

PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADOVA I INDUSTRIJE

Prof. dr. Laszlo Sipos

Sveučilište u Zagrebu

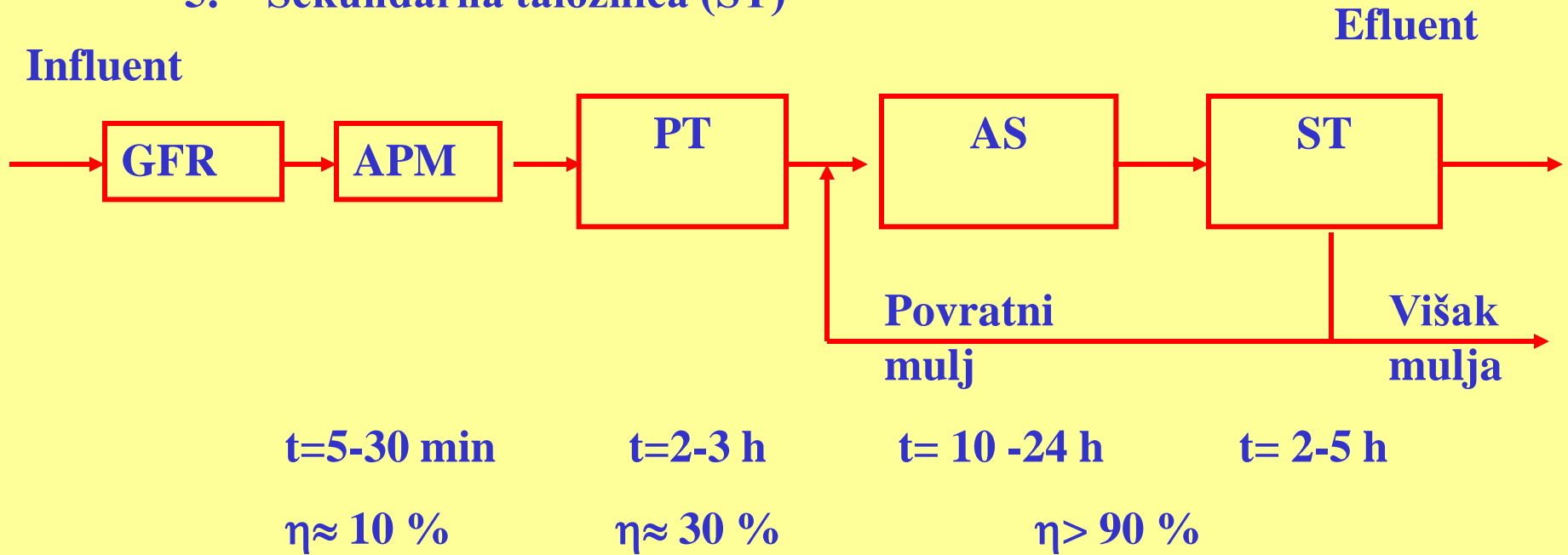
**Fakultet kemijskog inženjerstva i
tehnologije, Zagreb**

TEMELJNI PRINCIPI PROČIŠĆAVNJA OTPADNIH VODA

UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

POSTUPAK S AKTIVNIM MULJEM

1. Gruba i fina rešetka (GFR)
2. Aerirani pjeskolov mastolov (APM)
3. Primarna taložnica (PT)
4. Aeracijski spremnik (AS)
5. Sekundarna taložnica (ST)

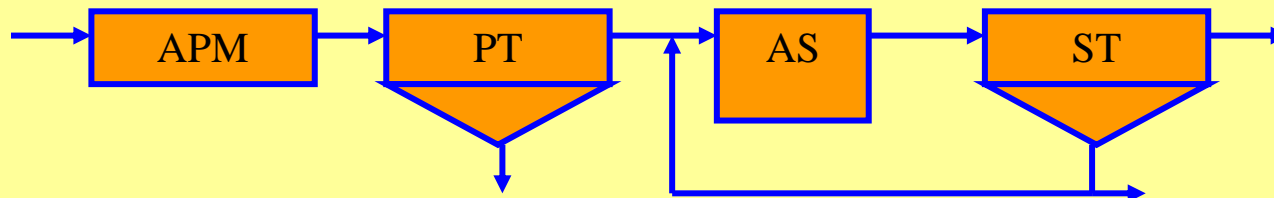
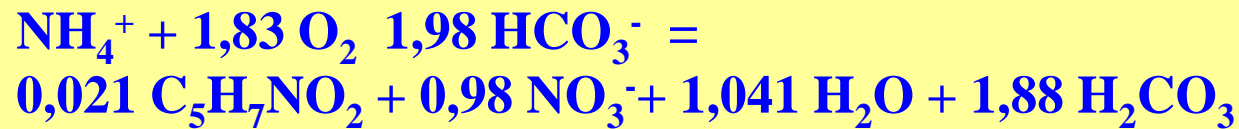


TMELJNI PROCESI PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Uklanjanje organskih tvari



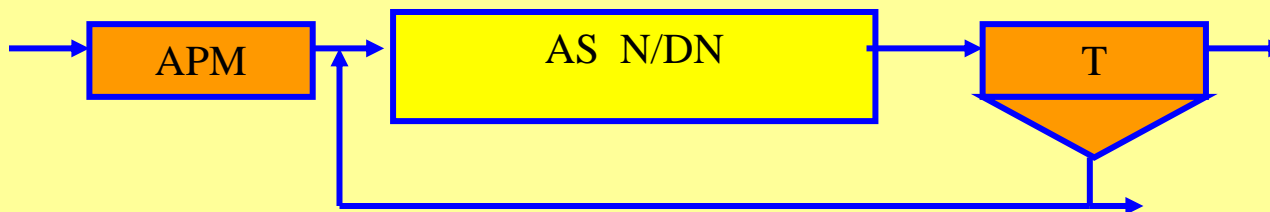
Proizvodnja biomase



Nitrifikacija

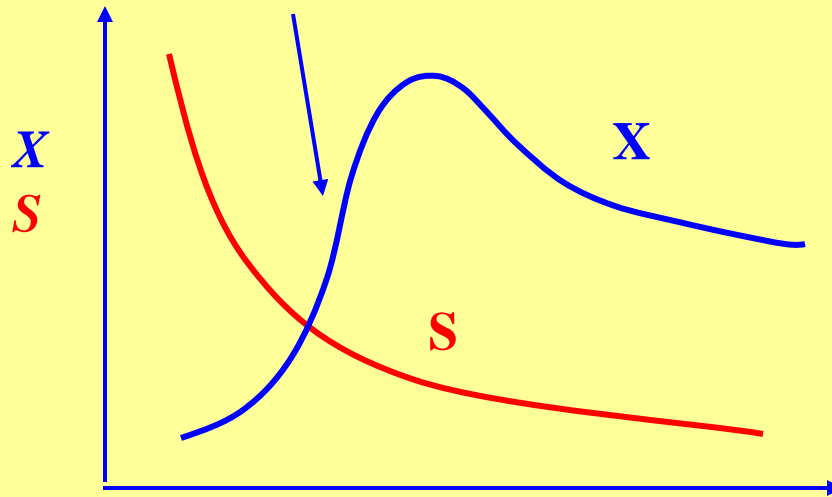


Denitrifikacija

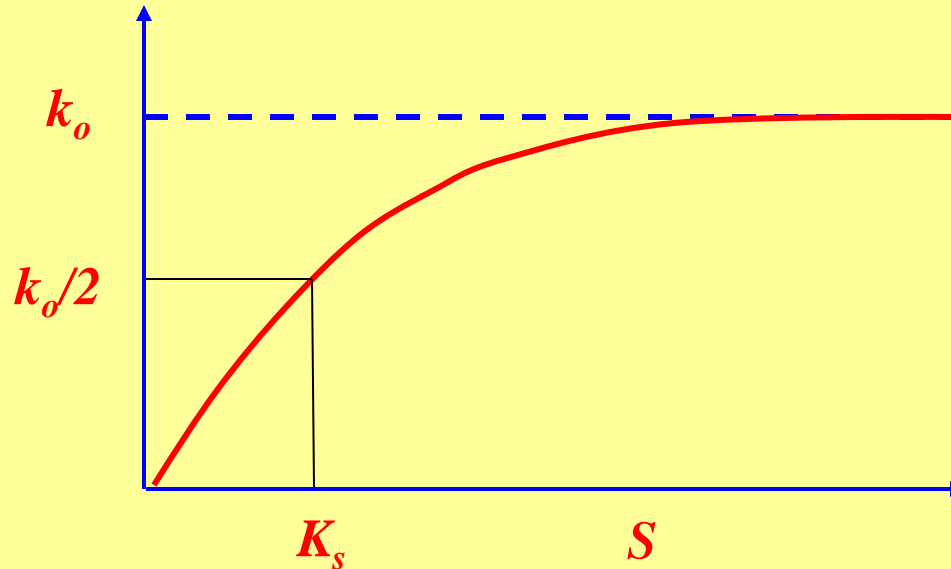


**KINETIKA BIOLOŠKIH
PROCESA PROČIŠĆAVANJA
OTPADNIH VODA**

KINETIKA PRIRASTA BIOMSE I POTROŠNJE SUPSTRATA



$$r_x = \frac{dX}{dt} = kX$$



Monod-ova konstanta brzine reakcije

$$k = \frac{k_o S}{K_s + S}$$

$$r_x = \frac{dX}{dt} = \frac{k_o * S * X}{K_s + S}$$

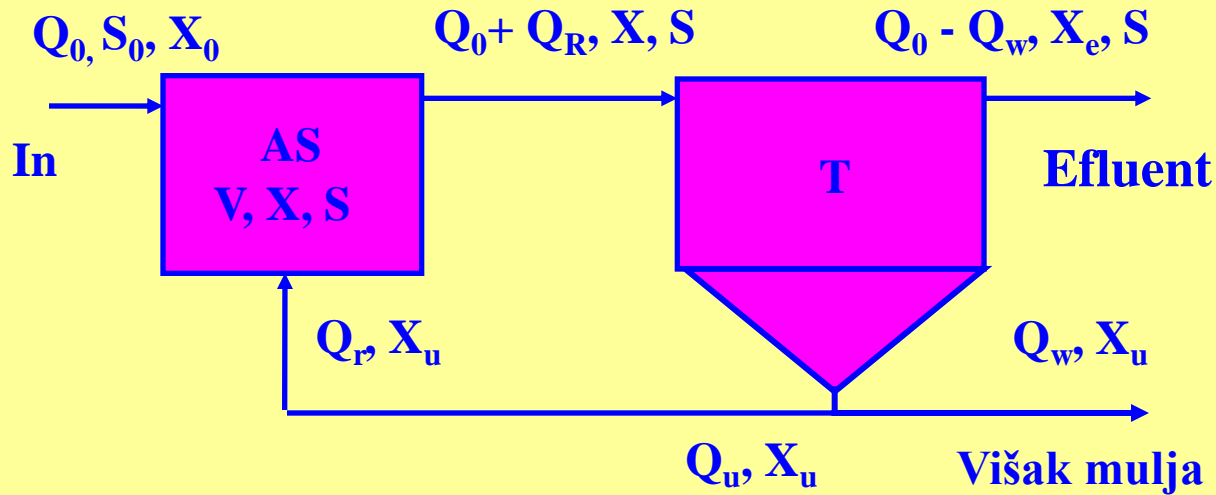
$$r_x = -Y \frac{dS}{dt} = -Yr_s$$

$$r_s = -\frac{r_x}{Y} = -\frac{k_o * S * X}{Y(K_s + S)}$$

$$r_d = \frac{dX}{dt} = -k_d * X$$

$$r_s = \frac{dX}{dt} = \frac{k_o * S * X}{K_s + S} - k_d * X$$

BILANCA BIOMASE I SUPSTRATA U SUSTAVU S AKTIVNIM MULJEM



Biomasa

$$Q_0 X_0 + V \left(\frac{k_o X S}{K_s + S} - k_d X \right) = (Q_0 - Q_w) X_e + Q_w X_u$$

