

# **6.Obradba vode**

# Sadržaj:

- 6.1. Prethodna obradba vode
- 6.2. Bistrenje
- 6.3. Koagulacija
- 6.4. Flokulacija
- 6.5. Sedimentacija
- 6.6. Filtracija
  - 6.6.1. Začepljivanje filtra
  - 6.6.2. Pranje filtra
  - 6.6.3. Tipovi filtra

- 6.7. Dezinfekcija
- 6.7.1. Klor
- 6.7.2. Ozonizacija
- 6.8. Membranski postopci obradbe vode
- 6.8.1. Reverzna osmoza
- 6.8.2. Elektrodijaliza

- Nečistoće u vodi mogu se nalaziti kao:
- plivajuće ili suspendirane tvari: lišće, grane, krute čestice itd.
- koloidne čestice: čestice gline i ostalih minerala, mikroorganizmi, organske tekućine
- otopljene krutine: anorganske soli, humati (organske tvari)
- otopljeni plinovi:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$
- otopljene tekućine: ulja, masti, organske tvari

- glavni pokazatelji za razvrstavanje voda u klase su:
- otopljeni kisik
- zasićenost vode kisikom
- BPK – biološka potrošnja kisika (petodnevna) – 293 K
- KPK - kemijska potrošnja kisika – iz  $\text{KMnO}_4$
- nefiltrirajući ostatak (“suspendirane tvari”)
- ukupni rezidualni ostatak pri isparavanju

- pH vrijednost
- vidljiva otpadna tvar
- primjetna boja
- primjetan miris
- najvjerojatniji broj koliformnih bakterija
- stupanj biološke produktivnosti (samo za jezera)
- toksične tvari
- promjena temperature
- stupanj radioaktivnosti

Klasifikacija voda prikazana je u tablicama (N.N.77/98)

TABLICA 1

SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI mjerna jedinica	I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA	
FIZIKALNO- KEMIJSKI	pH	8.5-6.5	6.5-6.3 8.5-9.0	6.3-6.0 9.0-9.3	6.0-5.3 9.3-9.5	<5.3 >9.5	
	Alkalitet *	mg CaCO <sub>3</sub> /l	>200	200-100	100-20	20-10	<10
	Električna vodljivost μScm <sup>-1</sup>		<500	500-700	700-1000	1000-2000	>2000
A	Otopljeni kisik **	mgO <sub>2</sub> /l	>7	7-6	6-4	4-3	<3
	Zasićenje kisikom **	%					
B	tekućice:		80-110	70-80 110-120	50-70 120-140	20-50 140-150	<20 >150
	stajaćice:		90-110	70-90	50-70	30-50	<30
	-epilimniji -hipolimniji		90-70	110-120 70-50	120-130 50-30	130-150 30-10	>150 <10
C	KPK -Mn	mgO <sub>2</sub> /l	<4	4-8	8-15	15-30	>30
	BPK <sub>S</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	<2	2-4	4-8	8-15	>15
HRANJIVE TVARI	Amonij	mgN/l	<0.10	0.10-0.25	0.25-0.60	0.60-1.50	>1.50
	Nitriti	mgN/l	<0.01	0.01-0.03	0.03-0.10	0.10-0.20	>0.20
	Nitratni **	mgN/l	<0.5	0.5-1.5	1.5-4.0	4.0-10.0	>10.0
	Ukupni dušik	mgN/l	<1.0	1.0-3.0	3.0-10.0	10.0-20.0	>20.0
MIKROBIOLOŠKI	Ukupni fosfor	mgP/l	<C.10	0.10-0.25	0.25-0.60	0.60-1.5	>1.5
	tekućice:		<C.01	0.01-0.025	0.025-0.06	0.06-0.15	>0.15
	stajaćice:		<5x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>2</sup> -5x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup>	>10 <sup>6</sup>
D	Broj koliformnih bakt UK/l		<2x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>7</sup>
	Broj fekalnih koliforma FK/l		< 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> -7.5x10 <sup>5</sup>	> 7.5x10 <sup>5</sup>
BIOLOŠKI	Broj aerobnih bakterija BK/ml		1.0-1.8	1.8-2.3	2.3-2.7	2.7-3.2	3.2-4.0
	P-B indeks saprobnosti (S) **		< 10	8-9	6-7	4-5	< 4
	Biotički indeks **						
E	Stupanj trofije **		oligotrofan	mezotrofan	umjereno eutrofan	eutrofan	hipertrofan

Opaska: Mjerodavna vrijednost pokazatelja koja je na granici dopuštene vrijednosti za određenu vrstu vode pripisuje se lošijoj vrsti vode.

\* Ne odnosi se na krške vode.

\*\* Ne odnosi se na podzemne vode.

Podaci su iz statističkih godišnjaka za 2000. godinu.

Tablica 2

SKUPINE POKAZATELJA	POKAZATELJI MJERNA JEDINICA	I VRSTA	II VRSTA	III VRSTA	IV VRSTA	V VRSTA
METALI F	Bakar $\mu\text{gCu/l}$	<2	2-10	10-15	15-20	>20
	Cink $\mu\text{gZn/l}$	<50	50-80	80-100	100-200	>200
	Kadmij $\mu\text{gCd/l}$	<0,1	0,1-0,5	0,5-2,0	2,0-5,0	>5,0
	Krom, $\mu\text{gCr/l}$	<1	1-6	6-15	15-20	>20
	Nikal $\mu\text{gNi/l}$	<15	15-30	30-50	50-200	>200
	Olovo $\mu\text{gPb/l}$	<0,1	0,1-2,0	2,0-5,0	5,0-80,0	>80,0
	Živa $\mu\text{gHg/l}$	<0,005	0,005-0,02	0,02-0,10	0,10-1,00	>1,00
	Mineralna ulja mg/l	<0,02	0,02-0,05	0,05-0,10	0,10-0,25	>0,25
	Fenoli ukupno mg/l	<0,001	0,001-0,005	0,005-0,01	0,01-0,025	>0,025
	PCB $\mu\text{g/l}$	<0,01	0,01-0,02	0,02-0,04	0,04-0,2	>0,2
RADIOAKTIVNOST H	Lindan $\mu\text{g/l}$	<0,01	0,01-0,02	0,02-0,10	0,10-0,20	>0,20
	DDT $\mu\text{g/l}$	<0,001	0,001-0,005	0,005-0,01	0,01-0,05	>0,05
	Ukupna $\beta$ radioaktivnost, mBq/l	<200	200-500	500-1000	1000-2500	>2500

Opaska: 1. Granične vrijednosti za kovine odnose se na ukupni sadržaj pojedinih pokazatelja.



- S obzirom na metode, tri su tipa procesa obradbe:
- Fizičke operacije, koje jedino ovise o fizičkim svojstvima
- nečistoća, npr: veličini zrna, gustoći, viskoznosti. Tipični primjeri takvih procesa jesu prosijavanje, sedimentacija, filtracija, prijenos plina.
- Kemijski procesi ovise o kemijskim svojstvima nečistoća ili upotrebljavaju kemijska svojstva dodanih reagensa. Primjeri su koagulacija, taloženje, ionska izmjena.

