, 1974

20

Hústermelés vízigénye

Az állatok a növények energiataartalmának 5-15%-át alakítják át hússá. Az átlag 10 %.



Ökösabály: 10-szer annyi víz szükséges a húsból nyerhető egységnyi energiához, mint a növények esetén.

Dr. Pátzay György

21

2500 kcal/nap/fő energiaigényt biztosító táplálékhoz évente szükséges vízigény



20% húsevő:
elméleti 680 m³

vegetáriánus:

Dr. Pátzay György

22

A vízmolekula

Összetétel: H₂¹⁶O (99,73%) + 17 izotópkombináció

Közülük jelentősebb: D₂O (nehésvíz) -

- előállítás: elektroízissal, desztillációval
- alkalmazása: reaktorban moderátor, NMR

A H₂O molekula nem lineáris: 105° vegyértékszög (V alak), ennek következtében erős dipólus.

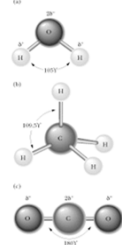
MO diagramja: 2 kötő + 2 nemkötő elektronpár koordinálódik [M(H₂O)₆ⁿ⁺] és erősen hidratál.

Önasszociációra is hajlamos: dimer - tetramer

Igen stabilis: nem reakcióképes (> 2000 °C bomlik)

A víz fizikai tulajdonságai és következményeik

- **Sűrűségének** sajátos T-függése: 4 °C-on maximum természetes vizek befagyása nem teljes, élőszervezetek a kemény teletet is túlélnek.
- **Fagyáskor kiterjed:** a jég úszik a vízen (jégpáncél, jéghegyek), a kőzeteket másasztja, így képződik a talaj.
- **Magas fagyás- és forráspont** (vs. NH₃, CO₂)
- **Hőkapacitása** igen nagy: jó fűtő- és hűtőközeg.



Copyright Documentation for Fig. 2.1. #011
1999, 10, 4

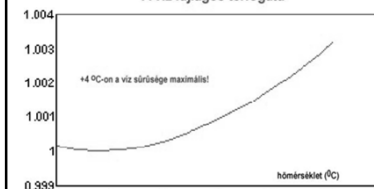
Dr. Pátzay György

23

- 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 kapillaris jelenséget mutat: talajban fontos, mosószert, háztartást, ércdúsítás, emulziók
- *Belső sűrűsödése*: viszonylag kis viszkozitása van

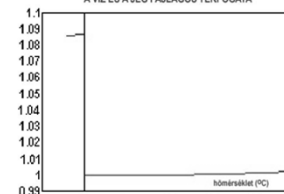
A látható fény tartományában nem abszorbeál, viszont IR-ben és mikrohullámú tartományban igen (mikrohullámú sütők!).

A víz fajlagos térfogata



Dr. Pátzay György

A VÍZ ÉS A JÉG FAJLAGOS TÉRFOGATA



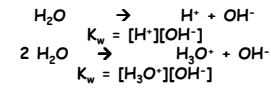
24

A VÍZ FONTOSABB JELLEMZŐI

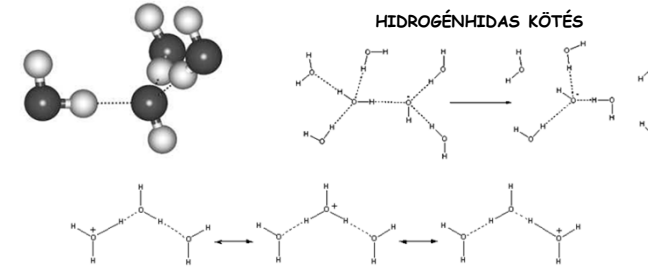
Hőmérséklet °C	Dinamikus viszkozitás cP	Kompresszibilitás 10^6 bar^{-1}	Sűrűség g/ml	A hang sebessége m/s	C_p J/(mol.K)	C_v J/(mol.K)	Hőtágulási tényező 10^{-3} K^{-1}	Entalpia kJ/mol	Entropia J/(mol.K)
-30	8.989	80.79	0.9839		90		-1.400		
-20	4.473	64.25	0.9935		80.2		-0.661		
-10	2.668	55.83	0.9982		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

Dr. Pátzay György

25



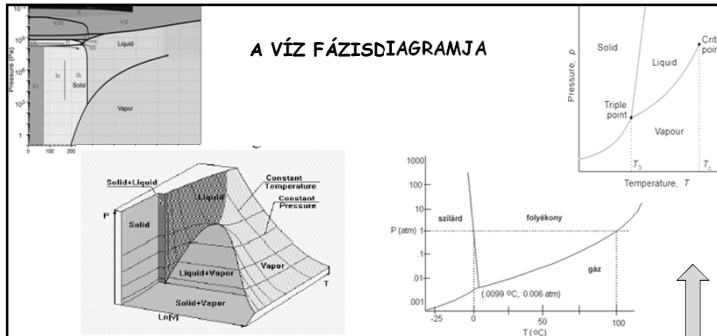
Hőmérséklet	pH
0 °C	7,47
25 °C	7,00
35 °C	8,50
60 °C	6,51



Dr. Pátzay György

26

A VÍZ FÁZISDIAGRAMJA

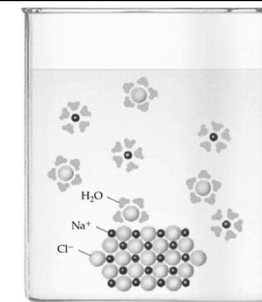
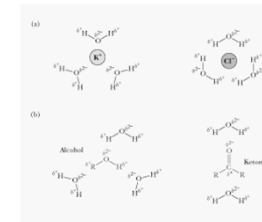


sík részek: csak egy-egy fázis stabilis (a gáztörvények egy ilyen síkon belül érvényesek)
vonalak (fázishatárok): két- két fázis stabilis, egymással egyensúlyban vannak
háromspont (T_3): három fázis stabilis és egyensúlyban vannak
kritikus (pont) állapot (T_c): e fölött csak gázfázis van jelen
szuperkritikus állapot: csak fluid fázis van jelen.

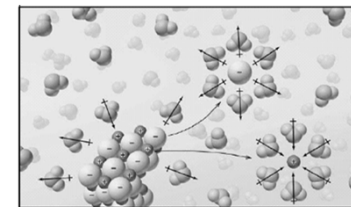
Dr. Pátzay György

27

A VÍZ OLDÓ (SZOLVATÁLÓ) HATÁSA



Camplid Biochemistry 3e, Fig. 02.02, #202
 12/2009 © G. W. K.

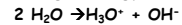


Dr. Pátzay György

28

A víz kémiai sajátosságai

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



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

- 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 pH aerob viszonyoknál: + 400 mV-ig, aneob 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!

Dr. Pátzay György

29

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: CaCl_2 , MgSO_4

Víz lágyítás: - $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 hozzáadásával

- ioncserével
- desztillációval

Sok más ion: Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SiO_3^{--} , nyomelemek nagy számban.

Dr. Pátzay György

30

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 szennyeződés*nek is nevezni.

Rengetégtípus fordul elő: aromások, fenolok, humin-, cserzőanyagok, tenzidok, detergensok, növényvédőszer-maradványok, ...

Bruttóérték: a kémiai oxigénigény (KOI) jellemzi

Dr. Pátzay György

31

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

Kémiailag 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:

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

α : Bunsen-féle abszorpciók együttható, melyet annak a normál állapotú gáznak a térfogata dm^3/dm^3 -ben kifejezve, melyet az egységnyi térfogatú oldószer adott hőmérsékleten oldani képes, ha fölötté 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)

Dr. Pátzay György

32

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:

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

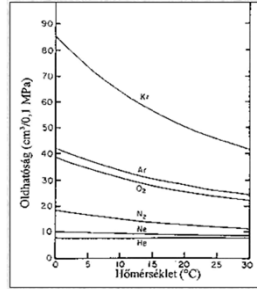
alfa : Bunsen-féle abszorpciós együttható, mely annak a normál állapotú gáznak a térfogata dm^3/dm^3 -ben kifejezve, melyet az egységnyi térfogatú oldószer adott hőmérsékleten oldani képes, ha fölötté a gáz nyomása $p_0 = 1 \text{ kp/cm}^2$
 q: a gáz sűrűsége g/cm^3 , 22,41: normál állapotú móltérfogat (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		

Dr. Pátzay György



33

Felszíni vizek jellemző összetétele

Kationok	Anionok	Koncentráció [mg/kg]
$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}$	1-10 ⁴
$\text{NH}_4^+, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$	$\text{HSiO}_3^-, \text{F}^-, \text{NO}_3^-, \text{CO}_3^{2-}$	0,1-10
$\text{Cu}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Al}^{3+}$	$\text{HS}^-, \text{J}^-, \text{NO}_2^-, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	0,1
Inert gázok	O_2, N_2	1-10
Kémiai oldódó gázok	CO_2	10-10 ²