Supstrat

$$Q_o S_o - V \left(\frac{k_o X S}{Y(K_s + S)} - k_d X \right) = (Q_o - Q_w) S + Q_w S$$

Pretpostavke:

$$X_o \approx 0$$

$$X_e \approx 0$$

$$S_o \rightarrow S$$

Procesi se odvijaju samu u AS !

$$\frac{K_s S}{K_s + S} = \frac{Q_o Y}{VX} (S_o - S)$$

$$\frac{K_o S}{K_s + S} = \frac{Q_w X_u}{VX} + k_d$$

$$\frac{Q_w X_u}{VX} = \frac{Q_o Y}{VX} (S_o - S) - k_d$$

Hidrauličko vrijeme zadržavanja:

$$\theta = \frac{V}{Q_o}$$

Starost mulja:

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_u}$$

**Uvrštavanjem i preuređenjem jednadžbi
dobivamo:**

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Y(S_o - S)}{\theta^* X}$$

$$X = \frac{\theta_c Y (S_o - S)}{\theta (1 + k_d \theta_c)}$$

$$S_0 - S = \frac{\theta(1+k_d\theta_c)}{\theta_c Y} * X$$

$$\eta = f(X)$$

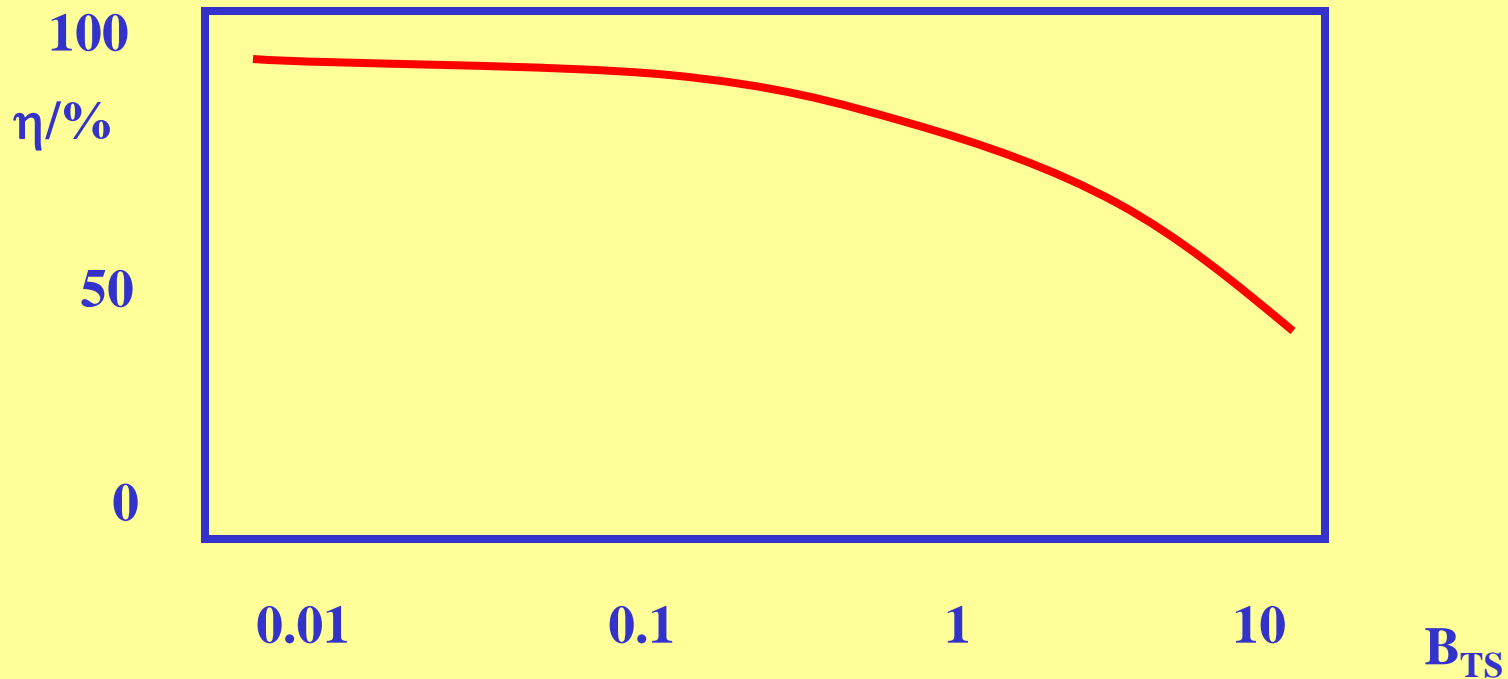
Prostorno opterećenje (V_L ili B_R):

$$V_L = \frac{QS_0}{V} \quad \frac{kgBPK_5}{m^3 d}$$

Muljno opterećenje (F/M ili B_{TS}):

$$F / M = \frac{Q(S_0 - S)}{VX} \quad \frac{kgBPK_5}{kgSTd}$$

UČINAK PROČIŠČAVANJA OVISNO O MULJNOM OPTEREĆENJU



$$\eta = 100 - \left(\frac{60 * A}{1 + A} \right)$$

$$A = 10^{(0.956 * \log B_{TS} - 0.223)}$$

TEHNOLOŠKI PARAMETRI UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

TIPIČNI VRIJEDNOSTI TEHNOLOŠKIH PARAMETARA
UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVNJE OTPADNIH VODA

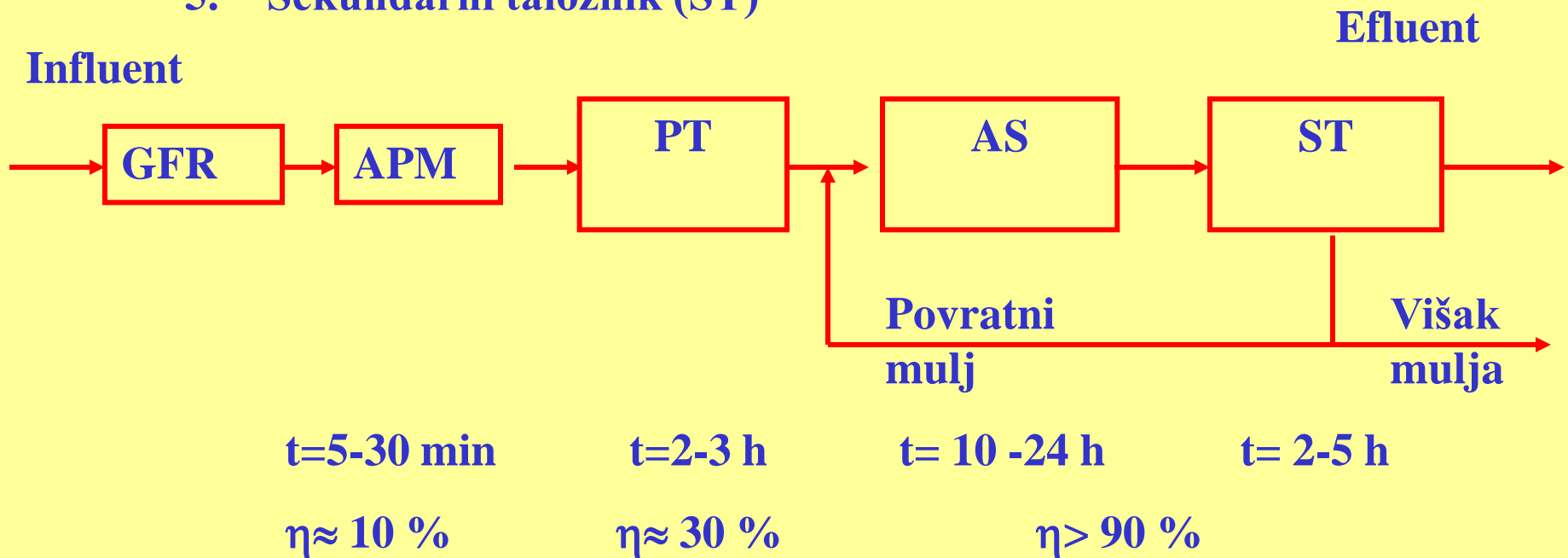
B_{TS}	kg BPK ₅ /kg ST d	0.05	0.15	>1.0
Efikas.	%	96	92.5	~60
ST	g/L	5	3.3	2-3
B_R	kgBPK ₅ /m ³ d	0.25	0.5	>3.5
t	h	~24	2	0.5
O_O	kgO ₂ /kgBPK ₅	2	2	~0.7
f		1.25	1.25	2
P	kWh/kg BPK ₅	1.04	1.08	0.5

UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

POSTUPAK S AKTIVNIM MULJEM

UZ PRIMARNI TALOŽNIK

1. Gruba i fina rešetka (GFR)
2. Aerirani pjeskolov mastolov (APM)
3. Primarna taložnica (PT)
4. Aeracijski spremnik (AS)
5. Sekundarni taložnik (ST)