- Biološki procesi koriste se biokemijskim reakcijama za izdvajanje topljivih ili koloidnih organskih nečistoća. Primjeri su biološka filtracija i proces preradbe otpadnoga mulja biološkom aktivacijom. Dolaze u obzir kod otpadnih voda, nisu uobičajene u kondicioniranju pitkih voda.

- Obradba pitke vode obuhvaća nekoliko faza:
- Prethodna obradba
- Bistrenje
- Koagulacija
- Flokulacija
- Sedimentacija i dekantacija
- Filtracija
- Dezinfekcija

# 6.1. Prethodna obradba vode

- preliminarna obradba vode podrazumijeva u prvom redu “sijanje” vode kroz sito svijetla otvora okaca 3 - 100 mm
- Sita mogu biti podijeljena u tri grupe:
  - veličinom okaca od 30 do 100 mm
  - srednje fino sijanje s veličinom okaca od 10 do 25 mm
  - fino sijanje s veličinom okaca od 3 do 10 mm.

- Vodi koju treba predhodno oskidirati dodaje se klor – pretkloriranje vode
- Ovisno o količini i vrsti organske tvari može se oksidacija raditi ozonom ili klorovim dioksidom
- Ako voda sadrži otopljene plinove (sumporovodik, ....) treba je aerirati, odnosno kroz nju propuhivati zrak

## 6.2. Bistrenje

- Mutnoća vode jest uglavnom zbog koloidno raspršene gline ili sličnih tvari
- **Sedimentacijom** se mogu odstraniti čestice veličine do **50  $\mu\text{m}$**
- Manje koloidne čestice se okrupnjavaju se **koaguliranjem i flokuliranjem**
- Aglomeracijom se male čestice brže sedimentiraju

- Pri malim koncentracijama koloidnih čestica dodaje se koagulant, koji stvarajući voluminozne taloge u sebe uklapa i koloidne čestice. To ubrzava taloženje
- povećanje dimenzija čestica postiže se flokulacijom, zbog sudaranja čestica, ili koagulacijom, adsorpcijom na voluminozne taloge.

Brzine taloženja čestica  $\rho = 2,65$  g/cm<sup>3</sup> u vodi temperature 10 °C.

Veličina čestice / $\mu\text{m}$	Brzina taloženja / (m/h)
1000	$6 \times 10^2$
100	$2 \times 10^1$
10	$3 \times 10^{-1}$
1	$3 \times 10^{-3}$
0,1	$1 \times 10^{-5}$
0,01	$2 \times 10^{-7}$

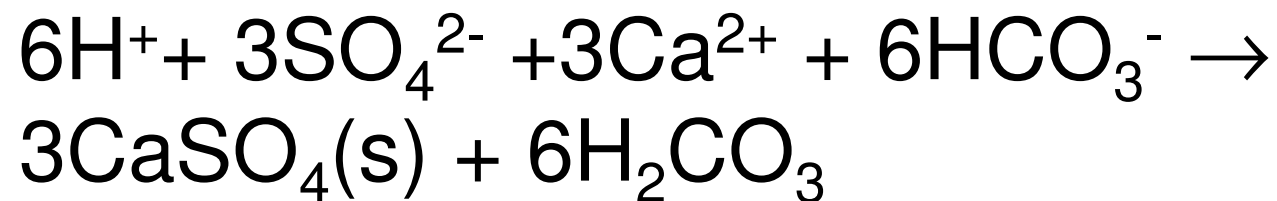
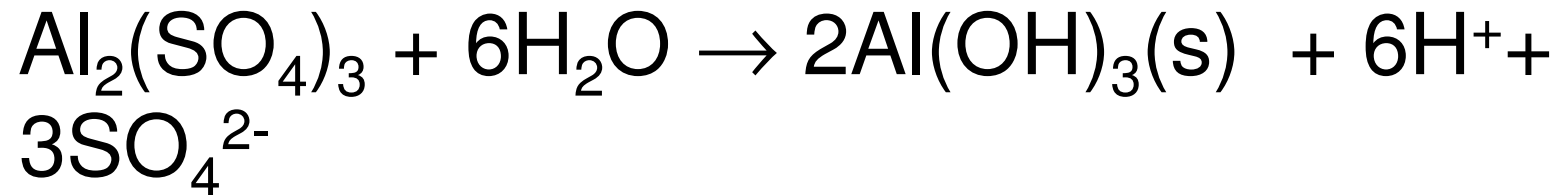


## 6.3. Koagulacija (Zgrušavanje)

- je **kemijski je postupak** kojim se iz vode uklanjaju koloidne tvari
- **Koloidi** u vodi uglavnom su **negativno nabijeni**.
- **Koagulant** je tvar koja neutralizira negativan naboj koloida i narušava dvostruki sloj izazivajući taloženje
- Količina koagulanta određuju se Jar testom – laboratorijsko ispitivanje

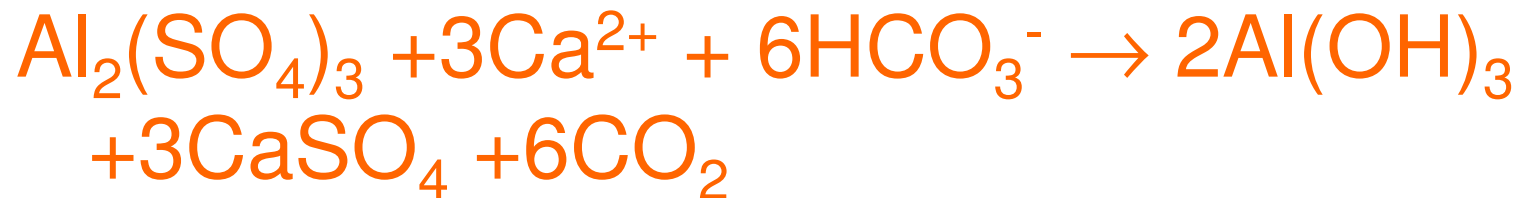
- Koagulant-aluminijev sulfat (alaun)  
 $Al_2(SO_4)_3$ .