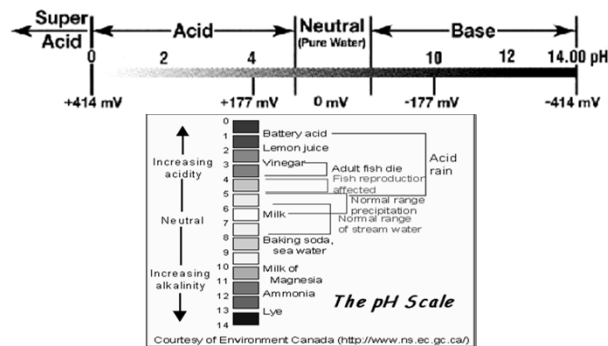
Esővíz, folyóvíz, tengervíz jellemző összetétele (ppm)

component	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 $\text{CO}_2(\text{aq})$	1.2	35	140
Si	0.83	8.1	.05-2 (surface) 2.5-5 (deep)

Dr. Pátzay György

34

Gyakorlatias pH-skála - természetes és mesterséges vizes oldatokkal



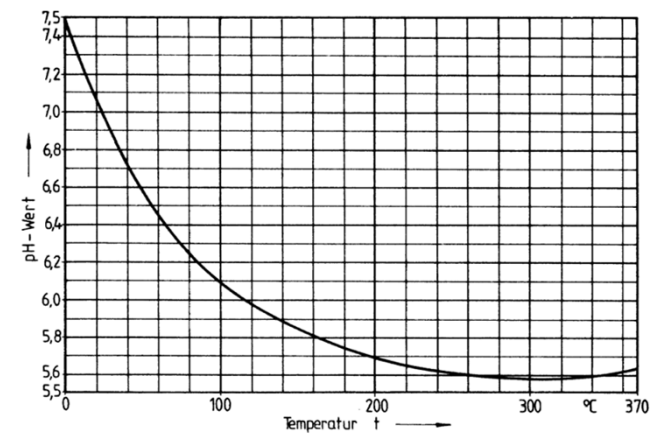
FONTOS! A pH skála nem ér véget „0” értéknél és „14” értéknél!

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

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

Dr. Pátzay György

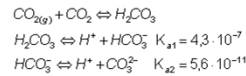
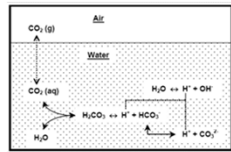
35



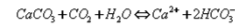
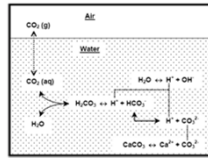
Dr. Pátzay György

36

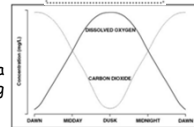
VIZEK KEMÉNYSÉGE MÉSZ-SZÉNSAV EGYENSÚLY



Az oldott O_2 és CO_2 koncentráció változása naplementétől naplementéig



$K_{sp} CaCO_3 = 10^{-8,48}$

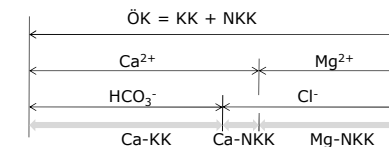
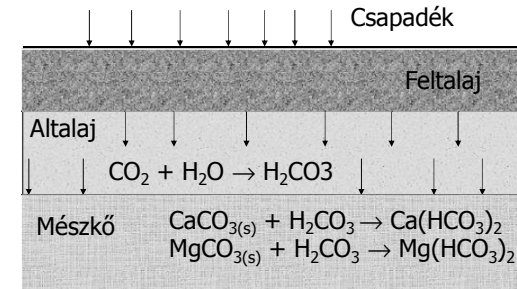


- A fenti egyensúly fenntartásához szükséges CO_2 az ún. járulékos, vagy tartozékos CO_2 .
- Az egyensúlyinál több CO_2 az ún. agresszív CO_2 .
- A járulékos és az agresszív CO_2 együttes mennyisége a szabad CO_2 .
- A hidrogén-karbonátba beépült CO_2 az ún. kötött CO_2 .

Dr. Pátzay György

37

Keménység képződése



Dr. Pátzay György

38

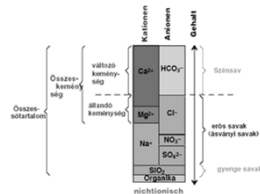
VIZEK KEMÉNYSÉGE ÉS LÚGOSSÁGA

A vizek keménységét a vízben oldott többvegyértékű kationok, így kalcium, magnézium (vas, mangán) ionok okozzák.

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 lágyításnak nevezzük. A lágyított vizekben az össz-lúgosság a karbonát lúgosság és a nátrium-lúgosság összege.

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

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



Dr. Pátzay György

39

A vizekben található sók közül az alábbiak okoznak keménységet és/vagy lúgosságot:

- Kalcium-karbonát - lúgos és gyengén oldható, a vízkarbonát keménységét lúgosságát okozza.
- Kalcium-bikarbonát - a víz karbonát keménységét és lúgosságát okozza. Hevítés hatására széndioxidra, vízre és kalcium-karbonátra bomlik, mely utóbbi vízkövikálást okoz.
- Kalcium-szulfát, gipsz - nem-karbonát keménységet okoz. Hideg vízben jobban oldódik a kazánokban vízköként 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 vízkövikálást 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 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

Dr. Pátzay György

40

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 = 14,3 mg CaCO ₃ ≈ 1 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	1 part per million ≈ 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/100 mg/l CaCO₃

1 mikroS/cm~1 mg/l CaCO₃

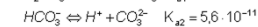
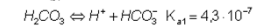
Dr. Pátzay György

41

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 mész- 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 $3,10^{-4}$ 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 CO₂ az ún. járulékos, vagy tartozékos CO₂.
- Az egyensúlyinál több CO₂ az ún. agresszív CO₂.
- A járulékos és az agresszív CO₂ együttes mennyisége a szabad CO₂.
- A hidrogén-karbonátba beépült CO₂ az ún. kötött CO₂.

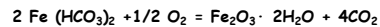
Az agresszív CO₂ nem csak a karbonátos kőzetekre fejt ki oldó hatást, hanem a szilikátos kőzetek is elmállanak, miközben SiO₂ és agyag keletkezik. A vízben oldott gázok közül az O₂ és a CO₂ a vas korróziója szempontjából különösen káros.

Dr. Pátzay György

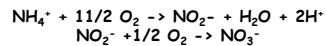
42

Oldott sók

A vízben oldott sók mennyiségét és minőségét elsősorban a vízzel érintkező talaj minősége és a vízben oldott gázok határozzák meg. A Fe(HCO₃)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 nitríté, majd nitráttá oxidálódik.



A nitrattartalomtól tehát a közelmúltban, a nitrát-tartalomtól 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 KMnO₄-fogyasztással szoktunk jellemezni. A talaj néha nagyobb mennyiségben tartalmaz vízdoldható sókat. Az ilyen területeken átszivárgó víz sötét tartalma megnő. Így keletkeznek a gyógyhatású vizek is.

Dr. Pátzay György

43

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).

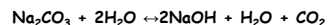
Állati eredetű szennyezések, amelyek apróbb víziállatok tetemeiből, vagy nagyobb vízi- és szárazföldi állatok bomlásnak indult maradványaiból tevődnek össze.

Ipari eredetű szennyezések (l. később).

Dr. Pátzay György

44

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



A vizek lúgossága (vagy savassága) sav-, vagy lúgadalóval 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 eléréseig az adagolt savval semlegesítettük az összes esetleg jelenlévő hidroxidot (OH⁻) és az esetleg jelenlévő karbonát ionok felét (CO₃²⁻/2), és a metil-oranzs (methyl orange m-lúgosság), ez az indikátor pH=3,9 értéknél váltja a színét, ezen pH eléréseig az adagolt savval semlegesítjük az esetleg jelenlévő összes hidroxid (OH⁻), karbonát (CO₃²⁻) és hidrogén-karbonát (bikarbonát, HCO₃⁻) 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⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻) meghatározható (lásd táblázat).

Dr. Pátzay György

45

A VÍZ ELEKTROMOS VEZETÉSE A tiszta víz elektromos vezetése

A tiszta vízben, mint másodfajú vezetében az elektromosságot az elektromos erőter 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.