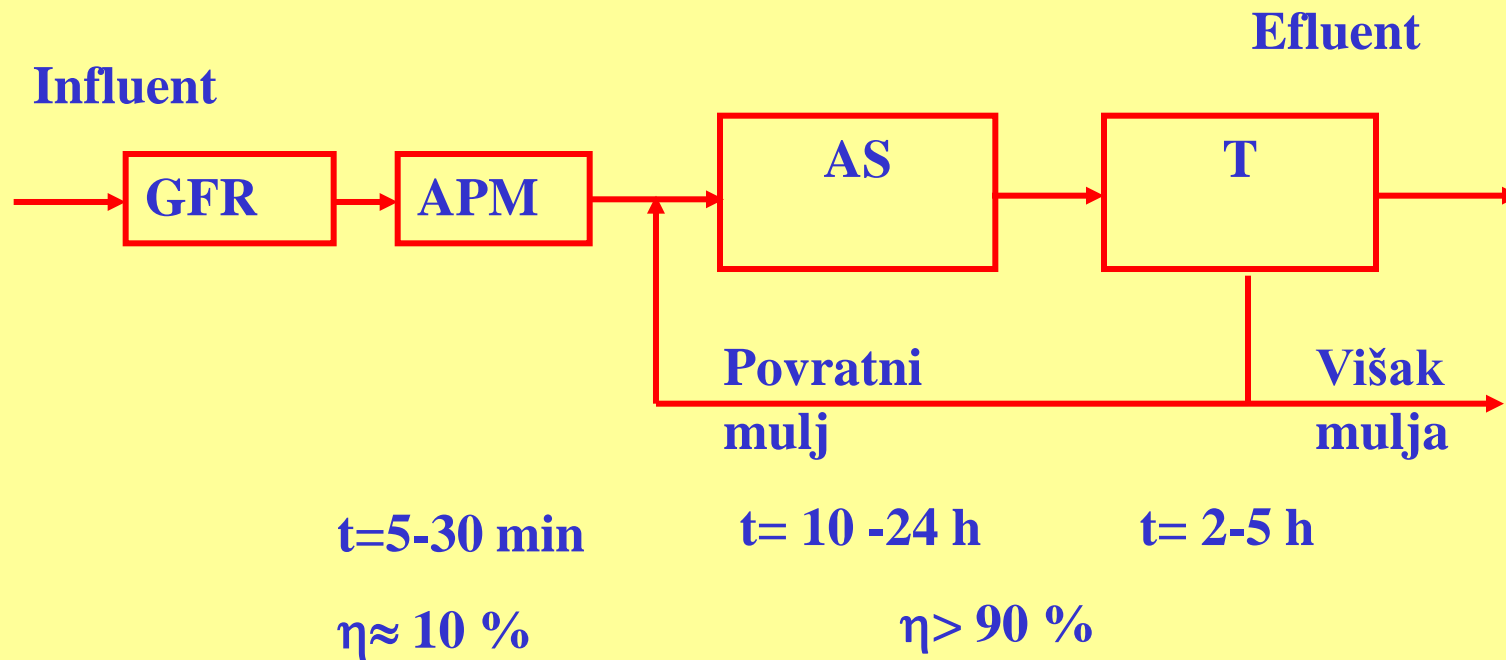


UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

POSTUPAK S AKTIVNIM MULJEM

BEZ PRIMARNE TALOŽNICE

1. Gruba i fina rešetka (GFR)
2. Aerirani pjeskolov mastolov (APM)
3. Aeracijski spremnik (AS)
4. Taložnik (T)



UKLANJANJE DUŠIKA I FOSFORA IZ OTPADNIH VODA

SPOJEVI DUŠIKA U OTPADNIM VODAMA

TN=33.6 mg/L

N₂ 15.1 mg/L

**NO₂₊₃-N
3.0 mg/L**

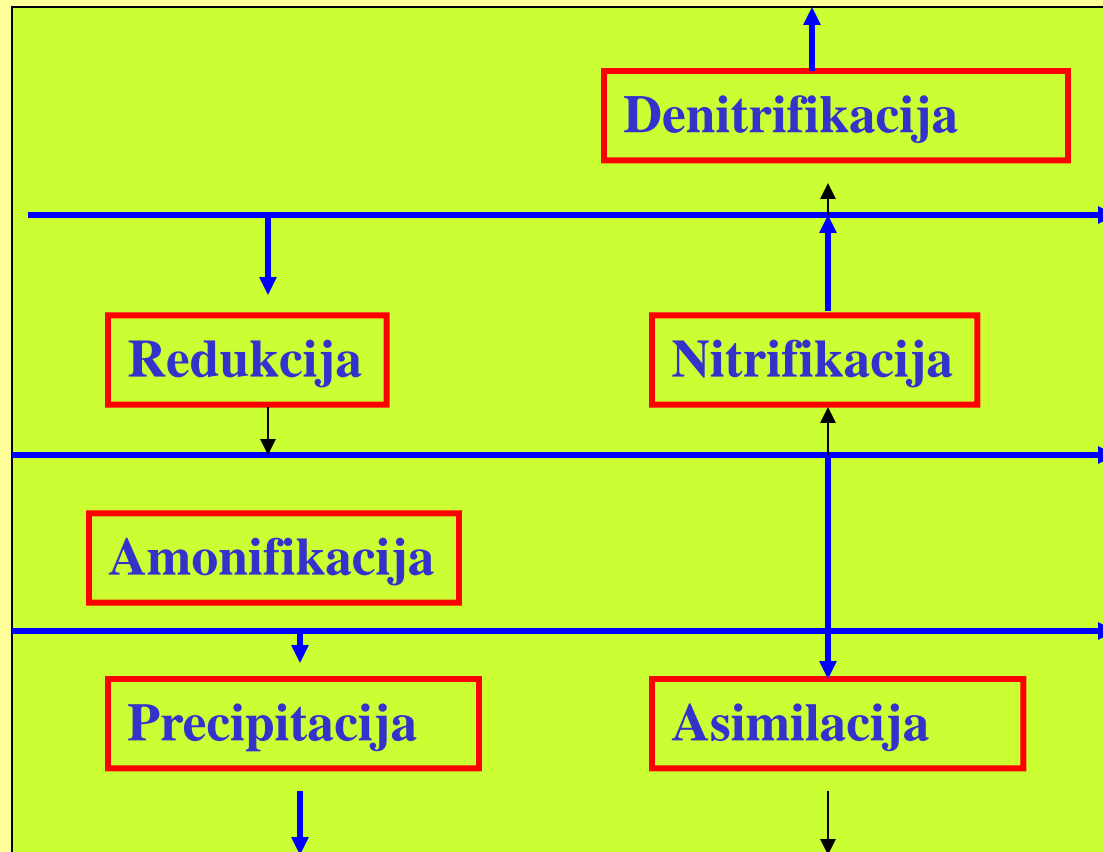
**NO₂₊₃-N
12.6 mg/L**

**NH₄-N
18.4 mg/L**

**NH₄-N
1.0 mg/L**

**Org-N
12.2 mg/L**

**Org-N
2.3 mg/L**



**Org-N u mulju: 5.9
mg/L**

POSTUPCI PROČIŠĆAVANJA

Ovisno o primijenjenim procesima pročišćavanja razlikujemo:

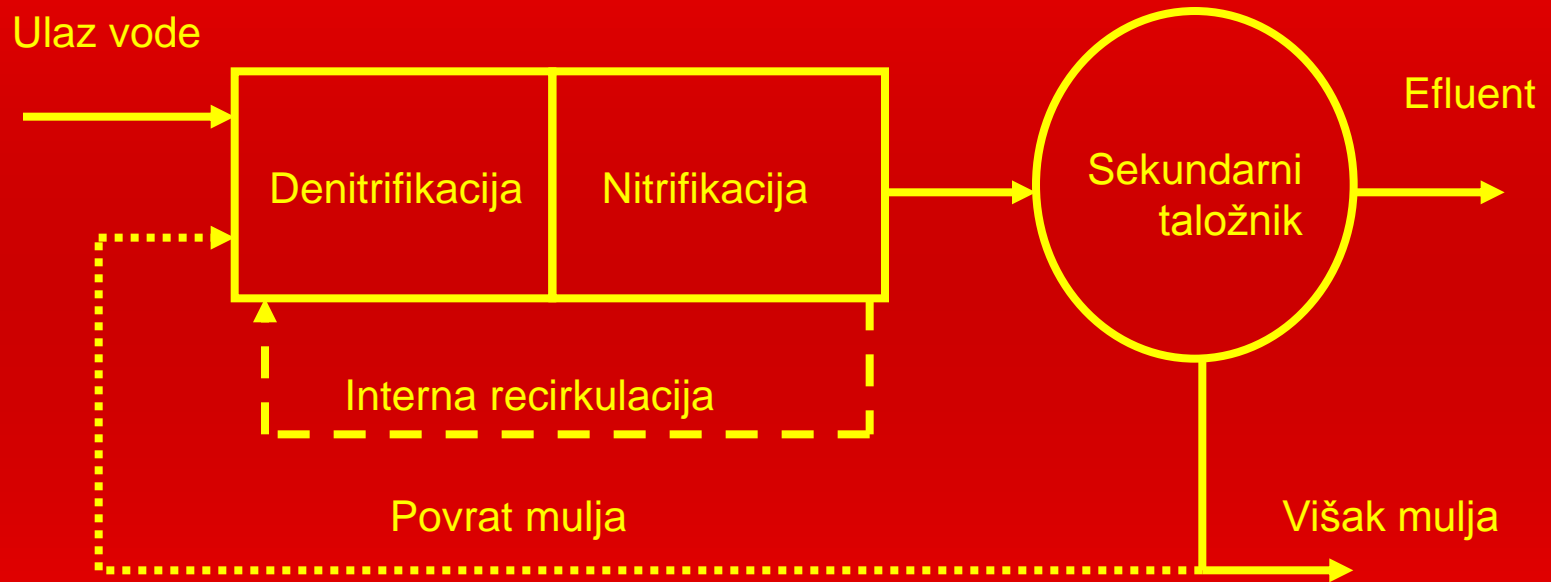
- Pročišćavanja bez nitrifikacije;
- Pročišćavanja uz nitrifikaciju;
- Pročišćavanja uz uklanjanje spojeva dušika, a i fosfora.

Spojevi dušika uklanjanju se postupkom nitrifikacije i denitrifikacije.