- Reakcije koje se zbivaju njegovim dodavanjem u vodu:





ukupna reakcija



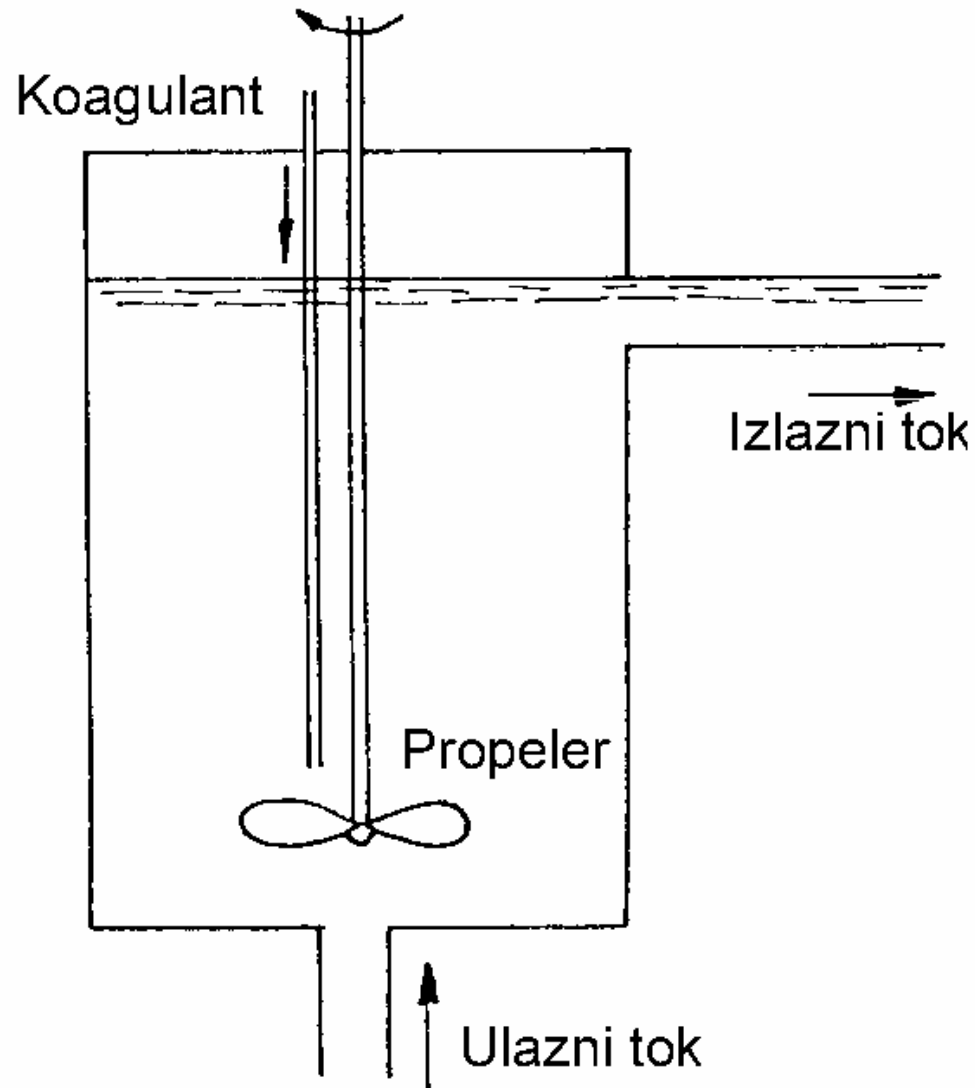
- 1 mg/L  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 14 \text{H}_2\text{O}$

neutralizira 0,5 mg/L alkaliteta i stvara

0,44 mg/L ugljikova (IV) oksida

- Kao koagulant - natrijev aluminat u vodi :
- $\text{NaAlO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{NaHCO}_3(\text{s})$
- $2 \text{NaAlO}_2 + 2 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) + 2 \text{NaHCO}_3(\text{s})$

# Shematski prikaz uređaja za brzo miješanje (Tebbutt, 1971 )



# Mehanizam koagulacije

- Temelji se na električnim svojstvima koloidnih suspenzija,
- odnosno na narušavanju dvostrukoga sloja i zeta potencijala između površine flokule i okolne tekuće faze
- “Sirova” voda obično sadrži **negativno** nabijene koloide,
- **pozitivno nabijenog  $Al^{3+}$**  narušiti će dvostruki sloj i smanjiti odbijanje do točke kada Van der Waalove sile molekularnoga privlačenja počinju prevladavati i tada počinje aglomeracija

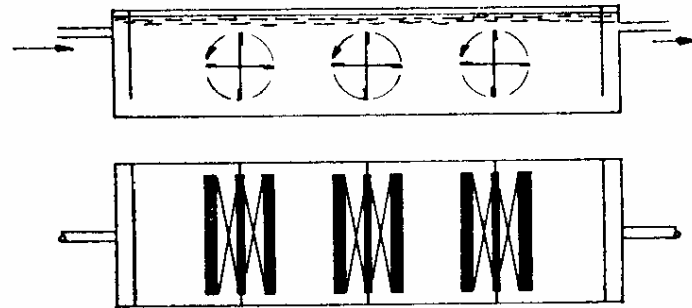
## 6.4. Flokulacija (Pahuljičenje)

- pri **koagulaciji** i pri **flokulaciji** riječ o okrupnjavanju čestica.
- bitna razlika između koagulacije i flokulacije jest u tome što se pri koagulaciji narušava električni dvosloj, a pri flokulaciji riječ je o reakciji bilo fizičke adsorpcije, bilo kemisorpcije.
- Flokulanti stvaraju voluminozne i čvrste pahuljice

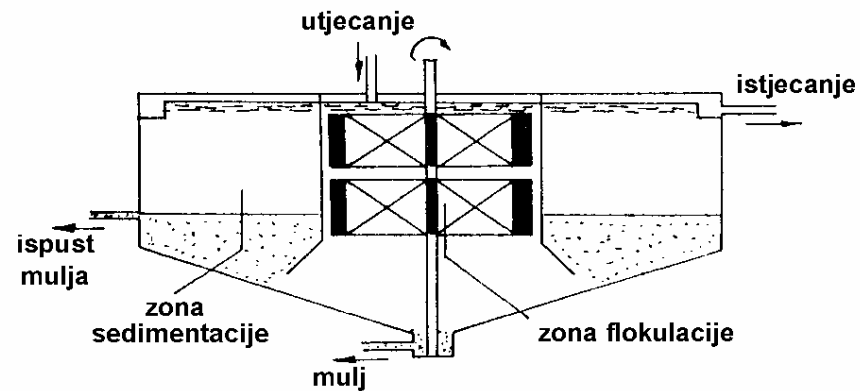
- Kao flokulanti upotrebljavaju se:
- natrijev silikat
- razne gline
- diatomajska zemlja
- kalcijev karbonat
- aktivni ugljen
- škrob
- ekstrakti algi
- i razni polimeri.