A fajlagos ellenállás reciprokát fajlagos vezetésnek, vagy konduktivitásnak nevezik:

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

Oldat	Fajlagos vezetőképesség
Abszolút tiszta víz	0.055 μS/cm
Erőművi kazánvíz	1.0 μS/cm
Jó városi víz	50 μS/cm
Óceán vize	53 mS/cm

Dr. Pátzay György

47

A kazántípusú lúgosságából levezetendő következtetések

Főcsoportok	p > 2,8 = P m > 2,8 = M	CaCO ₃ MgCO ₃	CaHCO ₃ + MgHCO ₃	KK	NKK	NaHCO ₃	Ca(OH) ₂	Na ₂ CO ₃	NaOH	
	rk*	rk*	rk*	rk*	rk*	rk*	rk*	rk*	rk*	
I. p = 0 m > 0	1. OK = 0 2. M ↔ OK 3. M = OK		M	M	OK - M	M				
II. p = m	1. OK = 0 2. M ↔ OK 3. M = OK				OK - M		P		P	
III. p > m	1. OK = 0 2. M ↔ OK 3. M = OK	M			OK - M				2P	
IV. 2p > m	1. OK = 0 2. M ↔ OK 3. M = OK a) 2M - P = OK b) 2M - P = OK c) 2M - P = OK		2M - P	2M - P	OK - M			2M - P	P2 - M	
V. 2p < m	1. OK = 0 2. M ↔ OK 3. M = OK a) 2P = OK b) 2P = OK c) 2P = OK	2P		M	OK - M	M - 2P		2P		
		2P		OK		M - OK				
		2P		OK - 2P		2P				
		OK		OK		M - 2P		2P - OK		
				OK					2P - OK	
							30,0	13,2	19,9	14,3

Dr. Pátzay György

46

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)
- szénsv (keménység)
- kation és anion-analízis (ásvány-, gyógyvizek)
- szervesanyag-tartalom (GC, MS, IR, ...)
- radioaktivitás (Rn, I)
- fertőzőittség (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 felvételében a víz szerepe meghatározó.

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

Dr. Pátzay György

48

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, NO_2^-
- Vizsgálják: NH_3 , Ca, Mg, Fe, Na, K, OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Mn, O_2 , NH_4^+ , SO_4^{2-}
- 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.

Dr. Pátzay György

49

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, an-nál 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

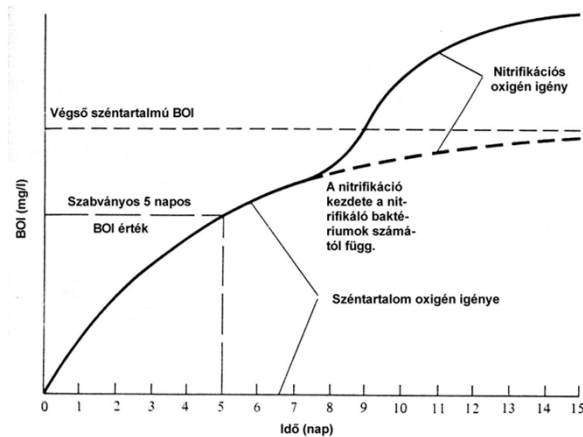
Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés: MSZ 12749:1993 szabvány szerint.

- Víztisztítási jellemzők:

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

Dr. Pátzay György

50



Dr. Pátzay György

51

Víztisztítási 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:

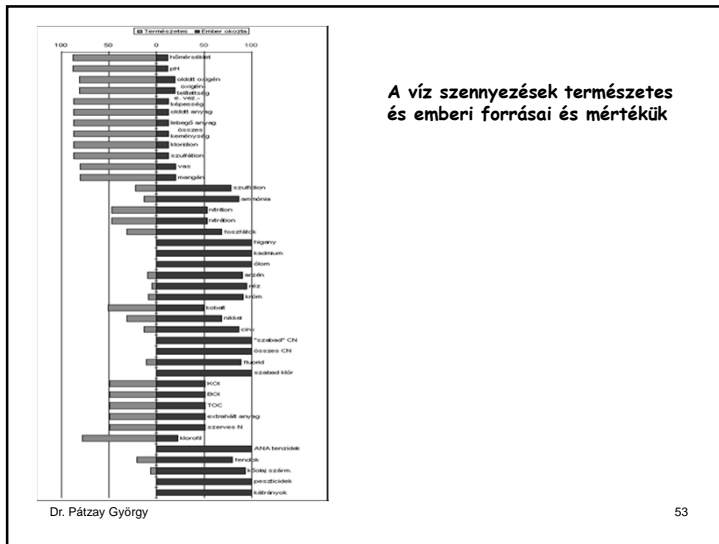
- felhasználás előtt
- felhasználás után

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.

Dr. Pátzay György

52



SZENNYEZŐ ANYAGOK FIZIKOKÉMIAI JELLEMZŐI

A szennyezés típusa	Jellemző tulajdonság	Hatás a környezetre
Fizikai	Hőmérséklet Lebegő anyag tartalom	Hőhatás Mechanikai változás
Vegyi		
1. Szerves anyagok · ásványi sók - tápanyagok	klorofil pH oldott oxigén	Tényleges eutrofizáció
- 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. Páztay György 54

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 telítettség
2. Mikroorganizmusok	Patogén mikroorganizmusok A szennyezettség jelzése Cali-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 nem okozzon korróziót, csapadékképződést.
- A vízszolgáltató feladata, hogy mindenkor megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz álljon rendelkezésre kellő hálózati nyomáson.

Dr. Páztay György 55

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 tényező figyelembevételével állapítják meg.
- Karcinogén, mutagén és teratogén anyagok esetén a megengedhető napi dózis megállapításakor olyan anyagmennyiséget vesznek figyelembe, amely mellett a káros elváltozás kockázata 10⁻⁵ (10 mikrorizikó) nagyságrendű.

Dr. Páztay György 56

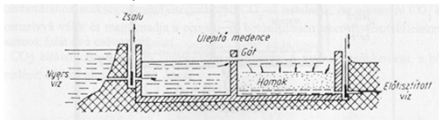
Vízelőkészítés

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 ülepítéssel, derítéssel, szűréssel történik.

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



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

Dr. Pátzay György

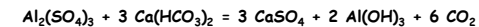
57

A kolloid méretű részecskék aggregálására általában alkalmas a koaguláló-flokkuláló eljárás. A stabilizáló erők csökkentését ez az eljárás vegyszer-adagolással valósítja meg. A vegyszeradagolással létrehozott mikro- és makropelyhek képződését és az ezt követő fázisválasztást (leggyakrabban ülepítést) 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. elektrolytokkal,
- speciálisan szorbeálódó vegyületekkel.

Flokkuláció: pelyhekképződés; a destabilizált (koagulált) részecskék további egyesülése. A felszíni vizek tisztításakor a töltés semlegesítésére elsősorban Al^{3+} és Fe^{3+} vegyületeket használnak. A háromértékű fémek alkalmazásának előnye hidrolizáló sajátágaikban is rejlik. E fémekből vízbe adagolásukat követően pozitív töltésű közbenső termékek (polihidroxi 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 fém sót és vízdíható polimert együttesen alkalmazó derítőeljárások is elterjedtek.

Dr. Pátzay György

58

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 funkcionális csoportjai. A vegyszereket a gyors és homogén elosztás biztosítása céljából oldat formájában adagolják a derítendő vízhez. Az alkalmazott vegyszeradag a vízminőségtől függően változik, általában 5-150 mg $Al_2(SO_4)_3$ /dm³ víz ill. 0,1-0,5 mg polimer /dm³ víz nagyságrendű.

A vízdíható polimer adagolásakor kialakuló pelyhek ún. hídképződéssel jönnek létre. A folyamat első lépése a polimer szorpciója a szilárd részecskék felületén, mikropelyhek képződése. Ezt követi a mikropelyhek nagyméretű, jól ülepedő pelyhéké való összekapcsolódása. A makroméretű pelyhekképződést 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 pelyhegységek között a mikropelyhek hálósodását, összekapcsolódását eredményezi. A képződött makropelyhek a fémhidroxid pelyhekénél jóval nagyobb méretű, tömörebb szerkezetű, így hatékonyabb szilárd-folyadék elválasztást tesz lehetővé. A felhasznált polimer lehet lineáris vagy elágazó láncmolekula, szintetikus vagy természetes eredetű, szerves 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 kettőséget ellentétes töltésű ionjaival létesítenek szorpciói kapcsolatot. A kationos polielektrolitok alkalmazása gazdasági okok miatt a vízderítésben általában nem, csupán a szennyvíziszap kezelésében terjedt el a gyakorlatban.

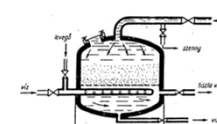
Dr. Pátzay György

59

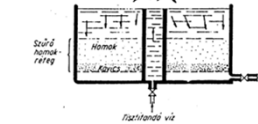
A derítést a létrehozott és megkötött iszap eltávolítása céljából minden esetben ülepítés és szűrés követi. Alumínium-szulfát pH~5-7; vas(II)-szulfát pH~9,5; klórozott vas(II)-szulfát pH~4,0-6,5; vas(III)-klorid pH~4-6,5 és 9,5; vas(III)-szulfát pH~4-10,0

A víz előkészítés általános három egymást követő művelete: gáztalanítás, ülepítés, szűrés.

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)

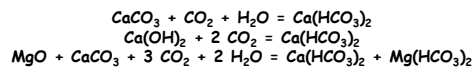
A víz gáztalanítása

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 korrozívá válik és megtámadja a cement- és betonépítményeket ill. fémfelületeket, így pl. a kazánok falát és a csövezetéseket.