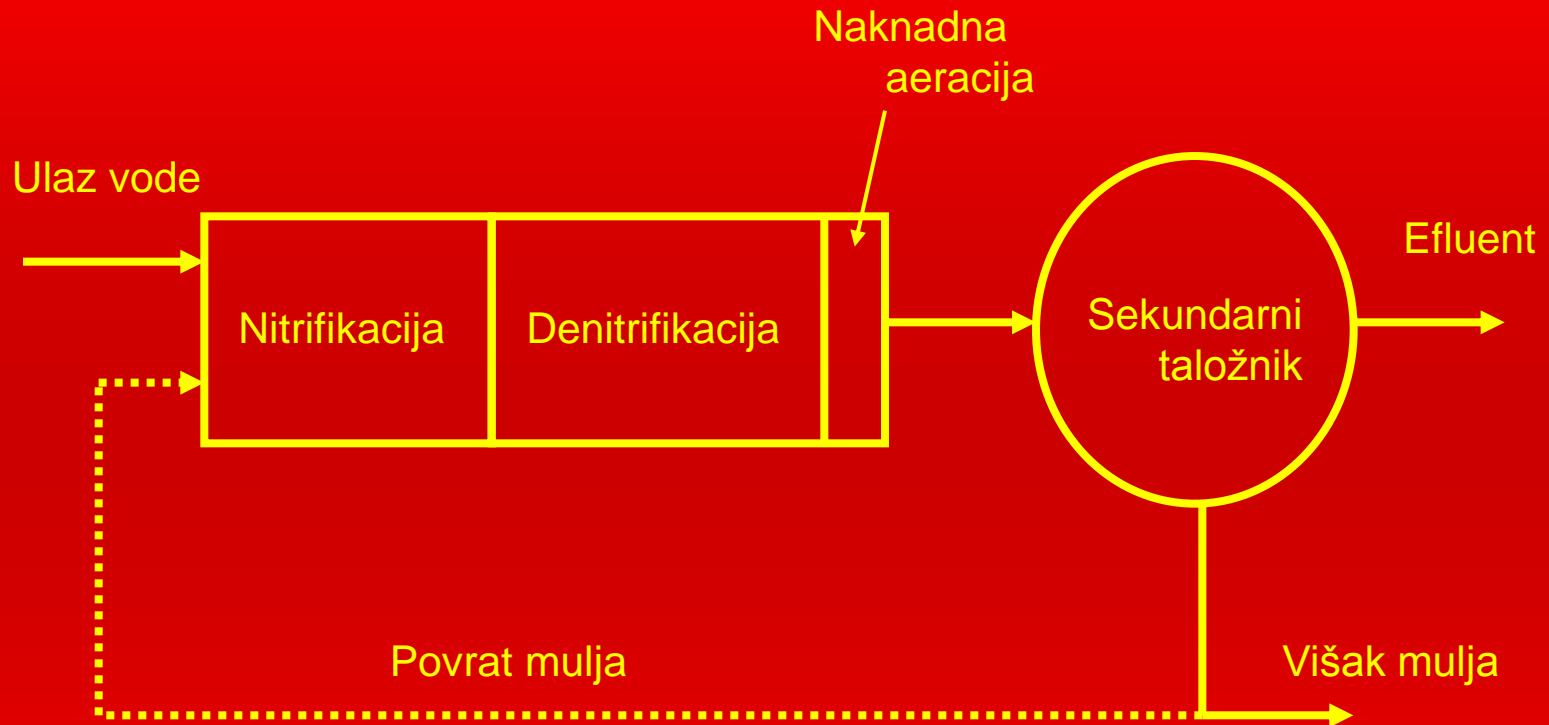
Postoji niz različitih reaktorskih sustava za ove procese. Neki od tih su:

- Prethodna denitrifikacija;
- Naknadna denitrifikacija;
- Simultana denitrifikacija;
- Kaskadna denitrifikacija;
- Izmjenična denitrifikacija;
- Denitrifikacija s prekidima, a i drugi.