# Shematski prikaz uređaja za flokuliranje (Tebbutt, 1971)



Pravokutni mješać



spojena flokulacija i sedimentacija

## 6.5.Sedimentacija

- Brzina taloženja čestica ovisi o veličini zrna i o njihovoj gustoći te o mediju u kojem se talože - Stokesov zakon

$$v_s = \frac{gd^2(S_s - 1)}{18\nu}$$

- $S_s$  = relativna gustoća čestice s obzirom na medij u kojem se taloži
- $d$  = dijametar čestice
- $\nu$  = kinematička viskoznost tekućine

Sile trenja pri padanju čestice:

$$\text{sile trenja} = C_D A_c \rho_\omega \frac{v_s^2}{2}$$

- gdje su:

$C_D$  = Newtonov koeficijent smicanja, nije konstantan, nego varira s Reynoldsovim brojem ( $R$ ) a u manjoj mjeri i s oblikom čestice, za

$$R \leq 0,5 \quad C_D = \frac{24}{R}$$

$A_c$  = površina presjeka čestice

$v_s$  = brzina padanja (taloženja) čestice

$\rho_\omega$  = gustoća tekućine

Za turbulentan tok

$$5 \times 10^2 < R < 10^4$$

$C_D$  teži prema 0,4

tada je:

$$v_s = \sqrt{3,3gd(S_s - 1)}$$

# Za laminarano gibanje

$$R \leq 0,5$$

$$C_D = \frac{24}{R}$$

$$v_s = \frac{gd^2(S_s - 1)}{18\nu}$$

*Uprijelaznom području između ova dva toka brzina se određuje metodom probe i pogreške*

## 4 tipa taloženja:

- 1. – taloženje zasebnih čestica u suglasju s teorijom
- 2. – taloženje čestica koje se istodobno flokuliraju i kojima se povećava brzina taloženja tijekom procesa
- 3. – zonsko taloženje: - pri nekim koncentracijama flokulirajućih čestica one su dovoljno blizu jedna drugoj te se zbog međučestičnih sila drže zajedno
- 4. – taloženje tlačenjem ili tlačivo taloženje: – pri visokim koncentracijama čestice su u dodiru i masu čestice djelomično “pridržiava” donji sloj čestica

## 6.6. Filtracija

- *Filtriranje je proces propuštanja suspenzije kroz porozni sloj (filar) pa tekućina prolazi a krute čestice zaostaju na filtru.*

Suspendirane čestice veće od pora poroznoga sloja zaostaju na filtru - to je površinsko ili membransko filtriranje

Ako su čestice manje zaostaju u filtru.

- 90% mutnoće i boje uklanja se prije filtracije (koagulacijom i taloženjem)

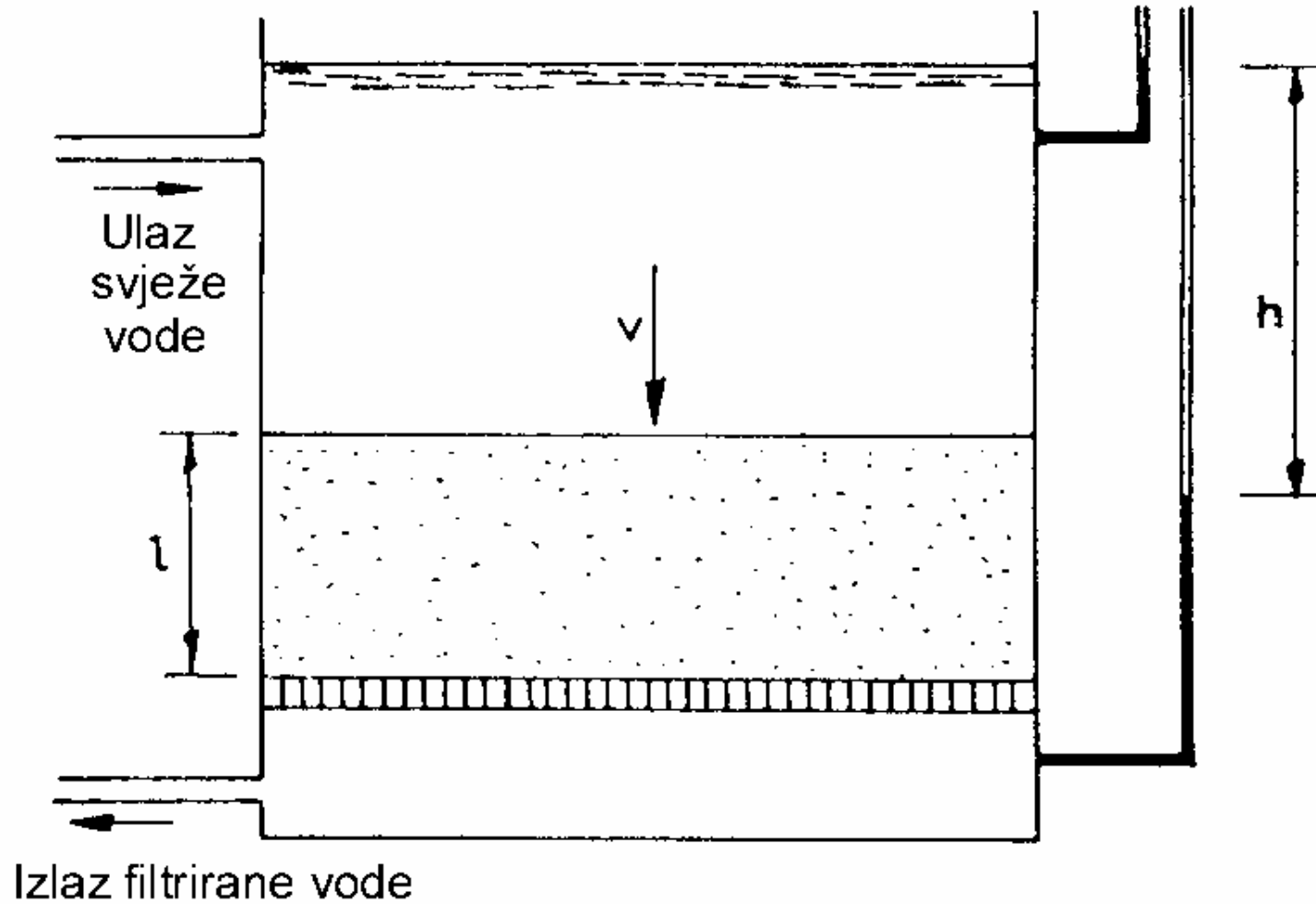


- Za filtraciju suspenzije pitke vode kroz porozni medij obično se koristi **kremeni pijesak**, vrlo rijetko **antracit** i **vapnenački pijesak**.
- Filtracija pijeskom rabi se i u tercijarnoj obradbi standardnih kanalizacijskih efluenata.
- Filtracija se primjenjuje i pri prolazu vode kroz slojeve u ionskoj izmjeni i prolazu kroz apsorpcijske kolone, gdje se želi omogućiti što bliskiji dodir dvaju sustava.