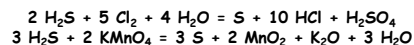
Dr. Pátzay György

60

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

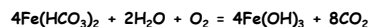


A fenti folyamatok növelik a víz karbonát keménységét.
Kénhidrogén-mentesítés általában oxidációs módszerrel történik.



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.

Dr. Pátzay György

61

A víz olajtalanítása

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

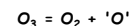
- sorbakapcsolt olajleválasztó edényekkel,
- adszorbens anyagokkal.

A víz fertőtlenítése

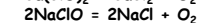
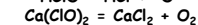
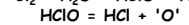
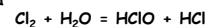
Célja a fertőzést okozó mikroorganizmusok (baktériumok, protozoák, algák, amőbák stb.) eltávolítása.

A lakossági vízvezeték 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



Dr. Pátzay György

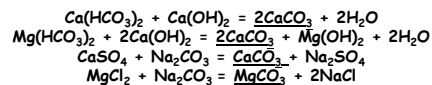
62

Vízlágítás

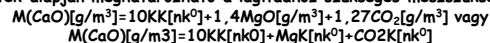
Célja a keménységet okozó sók káros hatásának megakadályozása.

a. Termikus eljárás: Melegítés hatására a Ca(HCO₃)₂ és Mg(HCO₃)₂ oldhatatlan CaCO₃-tá és MgCO₃-tá alakul.

b. Meszes (mész-szódás) eljárás



A CaCO₃ oldhatósági minimuma pH=9-9,5, a MgCO₃-é pedig pH~11. A kívánt pH-értéket mészfölösleg adagolásával biztosítják, ez kb. 1,25 mekv/l mészfölösleg. Ha oldott CO₂ is jelen van további mészfogyasztás lép föl. A víz keménységi viszonyainak, a kalcium és magnéziumsókat arányának ismeretében a reakcióegyenletek alapján meghatározható a lágításhoz szükséges mészszerűséglet:



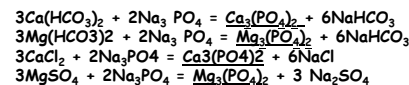
A szódaszükséglet pedig: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3)[\text{g}/\text{m}^3] = 18,9\text{NKK}[\text{nk}^0]$

Dr. Pátzay György

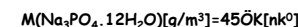
63

Hidegen ~4 nk°, melegen ~1nk° maradék ÖK (40 mg/lCaCO₃, 10 mg/l Mg(OH)₂ biztosítható. A víz stabilizálását a túltelített CaCO₃ visszaoldásával érik el. Ezt savadagolással érik el. Alkalmazhatnak kénsavat, de leggyakrabban CO₂ gázt alkalmaznak (rekarbonizálás).

c. Trinátrium-foszfátos eljárás

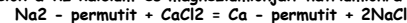


A lágításhoz szükséges trisó mennyisége:



d. Ioncserés eljárás

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



Így a víz keménysége gyakorlatilag 0-ra csökken.

Dr. Pátzay György

64

IVÓVÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA

I. Úszó és lebegő anyagok eltávolítása

- Úszó és durva szennyeződések eltávolítása: *szűrés durva és finom rácson, szítaszűrőn, homokfogás*
 - Ülepedő, lebegő anyagok eltávolítása: *centrifugálás, ülepítés*
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, pehelyes, adszorbedő csapadék

II. Oldott anyagok eltávolítása és pótlása

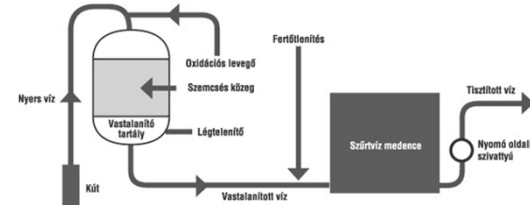
- Vas- és mangántalanítás: *lassú szűrés, oxidációs kicsapás, adszorpció*
- Szénsav és káros gázok eltávolítása: *adszorpció, kicsapás, levegőztetés, vákuumos eljárás*
- Lágysítás: *kicsapás, desztillálás, ioncsere*
- Sótalanítás: *kicsapás, ioncsere, fordított ozmózis, elektrodialízis, desztilláció*
- 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)*

Dr. Pátzay György

65

Debrecen vizei (háztartási és ipari víz):

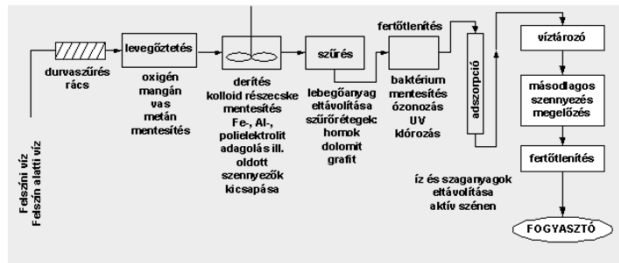
- (Hortobágy, Köse, Tócs, tavak) = OI
- hőforrások (63 °C gyógyvíz) = nagy érték
- fúrt (artézi) kutak (a Nagyerdőn) = értékes
- Keleti-főcsatorna (csővezetéken érkezik)
- vízmű: a Keleti vizét tisztítják, majd az artézi kutak vizével keverik a szükségletek szerint
- a város szennyvizét is a DV kezeli
A tisztítási technológia elvi vázlata



Dr. Pátzay György

66

Az ivóvíz tisztításának technológia vázlata



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

Dr. Pátzay György

67

Hűtővízzel szembeni követelmények

- Ne tartalmazzon agresszív anyagokat.
- Lehetőleg kicsi legyen a változó keménysége, ne rakódjon le kazánkö a hűtendő felületen.
- Ne tartalmazzon lebegő anyagokat, amelyek a hűtőfelületen lerakódhatnak, dugulást idézhetnek elő.
- Megfelelően hideg legyen, nagyobb termikus hajtóerő (a hőcsere a hűtendő felülettel és a hőmérséklet különbséggel arányos).

Kazánvíz (tápvíz)

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

Előállítás:

- Termikus eljárással
- Meszes - szódás eljárással
- Alkáli - foszfátos eljárással
- Ioncsere sótalanítással

Dr. Pátzay György

68

Az ipari szennyvizek osztályozása

Rendkívül káros	Erősen káros	Részben káros	Kevésbé káros
Fenolok, olajok, zsírok, kátrány, hajtóanyagok, páclevélek, nehézfém-tartalmú, galvánüzemi szennyvizek, papíripari gyártási levek, vágóhídi-bőripari kezeletlen szennyvizek.	Papíripari, textilipari, tejipari, cukoripari, söripari, szeszipari szennyvizek, vágóhidak, húsüzemek, bőripari előtisztított szennyvizei, mosodák vizei.	Pácolás nélkül 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 befogadóokban.

• A szervesanyag tartalom mérésére alkalmazott összegparaméterek (jellemző mennyiségek):

- KOI: kémiai oxigénigény [O₂mg/liter].
- BOI²⁰₅: biológiai oxigénigény [O₂mg/liter].
- TOC: összes szerves széntartalom [Cmg/liter]

A kommunális szennyvizekre jellemző értékek O₂mg/liter koncentrációban pl.: BOI~250-326 O₂mg/liter, KOI~500-650 O₂mg/liter (USA - Anglia)

Dr. Pátzay György

69

A szennyvizek szagát okozó főbb vegyületek

Komponens	Összegképlet	Előidézett szag
Nitrogéntartalmúak		
aminok	CH ₃ NH ₂	halszag
ammónia	NH ₃	csípős ammóniaszag
diaminok	NH ₂ (CH ₂) ₄ NH ₂ NH ₂ (CH ₂) ₅ NH ₂	rohdadt hús
szkatol	C ₈ H ₅ NHCH ₃	
Kéntartalmúak		
kénhidrogén	H ₂ S	záptajás
merkaptánok	CH ₃ SH, CH ₃ (CH ₂) ₃ SH	rohadó káposzta
szerves szulfidok	(CH ₃) ₂ S, CH ₃ SSCH ₃	rohadó káposzta
kén-dioxid	SO ₂	szúrós, savas
Egyebek		
klór	Cl ₂	klórszag
klórfehol	Cl-C ₅ H ₄ -OH	fenolos gyógyszer

Dr. Pátzay György

70

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 anaerob folyamatok, a litoszféra, ... révén
- Az **ipari** szennyvizet a helyszínen, az üzemi szennyezéstől függően kell tisztítani. Jó tisztítás után a víz visszaforgatható (pl. MOL).
- A **kommunális** szennyvizet a települési csatorna-hálózatán 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), csepegtetőtestes rendszer, eleven iszapos rendszer, anaerob rothasztás