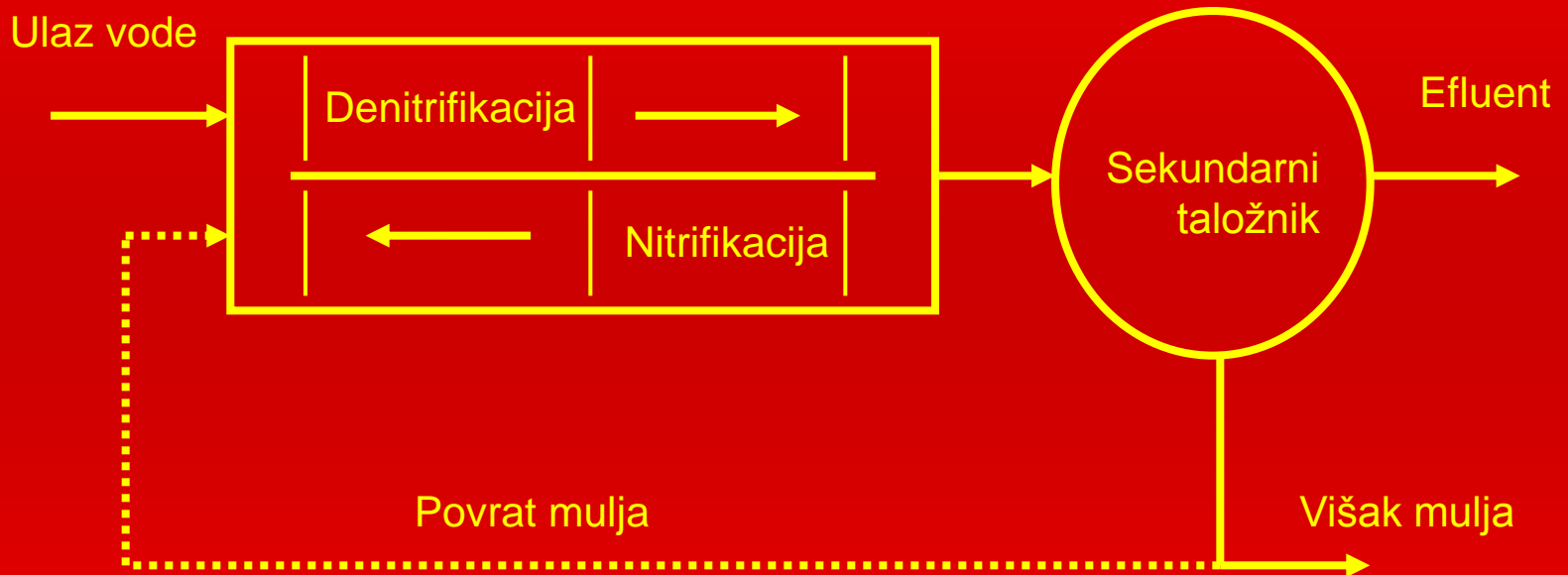
Prethodna denitrifikacija



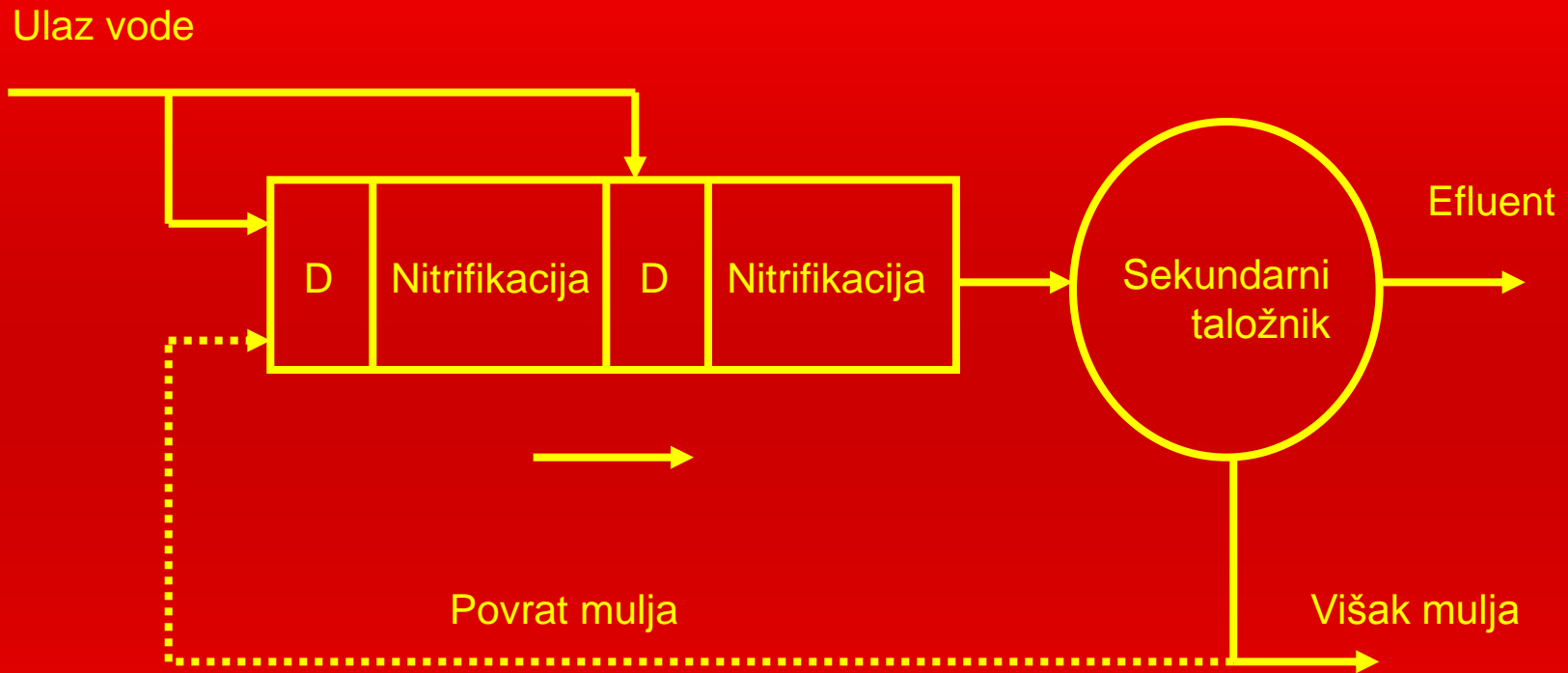
Naknadna denitrifikacija



Simultana denitrifikacija

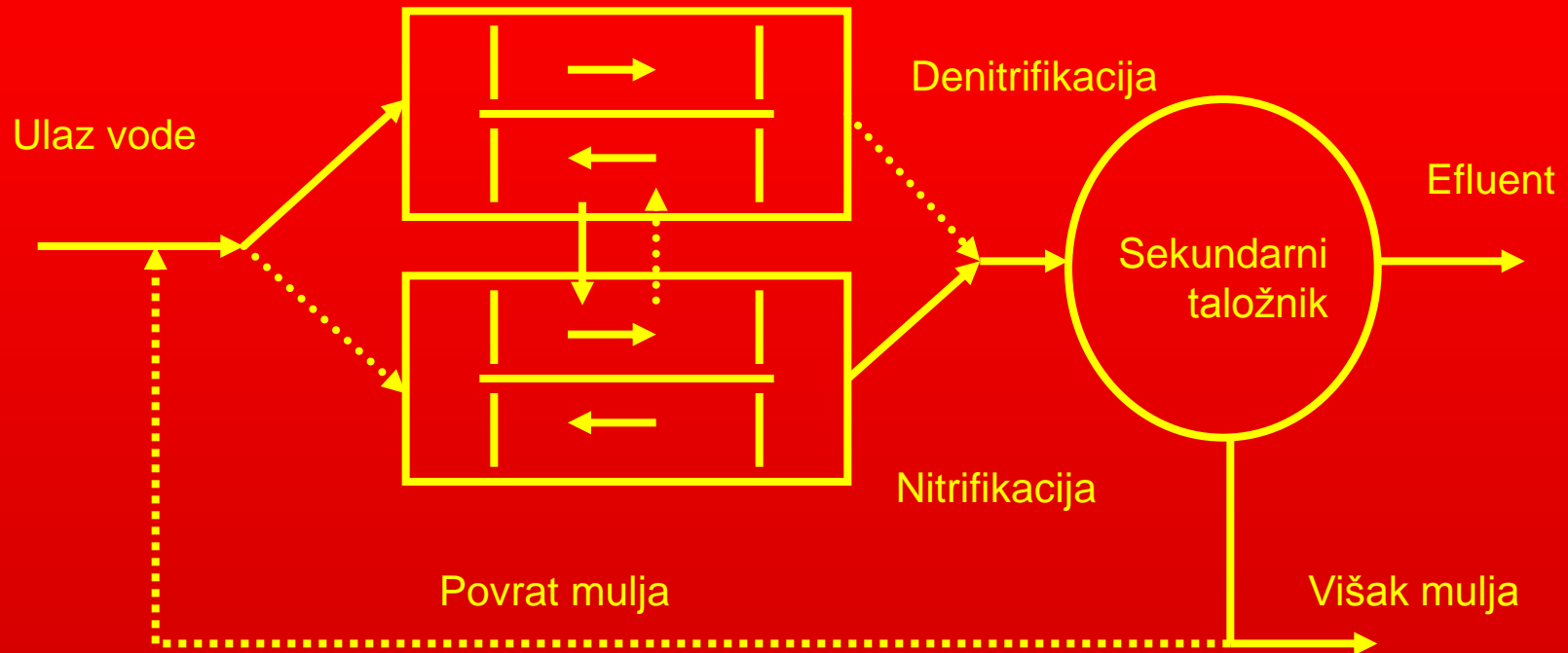


Kaskadna denitrifikacija

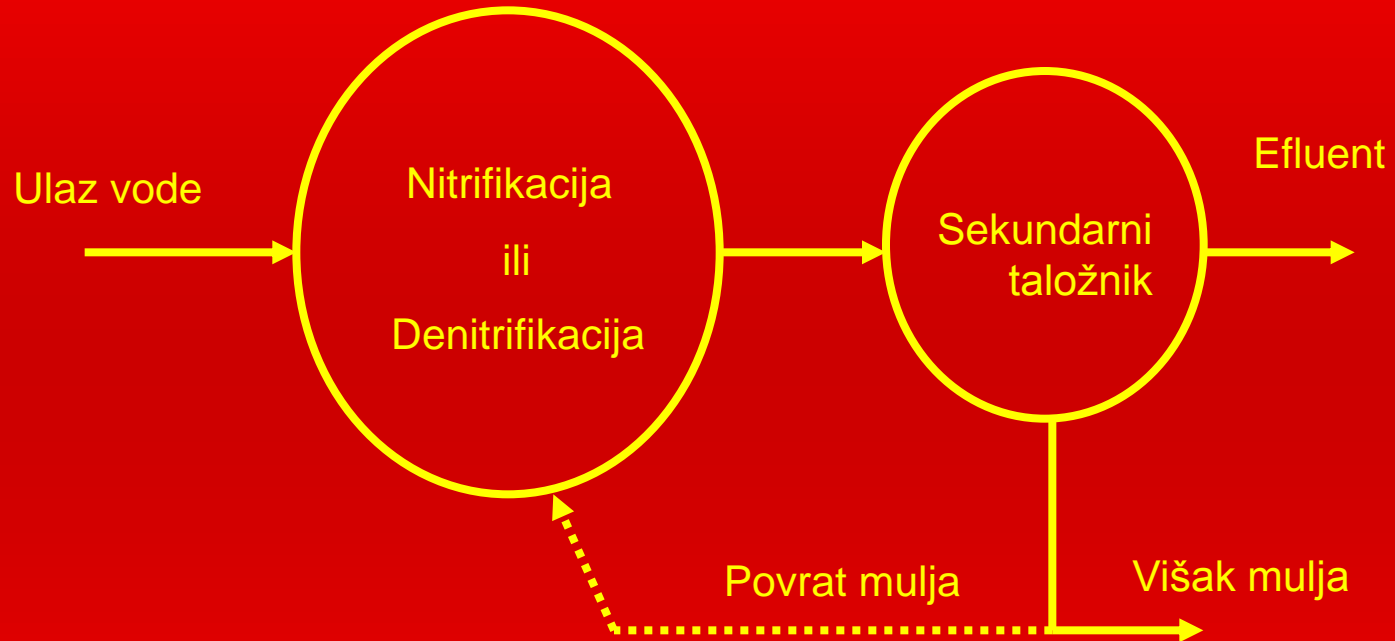


D = Denitrifikacija

Izmjenična denitrifikacija



Denitrifikacija s prekidima



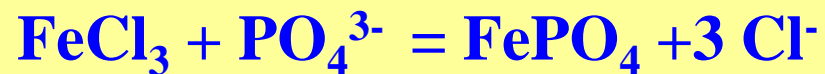
UKLANJANJE SPOJEVA FOSFORA

Fosfor je prisutan u obliku PO_4^{3-} i Org-P

a) **Biološko uklanjanje fosfora**

Temelji se na procesima adsorpcije i ugradnje u biomsu.

b) **Uklanjanje kemijskim postupcima**



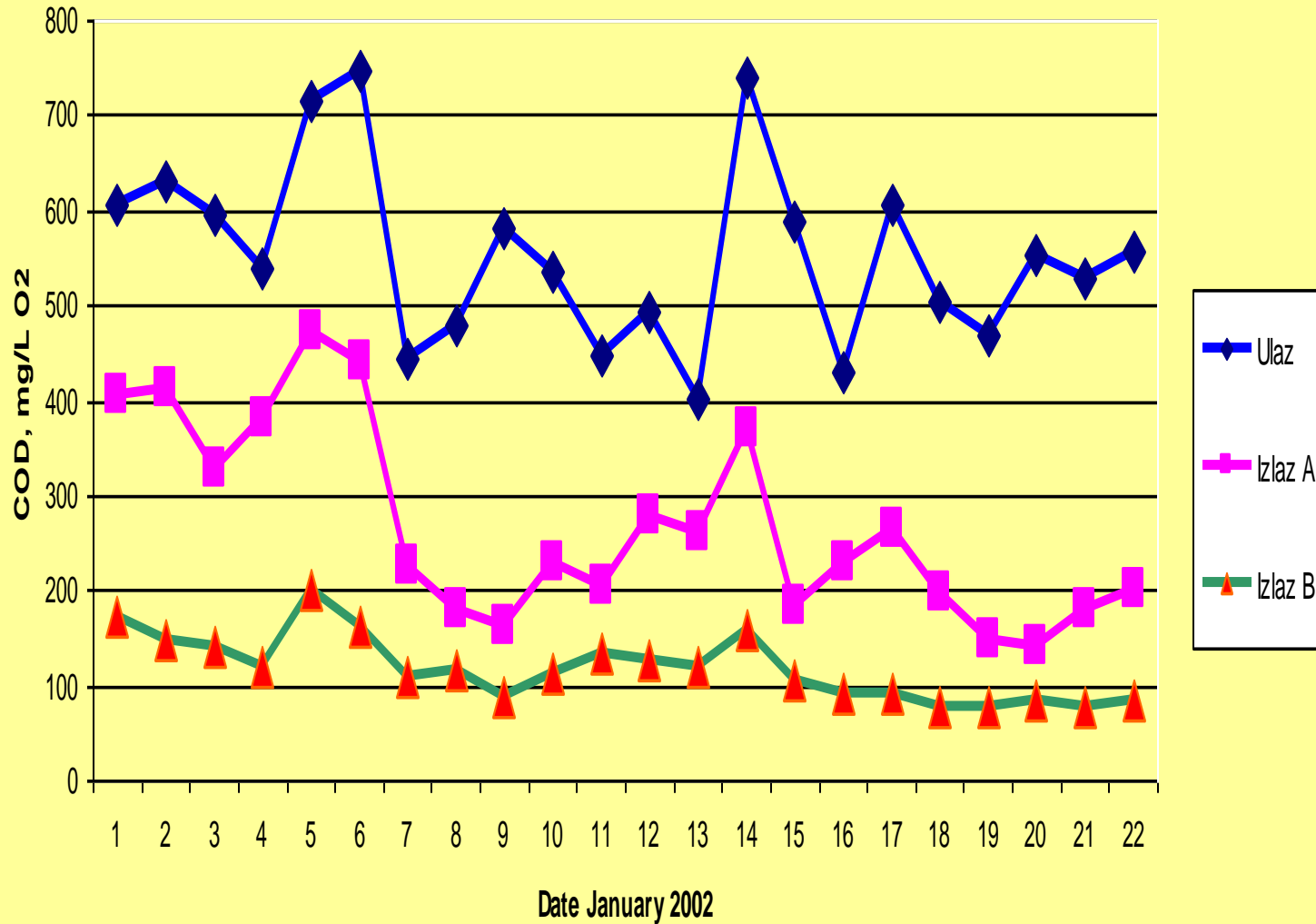
**ULAZNI PODACI ZA DIMENZIONIRANJE
UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE
OTPADNIH VODA**