Veličina zrna (pijeska) za filtre su obično od 15 do 30 mesha. Tablica prikazuje odnos mesha i mm

Broj mesha	Otvor okca /mm (veličina zrna)
10	1,680
14	1,190
16	1,000
28	0,595
32	0,500

# Shematski prikaz filtra (Tebbutt, 1971)



- Pri filtriranju važan je  $\psi$  faktor oblika zrna  
On označuje odnos ukupne površine kugle ekvivalentnog volumena prema stvarnoj površini čestice

$$\psi = \frac{A_0}{A}$$

$A_0 =$  površina kugle volumena  $V$

- za kuglaste čestice iznosi 1 ,

- promjer kugle je:

$$d = \left( \frac{6V}{A} \right)$$

- Za druge oblike:

$$d = \left( \frac{6V}{\psi A} \right)$$

Materijal	vrijednosti faktora oblika $\psi$
Listići tinjca	0,28
Zdrobljeno staklo	0,63
Oštar pijesak	0,73
Zaobljen pijesak	0,89
Kuglast pijesak	1,00

- Za pješčane filtre treba dobiti srednju vrijednost  $A/V$  :

$$\left(\frac{A}{V}\right)_{av} = \frac{6}{\psi} \sum \frac{p}{d}$$

- gdje je  $p$  udio čestica veličine  $d$  određen sitenom analizom

- Polagani pješčani filter s niskim hidrauličkim opterećenjem (protok vode oko  $2\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$ ) čisti se odstranjivanjem začepljenih (zagađenih) površinskih slojeva i sloj je homogeno pakiran.
- U brzom filtru (protok vode oko  $120\text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ ) čišćenje se provodi povratnim pranjem filtratom odozdo, pri čemu se stvara uslojeno pakiranje sloja za čišćenje. Zato treba uzeti u obzir promjene  $C_D$  zbog promjene veličine čestice.

U običnom brzom filtru protok vode je oko  
120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d

Za brzi filter se upotrebljava se Roseova  
jednadžba:

$$\frac{h}{l} = 1,067 \frac{v^2}{g \psi f^4} \sum C_D \frac{p}{d}$$



## 6.6.1. Začepeljivanje (zagađivanje) filtra

- Uz pretpostavku da je brzina odstranjivanja čestica razmjerna njihovoj koncentraciji, tj. da je:

$$\frac{\delta c}{\delta l} = -\lambda c$$

- $c$  = koncentracija suspendiranih čestica
- $l$  = debljina od unutrašnje površine sloja
- $\lambda$  = konstanta, karakteristična za sloj

- Ives i Gregory (1967) pokazali su da se pri zadržavanju krute tvari u sloju ukupan pad tlaka može izraziti kao linearna funkcija:

$$H = h + \frac{Kvc_0t}{(1-f)}$$

$h$  = gubitak tlaka iz Carman-Kozenyjeve  
jednadžbe

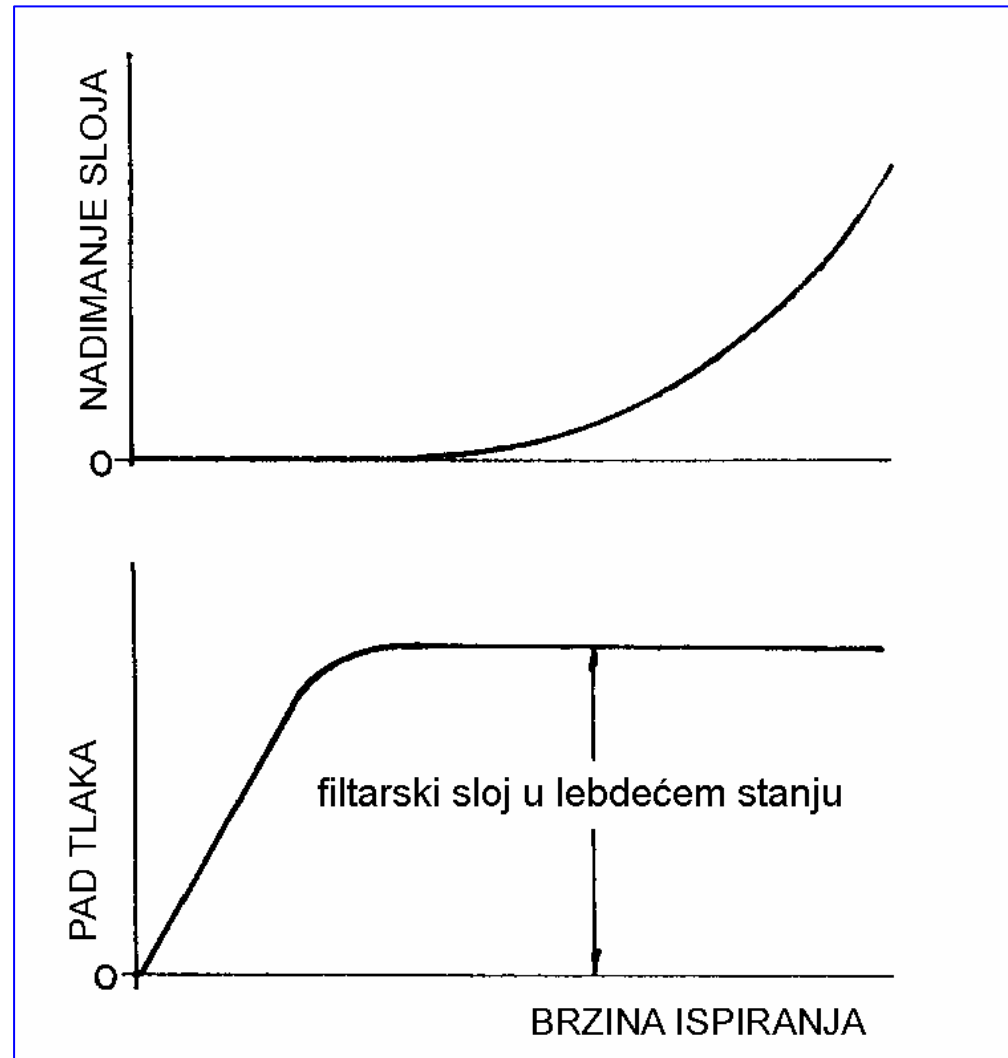
$t$  = vrijeme rada

$K$  = konstanta

## 6.6.2. Pranje filtra

- **Pranje filtra** se obavlja povratnim pranjem brzinom vode od oko 10 puta većom od brzine vode pri normalnoj filtraciji. Nadiranje vode prema gore nadima sloj, uspostavljajući uvjete lebdećega sloja u kojem se s čestica ispire nakupljeni nanos. Stlačeni zrak kojim se ispire prije povratnoga pranja poboljšava čišćenje i štedi vodu.