Dr. Pátzay György

71

c) Fizikai-kémiai tisztítás

- **Finom lebegő anyag eltávolítása:** homokszűrés, mikroszűrés
- **Kolloid és foszfor kicsapása:** (keverés, ülepítés, vegyszeres kezelés) koagulációs eljárás
- **Nitrogén eltávolítása:** NH₃-kiűzés, klórozás, szelektív ioncsere
- **Oldott szerves anyag, baktérium, vírus eltávolítása:** aktív szén-, klórgáz adagolása, kémiai oxidáció ózonnal
- **Sótalanítás:** fordított ozmózis, elektrodiálízis, desztilláció

Debrecen szennyvize:

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

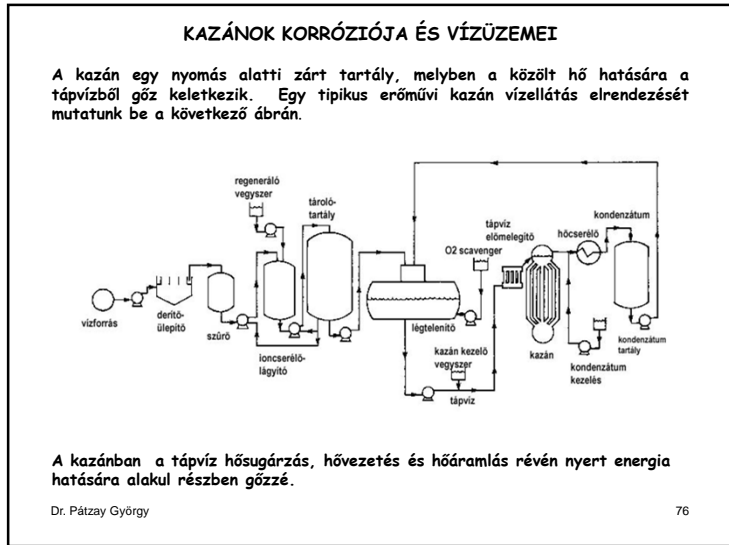
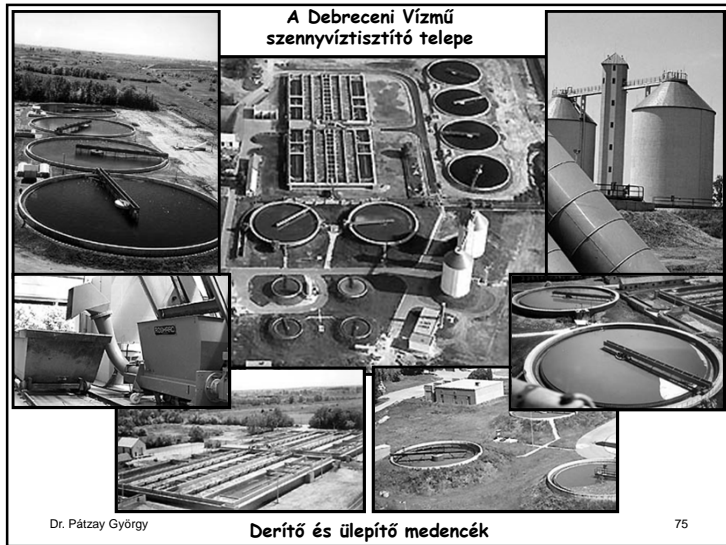
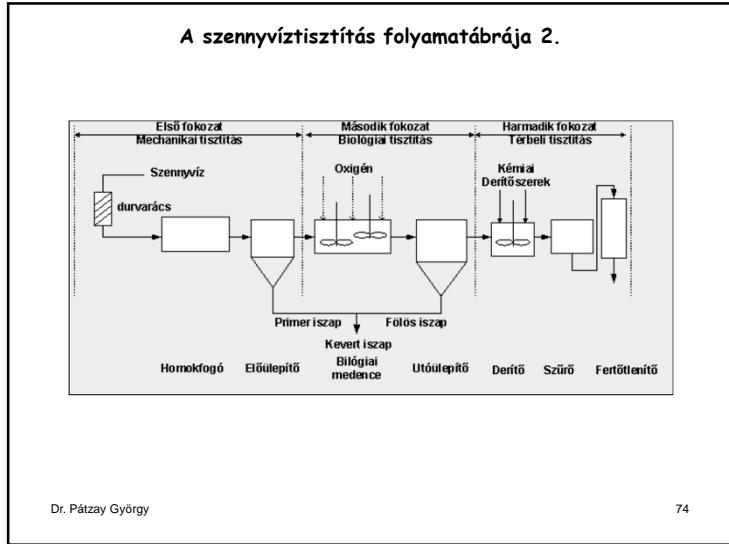
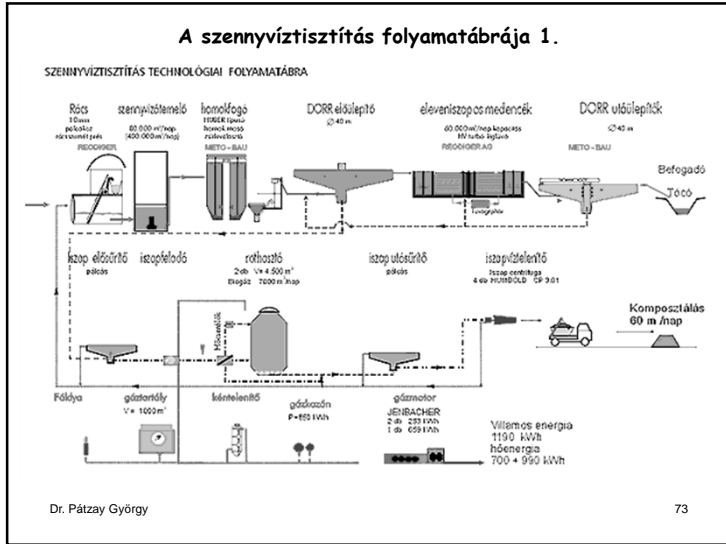
A DV kémiai vizsgálatai:

- 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

Dr. Pátzay György

72



A hőközlési mechanizmusok részaránya függ a kazántípustól, a hűtadási felület kialakításától és a tüzelőanyagtól. Ipari méretekben két kazántípus a tüzcsöves és a vízcsöves típus kerül alkalmazásra. A tüzcsöves 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:

- egyszerű turbina mechanikus forgatása révén elektromos energia előállítás, fűvők 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 tápvizeire 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.

Dr. Pátzay György

77

Kazán tápvíz				kazánvíz		
kazán nyomás psi (MPa)	Vas (ppm Fe)	Réz (ppm Cu)	Összes keménység (ppm CaCO ₃)	Szilikát (ppm SiO ₂)	lúgosság (ppm CaCO ₃)	fajlagos vezetőképesség (micromhos/cm (nem közönböcsített))
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

Dr. Pátzay György

78

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 korrózió 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 hűtadásra és további veszélyes korróziós folyamatok elindulását biztosítja. A hűtadási ciklusban forgó vízben egyes szennyező anyagok feldúsulhatnak, betöményedhetnek és a kiülepedésre legérzékenyebb, legforróbb hűtadási 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, film-forrás 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:

Dr. Pátzay György

79

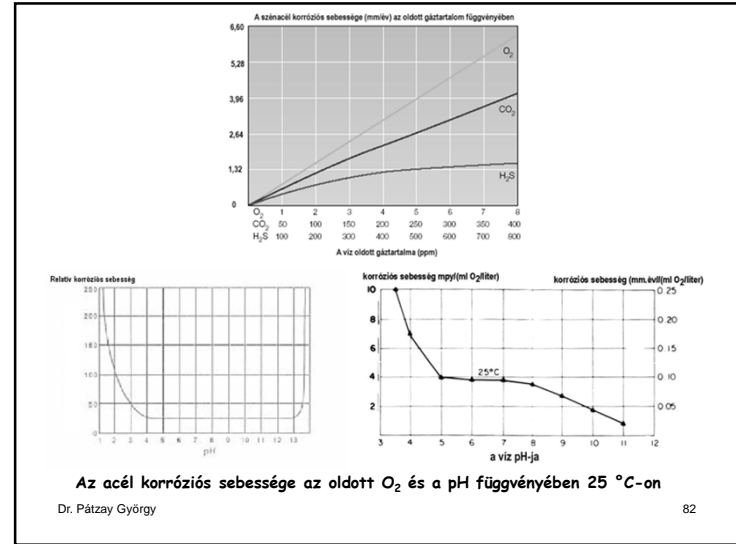
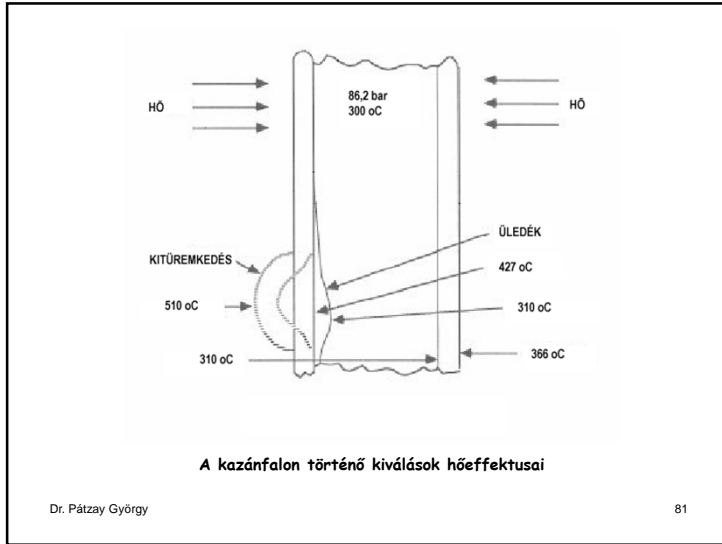
- az oxigén, szén-dioxid és más nem-kondenzálódó gázok eltávolítása a tápvízből,
- a póttápvíz és a visszatérő kondenzátum felmelegítése az optimális hőmérsékletre,
- a nem-kívánatos gázok oldhatóságának minimalizálása,
- a kazánba belépő víz hőmérsékleti maximumának biztosítása.