KAKVOĆA OTPADNIH VODA

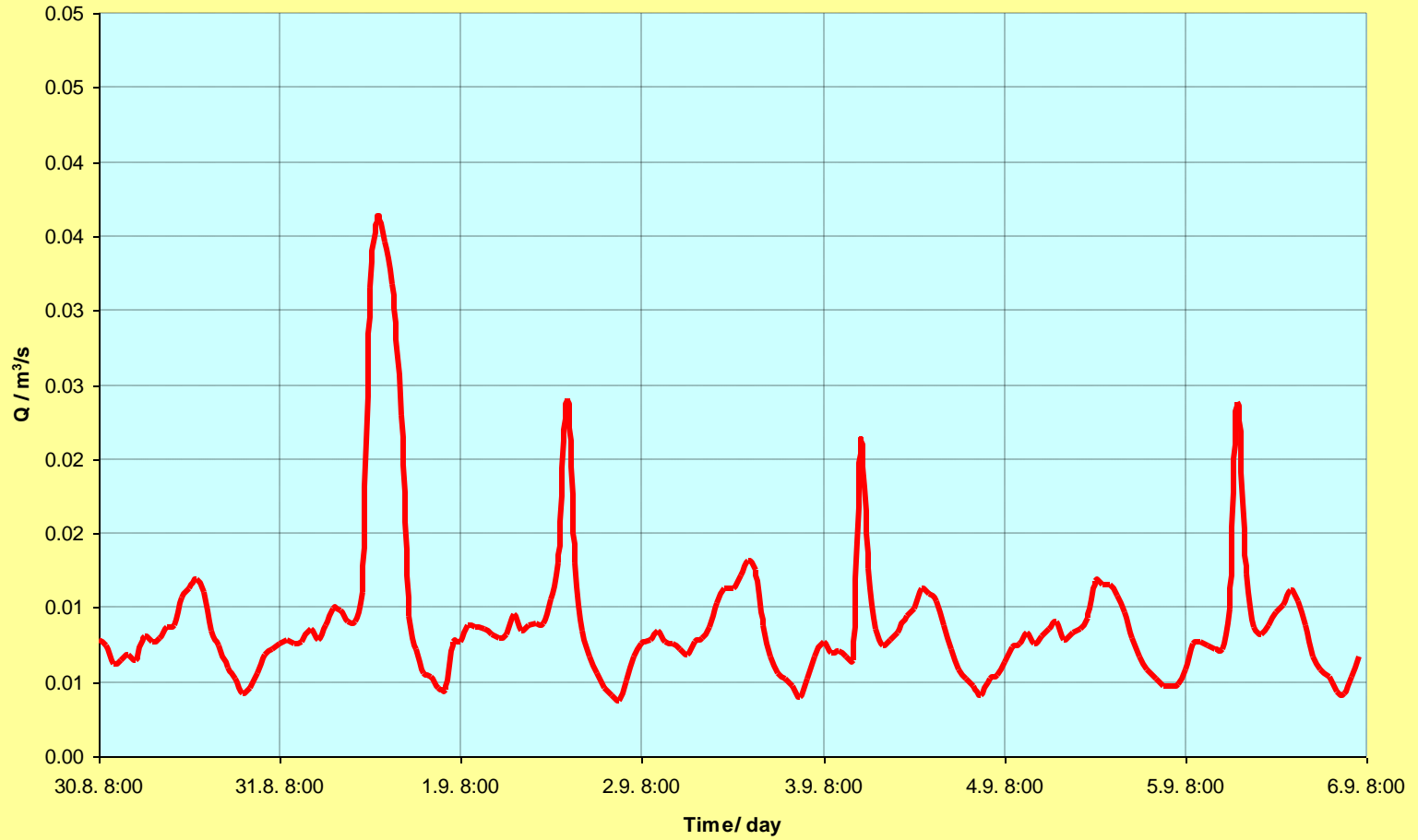
TIPIČNI POKAZATELJI KAKVOĆE KOMUNALNIH OTPADNIH VODA

Pokazatelj kakvoće	Koncentracija	MDK efluenta
Protok, Q, m ³ /h		
Susp. tvar., mg/L	220	30
Vol. susp. tvari., ml/	10	
BPK ₅ , O ₂ , mg/L	220	25
KPK, O ₂ , mg/L	500	125
Tot. N, mg/L	40	10
Org-N, mg/L	15	
NH ₃ -N, mg/L	25	
NO ₂ -N, mg/L	0	
NO ₃ -N, mg/L	0	
Tot. P, mg/L	8	2
Org-P, mg/L	3	
Anorg-P, mg/L	5	
Kloridi, Cl ⁻	50	
Alk., CaCO ₃ , mg/L	100	
Masti i ulja, mg/L	100	
Industrijske otpadne vode:		
KPK, O ₂ mg/L	500-10000	

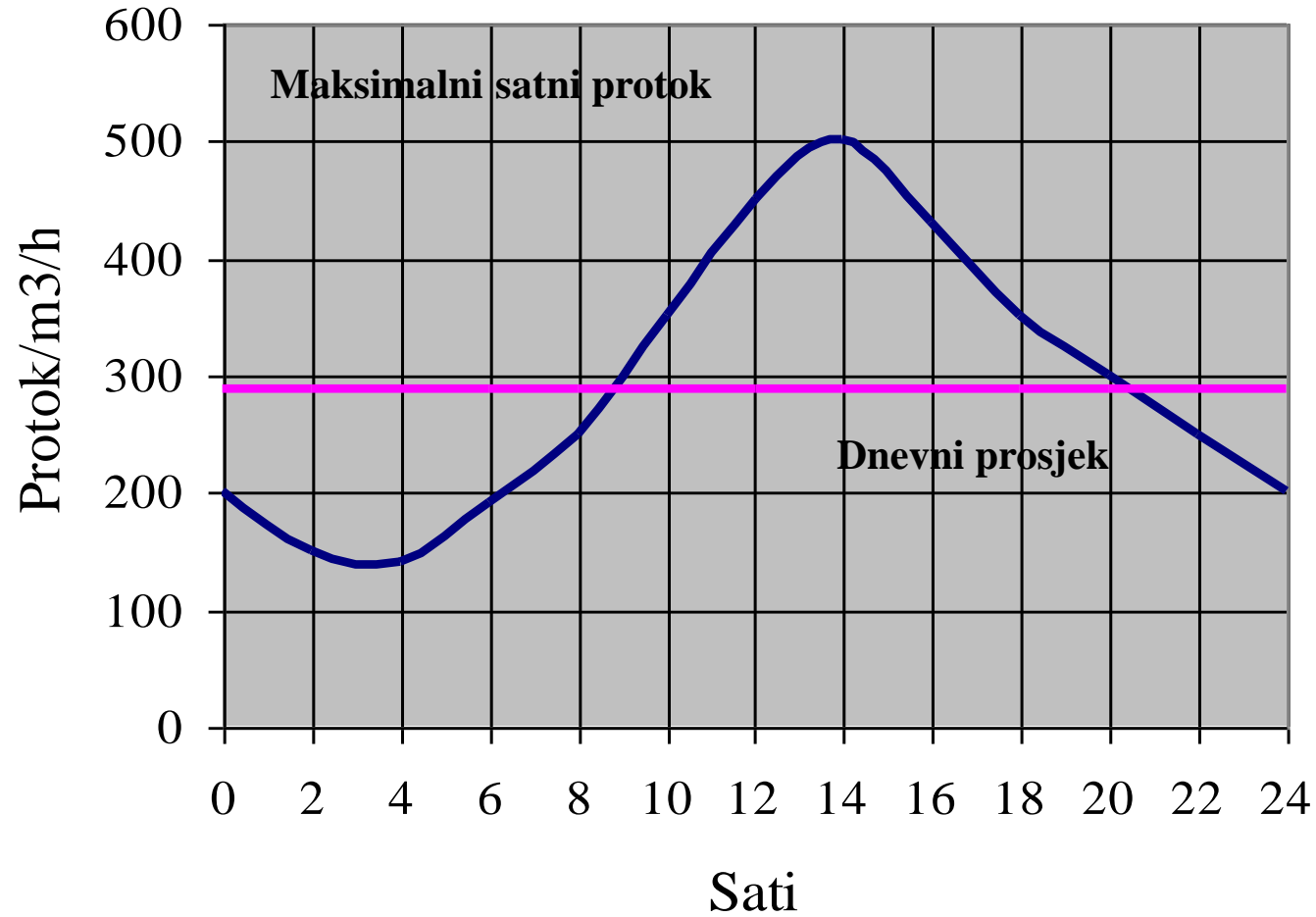
WASTEWATER TREATMENT PLANT BJELOVAR
The values of COD (mg/L O₂) at different treatment steps



WASTEWATER FLOW RATE GAREŠNICA
30.8. - 6.9. 2004.



Dnevne varijacije protoka otpadnih voda



ULAZNI PODACI ZA DIMENZIONIRANJE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVNJE OTPADNIH VODA

PROTOK VODE

EKVIVALENTI STANOVNIKA (ES)

Broj stanovnika	Protok vode L/(ES*dan)
<5000	150
5000 – 10000	180
10000 – 50000	220
50000 – 250000	250
>250000	300

PODACI NA TEMELJU TERENSKIH MJERENJA

Dnevne količine otpadnih voda – sušno razdoblje:

Q_d - Prosječni dnevni protok

$Q_{T,d}$ - Prosječni dnevni protok – sušno razdoblje

$Q_{T,h,max}$ - Maksimalni satni protok – sušno razdoblje

Sušni protok:

$$Q_t = Q_{T,d}$$

Kišni protok:

$$Q_w = 2 * Q_t$$

OPTEREĆENJE OTPADNIH VODA

EKVIVALENTI STANOVNIKA

BPK₅	60	g/(ES*d)
KPK	120	g/(ES*d)
ST	70	g/(ES*d)
N	12	g/(ES*d)
P	3	g/(ES*d)

**MJERENJE PROTOKA OTPADNIH
VODA U KANALIZACIJSKOJ
MREŽI**

PRAVOKUTNI PRELJEV ZA MJERENJE PROTOKA OTPADNE VODE

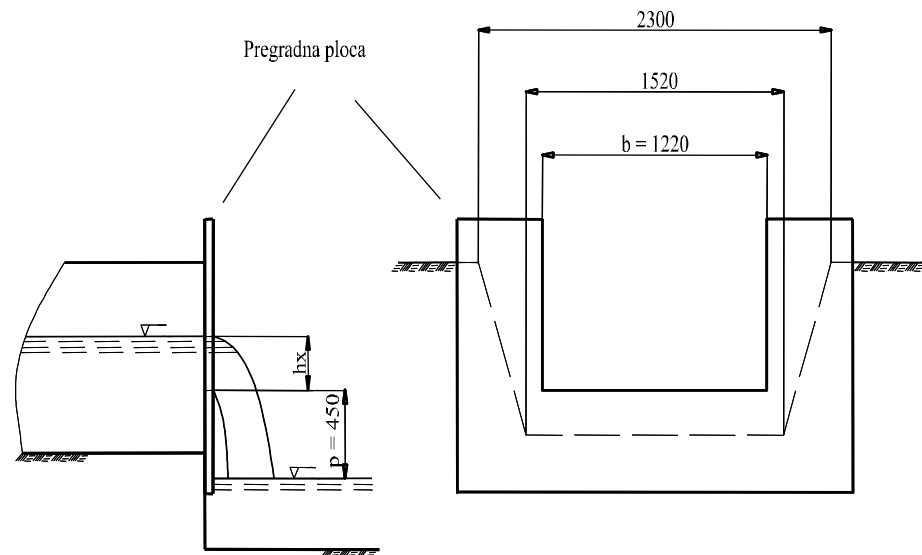
$$Q = \mu l h \sqrt{2gh}$$

Q = protok m^3/s

L = širina toka, m

h = visina toka, m

g = $9,81 \text{ m/s}^2$



*Shematski prikaz pregradne ploče za mjerenja protoka otpadne vode.
Dimenzije su u mm.*



Mjerni profil s ultrazvučnim mjeračem razine na glavnom kolektoru otpadnih voda u Đakovu



Lokacija uzorkovanja na glavnom kolektoru otpadnih voda grada Đakova



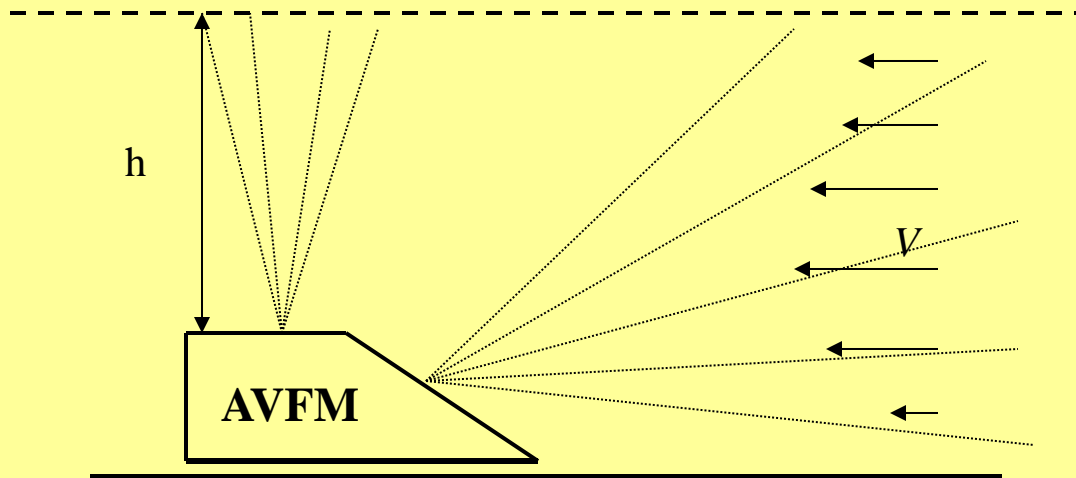
*Mjerni kanal s instaliranim mjeracem razina na izlazu uređaja za pročišćavanje
otpadnih voda grada Križevaca*