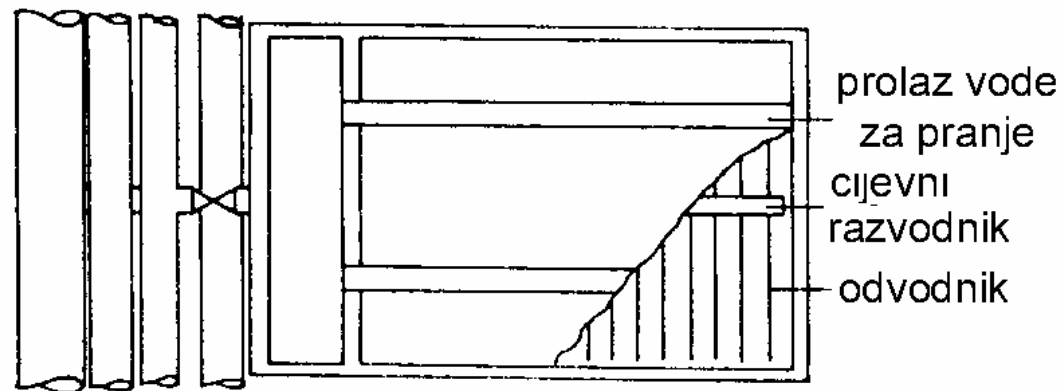
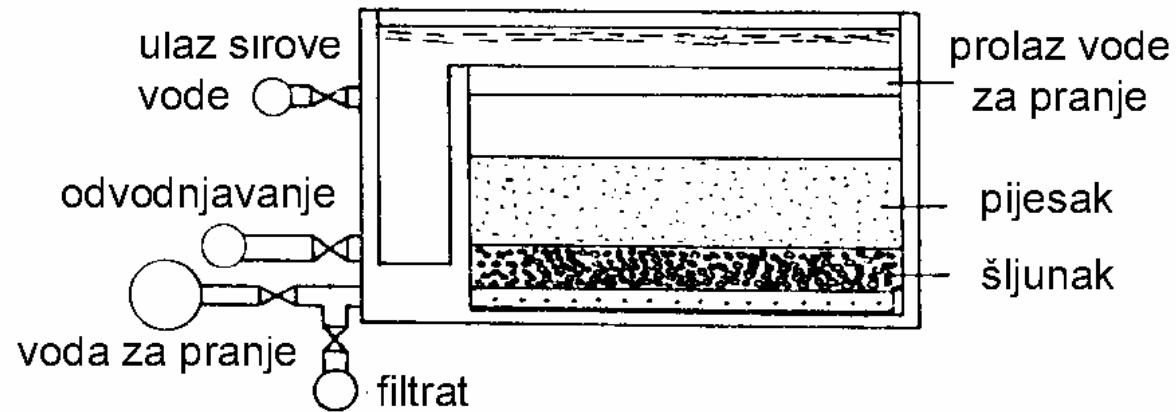
# Shematski prikaz ponašanja filtarskoga sloja prilikom ispiranja (Tebbutt, 1971)



## 6.6.3. Tipovi filtra

- Dijelev se na **brze** i **polagane**
- **Brzi** imaju brzinu procjeđivanja od **4 do 50 m/h**, a polagani manju.
- Brzi filtri se najčešće upotrebljavaju u obradbi pitke vode, pa i završnoj obradbi otpadnih voda.
- Sloj kremenoga pijeska u filtru obično je debeo od 0,6 do 0,75 m, a veličina zrna varira od 0,45 do 0,55 mm.
- U dvoslojnim filtrima sloj pijeska debeo je između 0,15 i 0,40 m, a sloj antracita od 0,3 do 0,6 m.

# Shematski prikaz konvencionalnoga brzog gravitacijskog filtra (Tebbutt, 1971)



## Rad filtra treba zaustaviti iz jednog ili više slijedećih razloga:

1. **Završni pad tlaka.** Čisti brzi filter imat će pad tlaka od oko 0,3 m i rad se mora prekinuti kada pad tlaka dosegne 2,5 m.
2. **Trajanje rada.** Vremenski je razmak 24 - 72 sata, ovisno o kakvoći vode koja se čisti.
3. **Kakvoća filtrata.** Trebalo bi neprekidno nadgledati mutnoću filtrata; filter bi se trebao povratno očistiti čim mutnoća filtrata prijeđe određenu vrijednost.

## 6.7. Dezinfekcija

- Treba razlikovati **sterilizaciju** (uništavanje svih organizama) od **dezinfekcije** (uništavanja štetnih organizama), što je zadatak obradbe pitke vode.
- Općenito, brzinu uništavanja prikazuje izraz:

$$\frac{dN}{dt} = -KN$$



- $K$  = konstanta brzine reakcije određenoga dezinfektanta (vrsta koja se odstranjuje)
- $N$  = broj organizama sposobnih za život
- Konačan izraz uz  $k = 0,4343K$  je:

$$t = \frac{1}{k} \log \frac{N_0}{N_t}$$

- $N_0$  = broj organizama na početku
- $N$  = broj organizama nakon vremena  $t$ , ovaj broj nikada neće postići nulu, normalno je odrediti dostatno uništenje kao postotak od ukupno prisutnih mikroorganizama, npr. 99,9 %.
- Za dezinfekciju vode upotrebljavaju se mnoge vrste dezinficijensa:
  - klor i njegovi spojevi, ozon, srebro i njegovi spojevi, brom, ultraljubičaste zrake.

## 6.7.1.Klor

- Najpopularniji dezinficijens za vodu jest klor, čija kinetika raspada slijedi relaciju :

$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

- ili integriranjem i mijenjanjem na bazu 10:

$$t^2 = \frac{2}{k} \log \frac{N_0}{N_t}$$

- Klor je otrovan plin koji zahtijeva oprezno rukovanje i može utjecati na okus i miris vode, posebno u prisutnosti fenola.
- Klor se vrlo lako nabavlja kao plin, tekućina ili prah.
- Jeftin je.
- Lagano se primjenjuje zbog vrlo velike topljivosti (7g/L).
- Klor je štetan za ljude, ali višak klora isparuje se iz vode, pa se klorirana voda nakon odstranjenja klora može upotrebljavati kao pitka voda.
- Klor je vrlo toksičan za većinu mikroorganizama jer zaustavlja metaboličke aktivnosti.

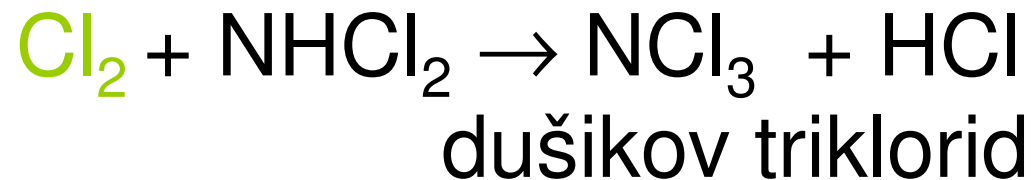
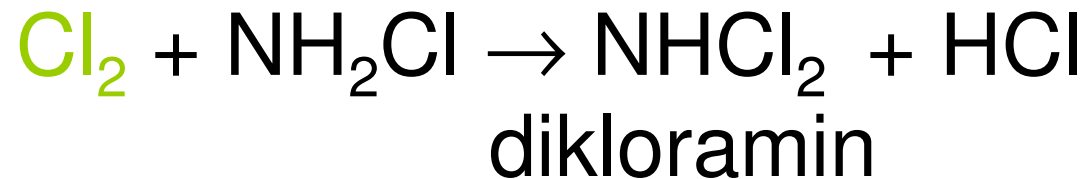
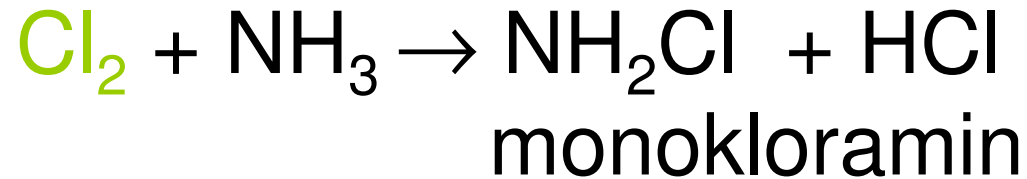
- **Vrlo je jak oksidans**, koji će se brzo vezati s reducensima i nezasićenim organskim spojevima, na primjer:
- $$\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$$
- Klor najprije reagira s otopljenim kemijskim reducensima i tek nakon završene oksidacije tih tvari ostatak klora bit će na raspolaganju za dezinfekciju.
- **Jedan mg/L klora oksidirat će 2 mg/L BPK** (biološka potreba za kisikom - mjera za kisik potreban za mikroorganizme koji razlažu organsku materiju).