A kazánkorrózió legáltalánosabb okozói a vízben oldott oxigén, szén-dioxid és ammónia, melyek közül az oxigén a legveszélyesebb. A pitting korrózió és az iszapkiválás 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 átlukadásokat okozhat. Az oxigén korrózió mértéke függ a vízben oldott oxigén koncentrációtól, a víz pH-jától és hőmérsékletétől. A hőmérséklet hatása kimondottan fontos a zárt hevítkben és előmelegítőknél, mert ezeken a helyeken gyorsan emelkedik a víz hőmérséklete. Magasabb hőmérsékleten csak oxigén jelenlétében lép fel komoly korróziós károsodás.

Dr. Pátzay György

80



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 (Fe₂O₃) és a fekete mágneses tulajdonságú vas-oxidok (Fe₃O₄) 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 redukív környezetben, így az üzemelő kazánban keletkeznek.

Gáztalanítók

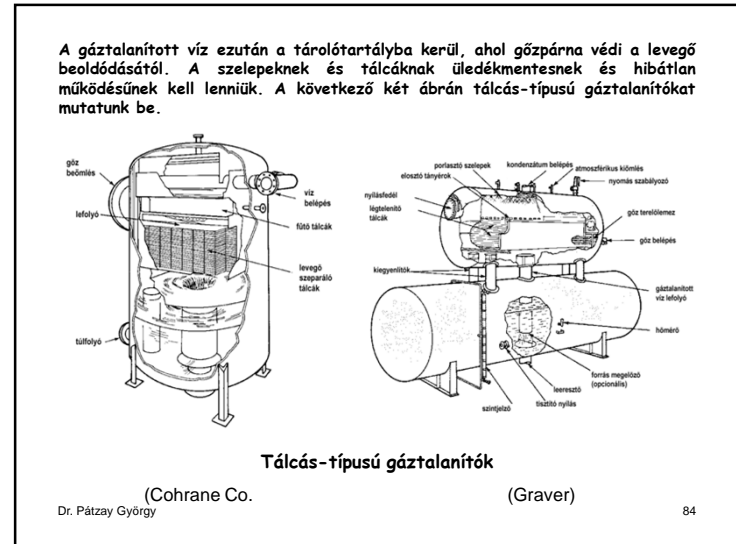
A mechanikus gáztalanítókat a tápvíz oxigén és egyéb gáztartalmának eltávolításánál az első lépcsőben alkalmazzák. A mechanikus gáztalanítás során a szabad szén-dioxid is eltávozik, míg a kötött szén-dioxid a kazánból kikerülő gőzzel távozik és a kondenzátumban oldódik és további korróziós problémát 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.

Dr. Pátzay György

83

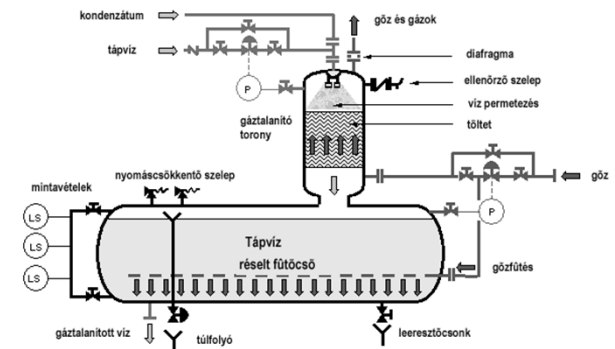


A tálcás-típusú gáztalanítónál a belépő víz a tálcákon áthaladva finom permetté alakul és a vízcseppekkel érintkező gőz kiűzi az oldott gázokat. A gőz a vizet a telített gőz hőmérsékletére hevíti és nyomnyi mennyiségű oxigén kivételével minden gázt eltávolít. A gáztalanított víz egy alsó tartályban gyűlik 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-szulfid adagolásával biztosítható. Ha ez nem elegendő a tápvíz pH-ját 8-9 értékre állítják be szóda, vagy aminos adagolásával. A tápvíz oxigén tartalma indigó-kármín-A színreagenssel (0-100 ppb) és oxigén analízatorokkal határozható meg.



Egy töltetes gáztalanító sémája

II. Kazánok üzemelési problémái

1. Vízoldali kiválások

A vízből keménységet okozó sók, fémoxidok, 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 sótalanító 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
Acmít	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$
Analcit	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Anhidrit	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 vízkövésképzést okozó komponenseit csaknem teljesen eltávolítják és a vas és rézvegyületek migráció 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 költség-többletet 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 vastagságig növekszik és megakadályozza a korróziót. Ez a védőréteg rendszeresen megsérül és a kazánvíz megfelelő kezelésével állítható helyre.

Dr. Pátzay György

89

Tiszta kazánvízben a korróziós sebesség ~1 mm/év. A magnetit réteg fenntartásához pH=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, oxigénben szegényebb helyeken pedig anódosan viselkedik. Így oxigén jelenlétében a dobban a vízvonallal alatti mély pittinges bomlások 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 bomlások 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 hőátadás 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

Dr. Pátzay György

90

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

Gőzoldali bomlások

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 bomlódik, elvékonyodik.

Feszültségkorróziós károsodás

A feszültségkorrózió okainak megállapításához metallurgiai vizsgálatok szükségesek. A korróziós hatás lehet kristályközi és transzkristallin korrózió. Általában nagyobb károsodásnál lép fel.

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 koncentrációjával jár.
- A koncentráció következtében tömény nátrium-hidroxid hat a felületre,
- A koncentrált lúgos felületre nagy mechanikai feszültségek hatnak.

Dr. Pátzay György

91

III. Kazánvíz kezelés

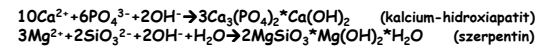
A kazánvíz kezelés több mint 75 éves.

• 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. Vízdíszítő foszfátot és lúgot adagoltak a kazánvízhez a kalcium és magnézium ionok kicsapódásának elősegítésére. A keletkezett (lebegő állapotú) iszapot kézi leiszapolással távolították el. A kalcium hatóanyag 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 teljessége tételéhez szükséges felesleg határozza meg. Elegendő lúg híján savanyú kalcium-foszfátok válhatnak ki, melyek jól tapadnak a kazánfalhoz.

Dr. Pátzay György

92

• 1950-es évek

Foszfátos-szerves vízüzem. Felületaktív anyagokat (lignin, tannin) is adagoltak a kazánvízhez. Ezek az anyagok a diszpergáló és adszorpció 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-polimere vízüzem)

A csapadék képzésre hajlamos komponensből 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.

Dr. Pátzay György

93

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.

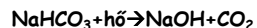
Széndioxid korrózió

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

Dr. Pátzay György

94

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

Dr. Pátzay György

95

Ioncsere

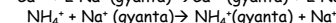
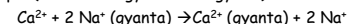
Az ioncsereelő olyan szilárd anyagok, amelyek pozitív vagy negatív töltésű ionos csoportokat tartalmaznak és az azokhoz kapcsolódó, szabadon mozgó ionjaikat képesek más, azonos töltésű ellenionokkal kicserélni.

Az első gyakorlati célra alkalmazott ioncsereelő anyagok szervesetlen, mikrokristályos szilikátvegyületek voltak (pl. zeolit, glaukonit). Ezt követően szulfonát természetes szeneket alkalmaztak, jelenleg az ioncsereelő nagy része műgyanta alapú, vázuk sok esetben polisztirol és divinilbenzol kopolimer (pl. Varion gyanták). A kationcsereelő gyanták általában szulfonsav-csoportokat, az anioncsereelőket negyrendű ammóniumiont vagy egyéb aminocsoportokat tartalmaznak.

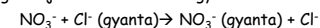
A vízkezelésben korábban az ioncsereőt főként a víz lágyítására alkalmazták (Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok cseréje Na^+ ill. H^+ ionra). Az utóbbi időben a felhasználandó vizek fokozott nitrát-, ammónium- és fém-ion szennyeződése az ioncsereelőket szélesebb körű alkalmazását tette szükségessé.