MJERENJA PROTOKA OTPADNIH VODA

VODA

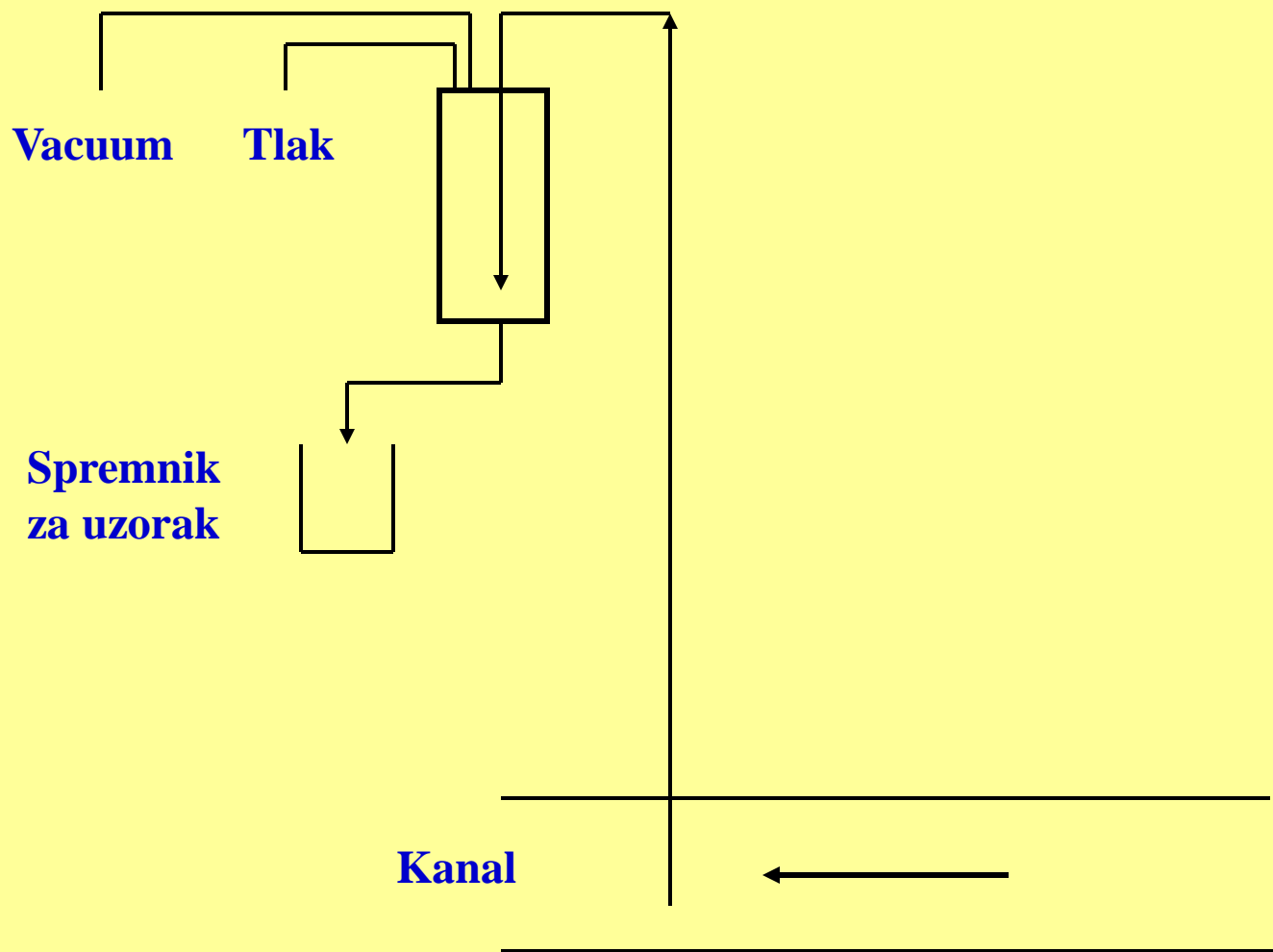
Mjerenje protoka otpadnih voda ultrazvučnom sondom primjenjujući Doppler-ov efekt.

Area-Velocity Flow Meter



UZIMANJE UZORAKA OTPADNIH VODA

SHEMATSKI PRIKA AUTOMATSKOG UZORKIVAČA OTPADNIH VODA



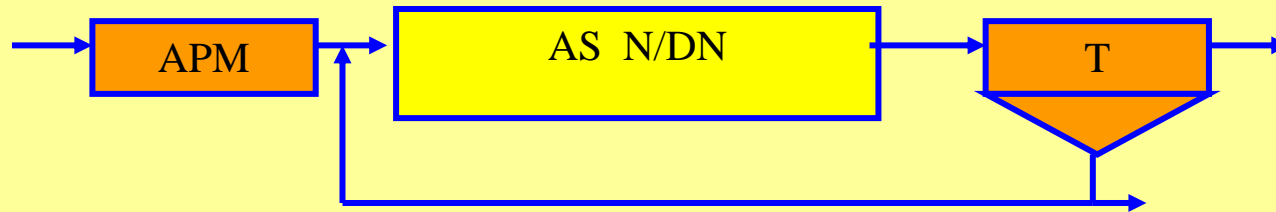


Automatski uzorkivač na ulazu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Križevaca