- višak klora može reagirati s vodom



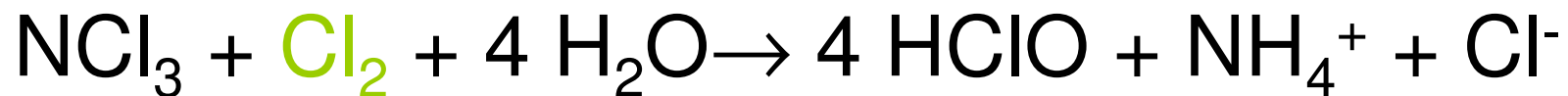
- Nastala hipokloritna kiselina je mnogo učinkovitiji dezinficijens od kloritnoga iona koji nastaje disocijacijom hipokloritne kiseline.
- U kiselom je mediju disocijacija HClO potisnuta. Do pH 5 HClO je uglavnom nedisocirana, iznad počinje disocijacija i pri pH 7,5 disocirano je oko pola hipokloritne kiseline, a pri pH 9 disocirana je gotovo sva. Stoga je učinak dezinfekcije mnogo veći u kiselom području.

- U prisutnosti amonijaka:

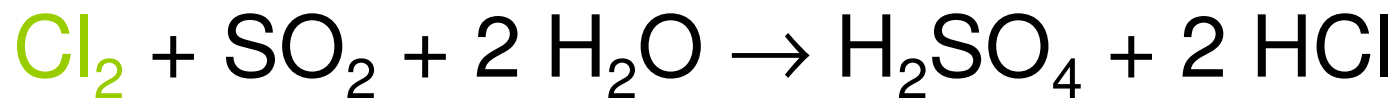


- Nedisocirani spojevi su stabilniji, ali su kao dezificijensi znatno neaktivniji.

- U suvišku klora dušikov se triklorid razgrađuje i stvara se hipoklorna kiselina i disocirani amonijev klorid:



- suvišak klora otklanja sulfonacijom nakon željenoga vremena dodira klora s vodom





## 6.7.2. Ozonizacija

- Ozon je alotropska modifikacija kisika ( $O_3$ ) koja se stvara prolazom suhog kisika ili suhoga zraka kroz električni luk 5000 - 20000 V, 50 - 500 Hz.
- On je vrlo toksičan (otrovan) plavi plin oštra mirisa
- Jak je oksidans, učinkovit je dezinficijens i koristan je u odbjeljivanju i uklanjanju mirisa i okusa. Slabo je topljiv u vodi kao i kisik i vrlo je nestabilan. Ozon poboljšava ukus podzemnih voda.

## 6.8. Membranski postupci obradbe vode

- kada voda ima više otopljenih tvari nego što je to dopušteno normama za pitku vodu koriste se **membranski postupci**
  - se mogu smatrati dopunom klasičnoj obradbi vode
  - zbog sve veće zagađenosti voda ti postupci će se sve više primjenjivati

## 6.8.1.Reverzna osmoza

- pojava selektivne difuzije otapala kroz polupropusnu membranu naziva se **osmoza**

Odijeli li se otapalo i otopina (ili dvije otopine različite koncentracije) **membranom** koja propušta samo otapalo (polupropusna membrana), difundirat će otapalo u otopinu (ili otopinu veće koncentracije) tako dugo dok se koncentracije na obje strane ne izjednače.

- Difuzijom otapala u prostor otopine povećavat će se obujam te otopine i porast će razina otopine, odnosno povećat će se **hidrostatski tlak**.
- taj tlak naziva se **osmotskim tlakom**
- prema **Van't Hoffu** jednadžba za osmotski tlak glasi  $\Pi v = nRT$
- **Reverzns osmoza** se temelji na primjeni protutlaka većeg od osmotskog.

# Jacobus H. van 't Hoff

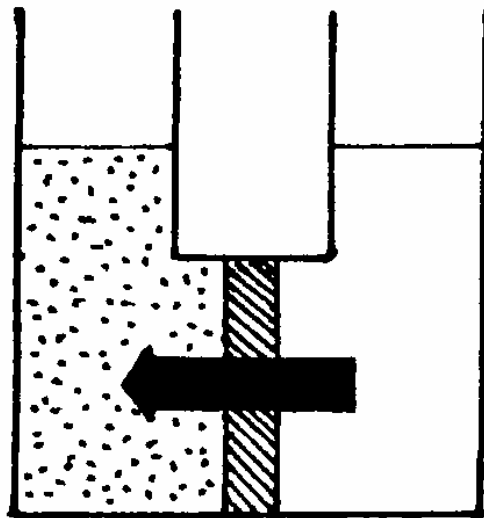
## Dobitnik Nobelove nagrade iz Kemije

### 1901

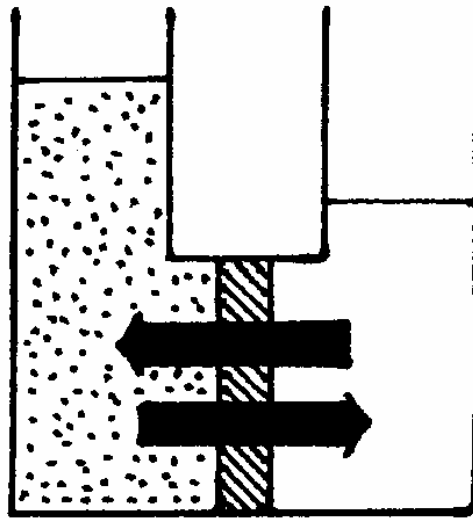


- Za njegov pionirski rad na stehiometriji i termodinamici
- University of Amsterdam
- 1878 postaje profesor kemije, mineralogije i geologije
- Član - Royal Prussian Academy of Sciences.