Az ioncsere egyenértékű mennyiségek reverzibilis reakciója:

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



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



Dr. Pátzay György

96

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 ionjaira (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 gyantáknál szelektívebb zeolitokat használnak. A zeolitok alumínium-szilikát ásványok, speciális Si-O gyűrűk övezte csatornás szerkezetűek, rácsüregek 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.

Dr. Pátzay György

97

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 oszlop felülről lefelé áramoltatva az oszloptöltet fokozatosan telítődik, a szorpciós zóna egyre lejjebb kerül, ezzel párhuzamosan az átfolyó 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 sztöchiometrikan megkötni képes. Egysége: $\text{mval ion} / \text{cm}^3$ ioncserélő.

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

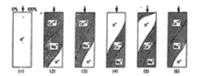
Hasznos kapacitás: az ioncserélő által az áttörési pontig megkötött összes ionmennyiség ion mval/cm^3 ioncserélő egységeken.

Gyakorlati kapacitás: a kérdéses ionra vonatkoztatott hasznos kapacitás értéke.

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

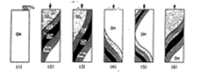
Holttérfogat: az ioncserélő berendezésnek a nem tisztítandó folyadékkal (desztillált víz) kitöltött térfogatrésze.

98



Prízes gyanú, 120 - Kise- 120 - Vas- 120 - Savas 120 - Dől- 120 - Ujabb 120

M⁺-formában levő kationcserélő oszlop indossa- tása, felülről-lefelé történő telítés és rege- nerálás kezdése

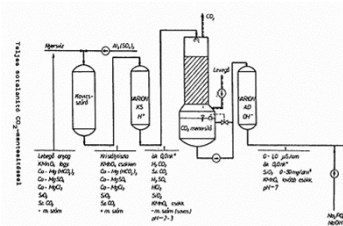


Prízes gyanú, 120 - Kise- 120 - Vas- 120 - Savas 120 - Dől- 120 - Ujabb 120

OH⁻-formában levő anioncserélő oszlop indossa- tása, felülről-lefelé történő telítés és rege- nerálás kezdése

Dr. Pátzay György

99



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

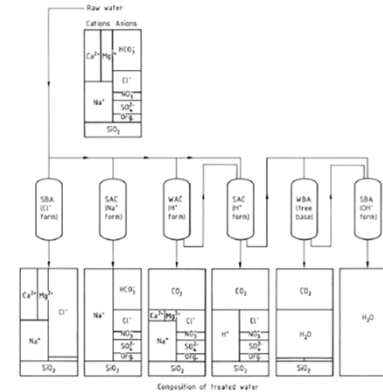
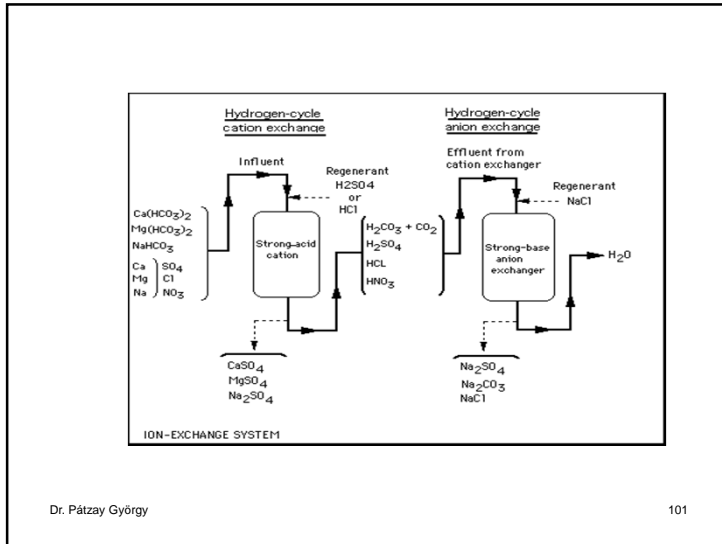


Fig. 6: Summary of the kinds of ion exchange used in water treatment
SAC = strongly acidic cation exchangers ; SBA = strongly basic anion exchangers ;
WAC = weakly acidic cation exchangers ; WBA = weakly basic anion exchangers

Dr. Pátzay György

100

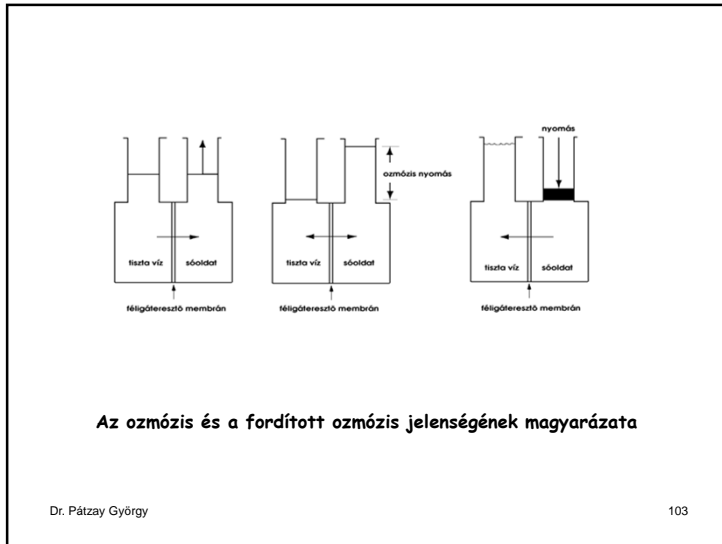


MEMBRÁNTECHNIKAI VÍZKEZELÉS- FORDÍTOTT OZMÓZIS - RO

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 szennyeződéseket a tiszta víztől. Környezetünk további elszennyeződésének megakadályozására minden iparágban keresik az úgynevezett "tisztító 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 használja. Az ozmózis rendszerek fő működési eleme egy félig átteresztő membrán, amely az oldószert (pl.: víz) átresztli, de az oldott sókat döntő részben visszatartja. Ha egy só oldatát és oldószert ilyen membrán választ el, ozmózis nyomás jön létre. Ugyanis az oldószer 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 környezetterhelés minimális. Kedvező tulajdonságainak köszönhetően a vízkezelés széles területén alkalmazható; például kazánok, hűtőrendszerek pótvízigényének előállítására, tengervíz sótalanításra, ivóvíztisztításra, ipari-technológiai vizigények biztosítására, ipari szennyvizek kezelésére, biotechnológiai elválasztások megvalósítására stb.

Dr. Pátzay György 102



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

Csőmembrán Spirális tekercsmembrán

A finom felületi tulajdonságok és a tekercselt 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 felületi lerakódás.

Dr. Pátzay György 104

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.: előlágályítók, 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 üzemeltetés-kímélő megfontolásból néha utókezelő egységeket is kell a rendszerbe építeni. A leggyakrabban alkalmazott utókezelők:

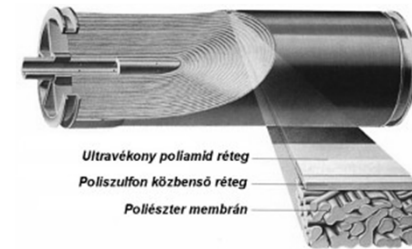
- kevertágyas ioncserélők
- gáztalanítók
- csírátlanítók
- utólágályítók
- vegyszeres kondicionálók

Dr. Páztay György

105

Az RO berendezés telepítéséhez (tervezéséhez) szükséges legfontosabb alapinformációk:

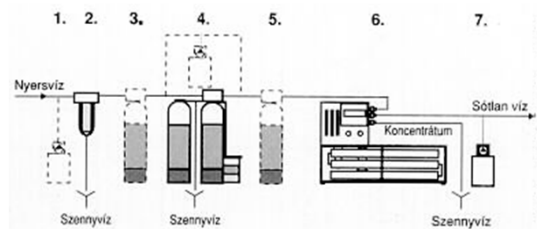
- kezelt víz minőségi elvárások
- kezelt víz mennyiségi elvárások
- komplett nyersvíz-analízis adatok
- telepítési feltételek, építészeti adottságok, tárolókapacitások, nyomásadatok, vezérlési csatlakozások



Dr. Páztay György

106

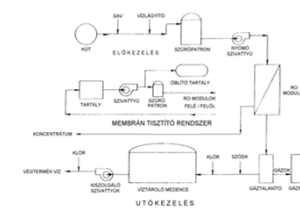
Egy fordított ozmózis víz sótalanító sémája