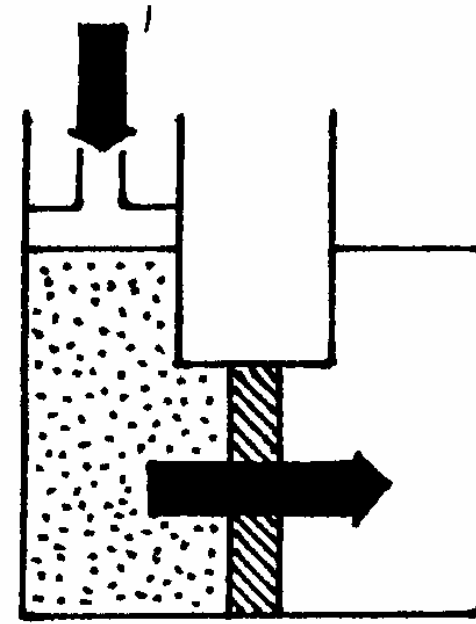
# Prikaz osmotskih pojava, (Iveković, Kunst, Ivić, 1995)



Osmoza



Osmotska ravnoteža



Reverzna osmoza

- **Membrana** je osnovni dio uređaja za reverznu osmozu i osmotsko čišćenje vode (desalinizaciju).
- Ona mora biti dovoljno propusna za permeat-tekućinu koja prolazi kroz membranu i dovoljno selektivna za propuštanje čiste vode i zadržavanje otopljenih iona.

Protok kroz jediničnu površinu membrane  
može se izraziti kao:

$$J = B (P - \Delta\pi)$$

- $J$  - protok kroz jediničnu površinu
- $B$  – označuje svojstva membrane koja ovise o veličinama pora, njihovoj raspodjeli i veličini, fizičkoj strukturi membrane, kemijskom sastavu membrane i vode koja se propušta
- $P$  – radni tlak uređaja
- $\Delta\pi$  - razlika u osmotskim tlakovima ulazne i izlazne vode



# Koeficijent zadržavanja R

- Sposobnost zadržavanja otopljenih tvari u membrani izražava se koeficijentom zadržavanja R

$$R = \frac{C_{sl} - C_p}{C_{sl}}$$

- $C_{sl}$  koncentracija tvari ulazne vode
- $C_p$  koncentracija tvari permeata, odnosno vode koja je prošla kroz membranu.

- Protok kroz jediničnu površinu membrane može se izraziti kao:

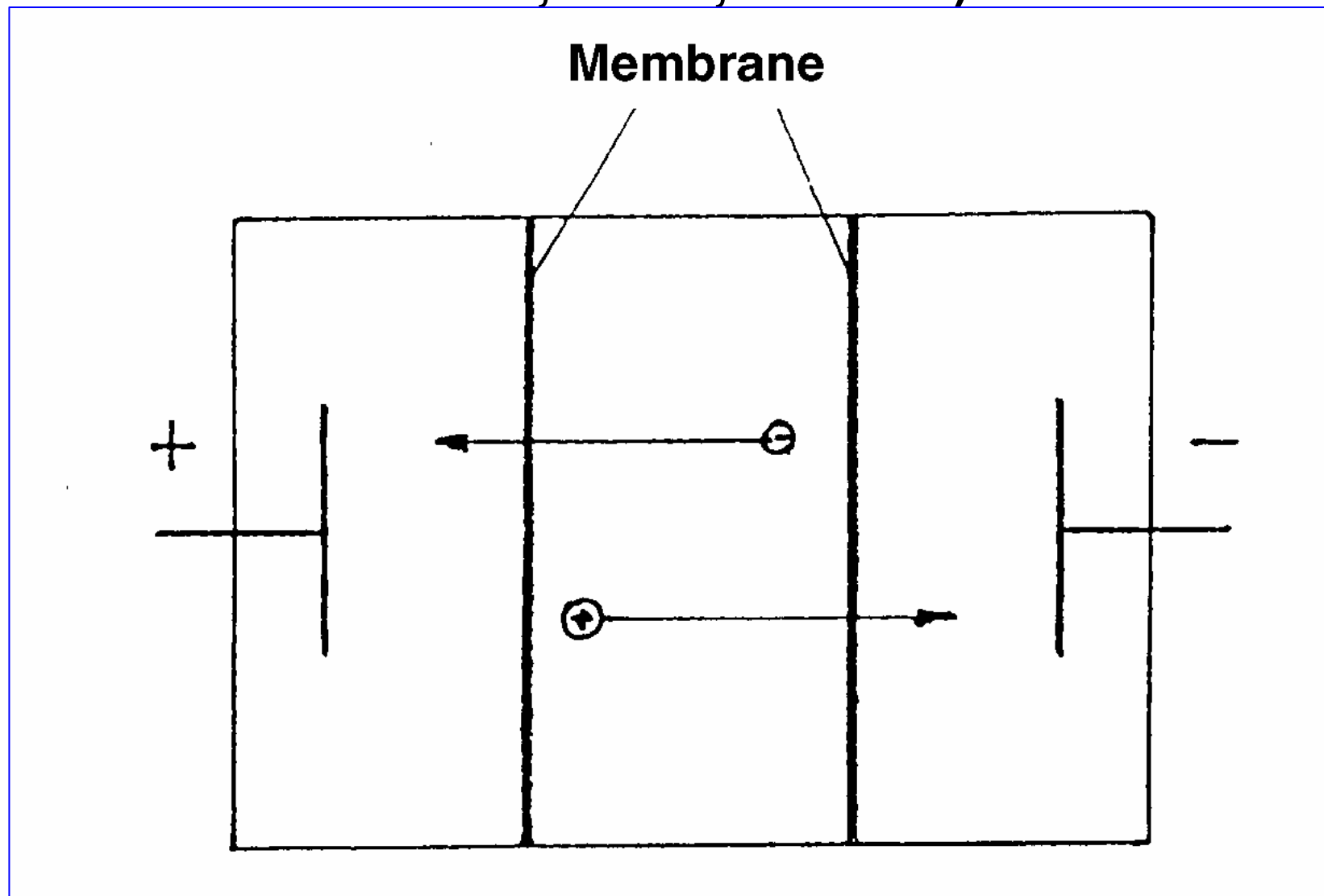
$$J = B (P - \Delta\pi)$$

- J - protok kroz jediničnu površinu
- B – označuje svojstva membrane koja ovise o veličinama pora, njihovoj raspodjeli i veličini, fizičkoj strukturi membrane, kemijskom sastavu membrane i vode koja se propušta
- P – radni tlak uređaja
- $\Delta\pi$  - razlika u osmotskim tlakovima ulazne i izlazne vode

## 6.8.2. Elektrodijaliza

- Tim postupkom se otopljeni ioni razdvajaju selektivnim prijenosom kroz membranu pod utjecajem istosmjerne električne struje.
- U upotrebi je šezdesetak godina.
- Uređaj se sastoji od posude s dvije membrane, koje posudu dijele na tri dijela (shema)
- Pod utjecajem istosmjerne električne struje ioni iz srednje komore putuju kroz polupropusnu membranu prema suprotno nabijenim elektrodama.

# Načelo elektrodijalize (Iveković, Kunst, Ivić, 1995)



# Literatura:

- 1.N.N.77/98
- 2.Tebbutt, T.H.Y., (1971) Principles of Water Quality Control, Pergamon Press, Oxford.
- 3.Iveković, H., Kunst, B., Ivićs., (1995) Desalinacija, HAZU, Zagreb.
- 4.Halle, R., (2004):Kemizam i obradba vode, Rudarsko geološko naftni fakultet u Zagrebu, Zagreb