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

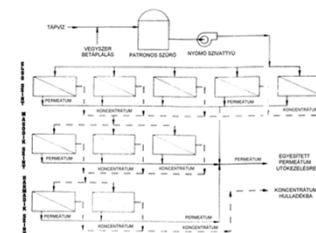
Dr. Páztay György

107



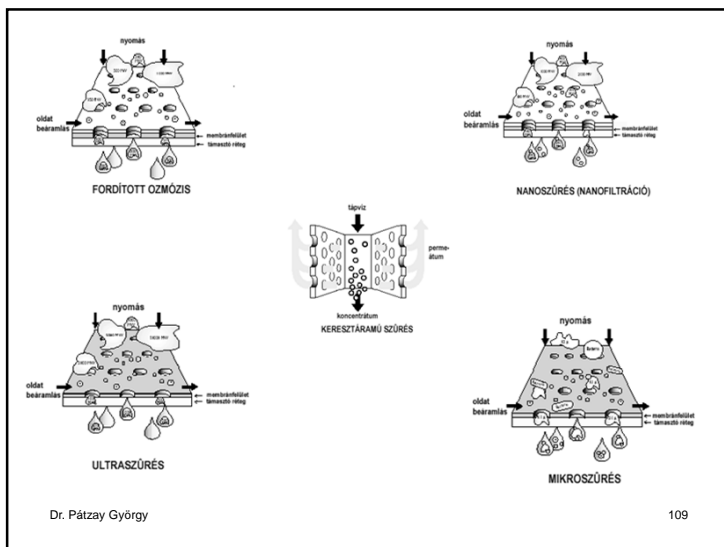
Fordított ozmózis folyamatábrája

3 fokozatú RO berendezés kapcsolása



Dr. Páztay György

108



Atomeróművek vízüzeme

VVER-440/213 A könnyűvízes atomeróművek nem tudják a fosszilis tüzelőanyagú erőművek 36-39 %-os hatásfokát produkálni. Ennek oka, hogy pl a nyomottvízes atomeróműveknél egyszeri átömlésű (once through) gőzfejlesztő mellett csak kismértékű 17-34 °C-os túlhevítés érhető el. Az U-csöves recirkulációs gőzfejlesztővel ellátott PWR-ek és a BWR-ek esetén pedig még túlhevítés sincs. Így az elérhető hatásfok ezeknél az erőműveknél maximum 32-33%, mert nagyobb a hővesztesség a kondenzátor hűtővizé felé.

A primer kör vízüzeme

Nyomottvízes atomeróműben beszélhetünk:

- semleges vízüzemről
- gyengén lúgos (ammóniás) vízüzemről
- erős bázisokat alkalmazó vízüzemről
- bóros szabályozású vízüzemről

1. Semleges vízüzem

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

Hátrányai:

- alacsony ötvözetű 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, ebből salétromsav keletkezett, így csökkent a pH, nőtt a korrózió.

Dr. Pátzay György

110

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 atomeróművek primerköri szerkezeti anyagai pH 10 érték körül korróziós stabilitást mutatnak. Erős lúgosítószertént 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 kielégítette a következő követelményeket:

- vízben oldható, és oldott állapotban is jó neutronabszorpciós tulajdonságokkal rendelkezik,
- kémiailag 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.

Dr. Pátzay György

111

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 $\text{K}^+ \text{NH}_4^+$ vízüzemet alkalmaznak a bór mellett.

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

- stabilizálja a részarám 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 (lerakódások, majd kimosódások), nem növeli a primerköri szerkezeti anyagok korrózióját, nem nehezíti a hőhordozó ioncserés tisztítását és a bórsav eltávolítását.

Primerköri hőhordozó szennyeződései és azok eltávolítása

Nyomottvízes atomeróműben a primer körben levő radioaktív izotópok forrásai:

- a póttáppízzel bekerült szennyeződések felaktíválódása,
- a hőhordozóban (víz) levő korróziótermékek felaktíválódása,
- a hőhordozóban levő radioaktív gázok,
- az ioncserélő gyanták bomlástermékeinek felaktíválódása,
- az adagolt vegyszerek szennyezőinek felaktíválódása,
- a fűtőelemek tömörtelenségein kiszivárgó hasadvány izotópok.

Dr. Pátzay György

112

A pótvíz szennyeződéseinek felaktíválódása

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 felaktíválódása

Ez az egyik legjelentősebb szennyezőforrás a hasadványiszivárgás 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 hőtápadást, esetleg üzemzavarhoz vezet. Pakson az 1.sz. ioncserés víztisztító a korróziós termékek 10-15 %-át szűri ki. Leállás 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 felaktíválódásából,
- a primerköri hőhordozóban lebegő és oldott korróziós termékek fölaktíválásából,
- az aktív zóna terében levő felületekről származó aktív anyagok.

Dr. Pátzay György

113

A hőhordozóban levő radioaktív gázok

A radioaktív gázok egy része a fűtőelemburkolaton keresztül szivárgott hasadványgázokból származik. Ezek elsősorban nemesgázok, melyek koncentrációja kisebb 10^{-9} mol/dm^3 . Ezenkívül egyéb magreakciókból származó gázok is felhalmozódnak.

Ioncserélő gyanták bomlástermékeinek felaktíválódása

A primerköri hőhordozó részarámú tisztítása során csökken a gyanták kapacitása a sugárzás és a sugárzás következtében keletkező radiolízis termékek hatására. A gyantákat primer sugárzás nem érheti, csak a vízben és a szűrőkön felhalmozódó radioaktív izotópok sugárzása hat a töltetre. a gyanták termolízis és radiolízis termékei megjelennek a szűrletben. Kevertágyas töltetknél a bomlástermékek egy része elnyelődik a szűrőben.

Az adagolt vegyszerek szennyezőinek 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.

Dr. Pátzay György

114

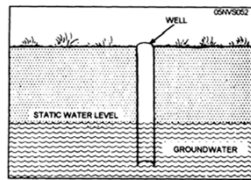


Figure 9.1.—Static water level before pumping.

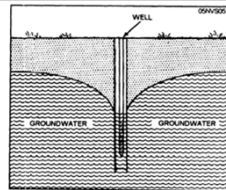
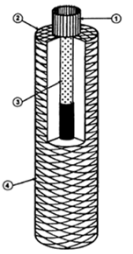


Figure 9.2.—Pumping level.



1. Extended center core 2. Core cover 3. End treatment 4. Inside filter mesh
Figure 9.13C)—Cartridge filter.

Dr. Pátzay György

115

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

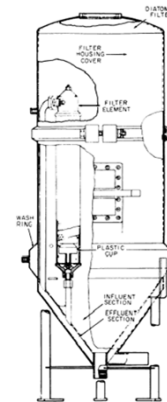


Figure 9.14.—Diatomite filter, showing one filter element.

Dr. Pátzay György

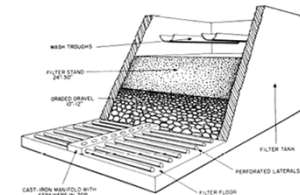


Figure 9.16.—Typical sand filter showing relationship of filter media.

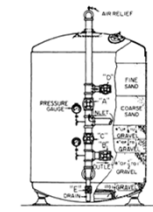
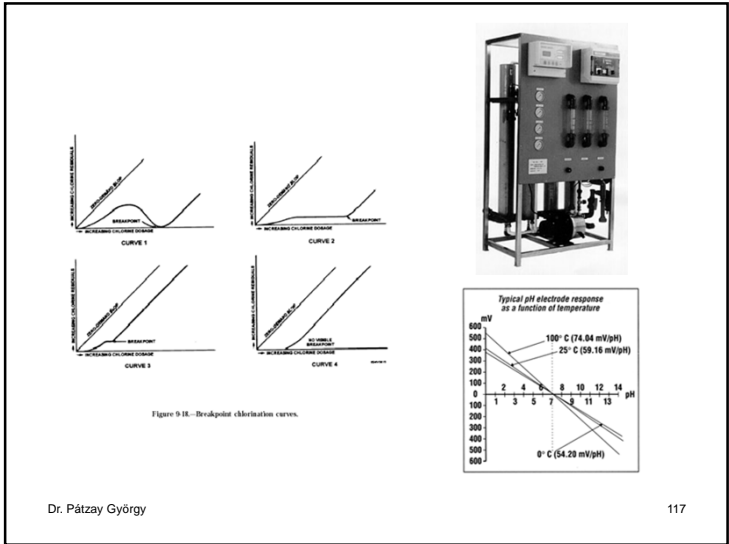


Figure 9.17.—Pressure filter.

116



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 μ S	40.38	0.5048	38.04	0.4755	50.50	0.6563
447 μ S	225.6	0.5047	215.5	0.4822	300.0	0.6712
1413 μ S	744.7	0.5270	702.1	0.4969	1000	0.7078
1500 μ S	757.1	0.5047	737.1	0.4914	1050	0.7000
8974 μ S	5101	0.5685	4487	0.5000	7608	0.8478
12,880 μ S	7447	0.5782	7230	0.5613	11,367	0.8825
15,000 μ S	8759	0.5839	8532	0.5688	13,455	0.8970
80 mS	52,168	0.6521	48,384	0.6048	79,688	0.9961

Dr. Pátzay György 118