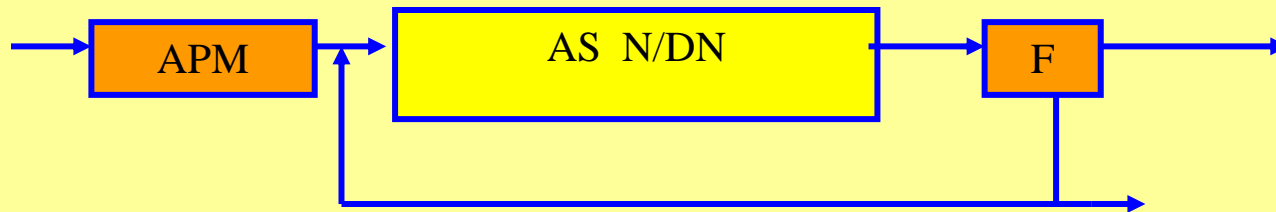
NOVI TRENDovi U RAZVOJU POSTUPAKA PROČIŠĆAVNJA OTPADNIH VODA

PRIMJENA MEMBRANSKIH TEHNOLOGIJA

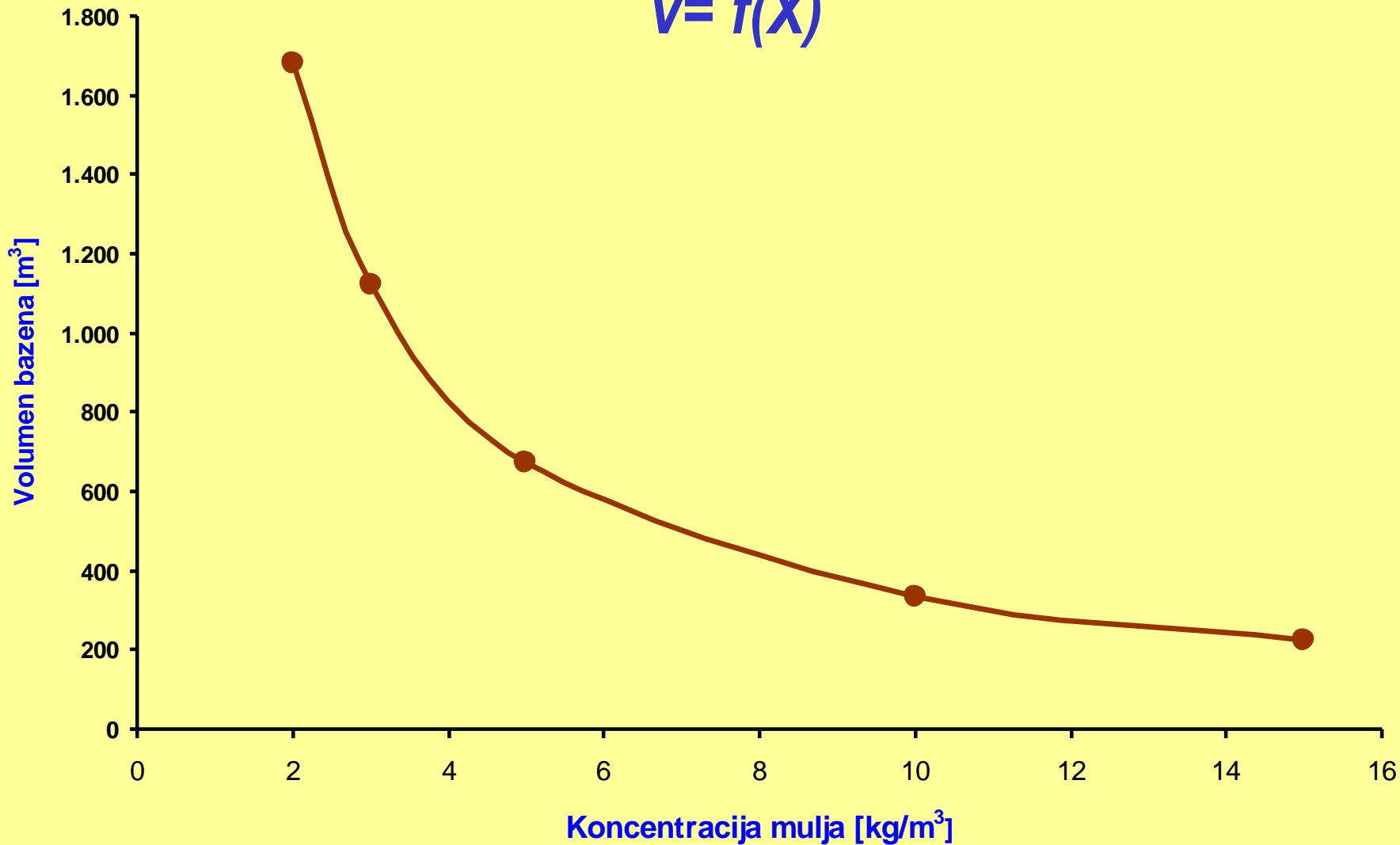
Koncentracija biomase biomase 3 – 5 g/L



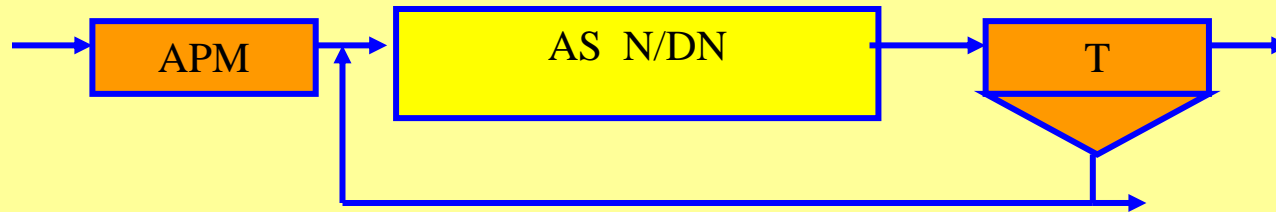
Membranska filtracija



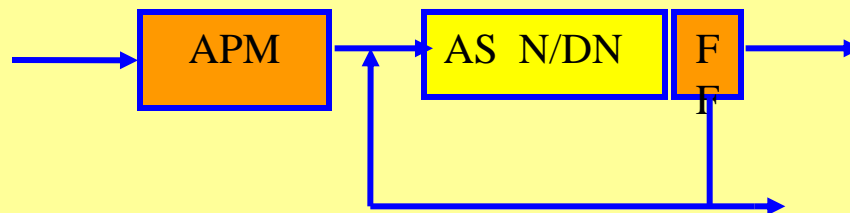
$$V = f(X)$$



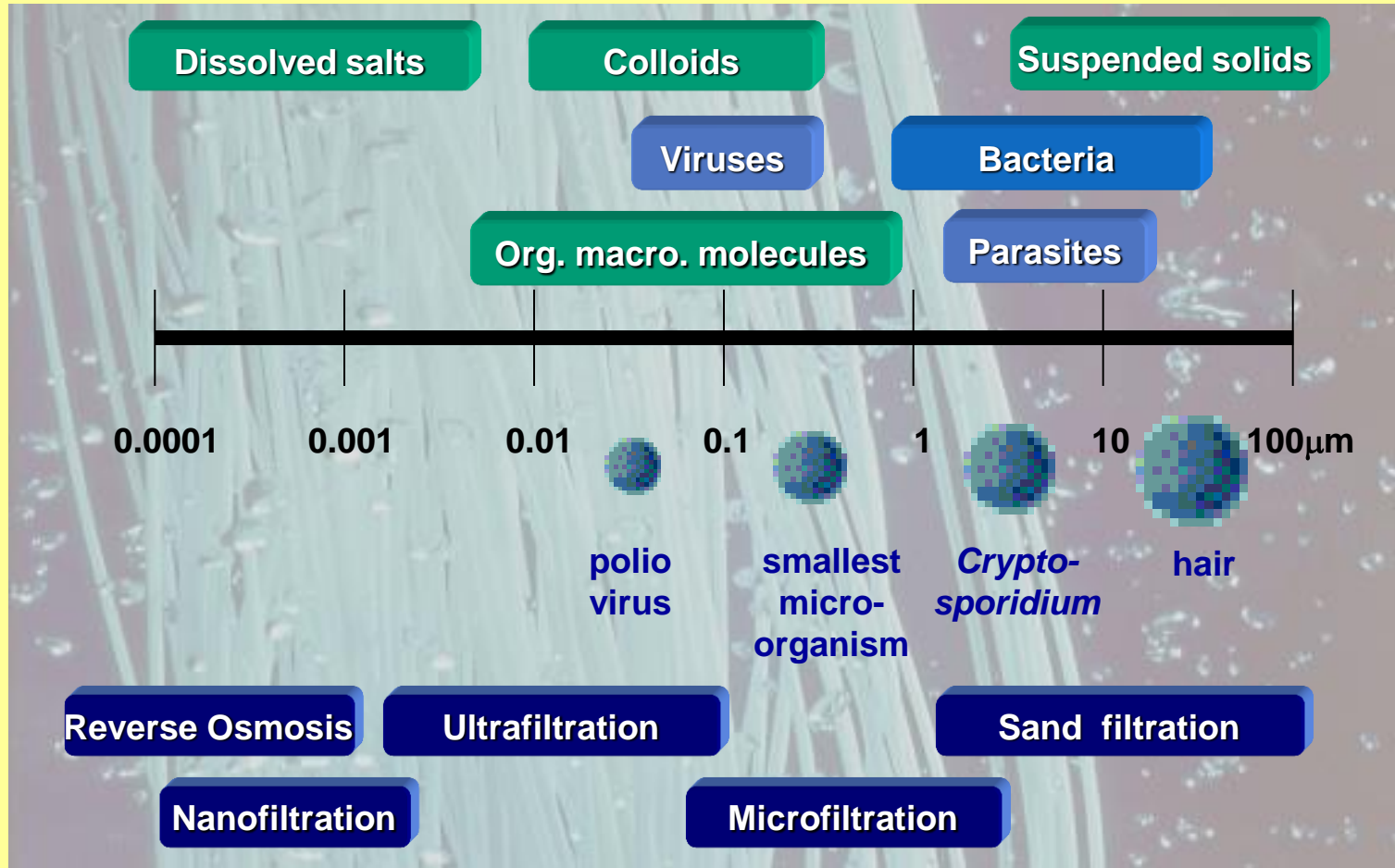
Koncentracija biomase biomase 3 – 5 g/L



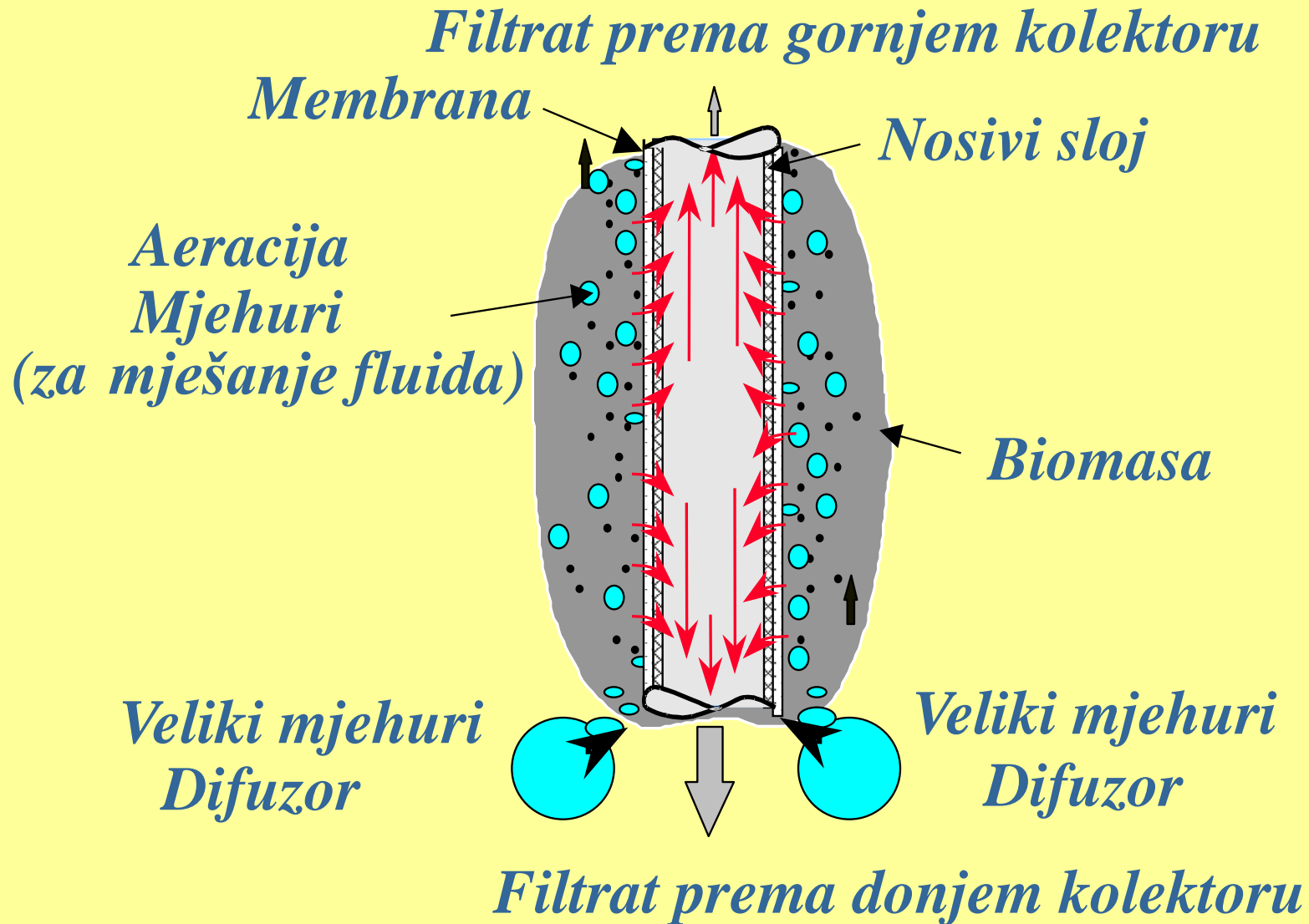
Koncentracija biomase 12 – 15 g/L



Spektar filtracije



ZW[®] - Shematski prikaz vlakna



Membrane sa šupljim vlaknima

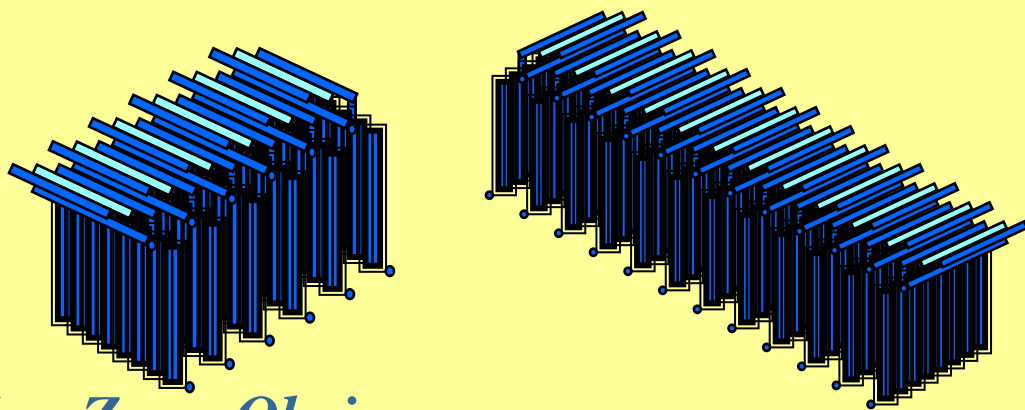


Pločaste membrane



ZeeWeed® ZW500 membrane sa šupljim vlaknima

*1 Kasetta sa
8 ZeeWeed® modula
484 m² površine filtracije*



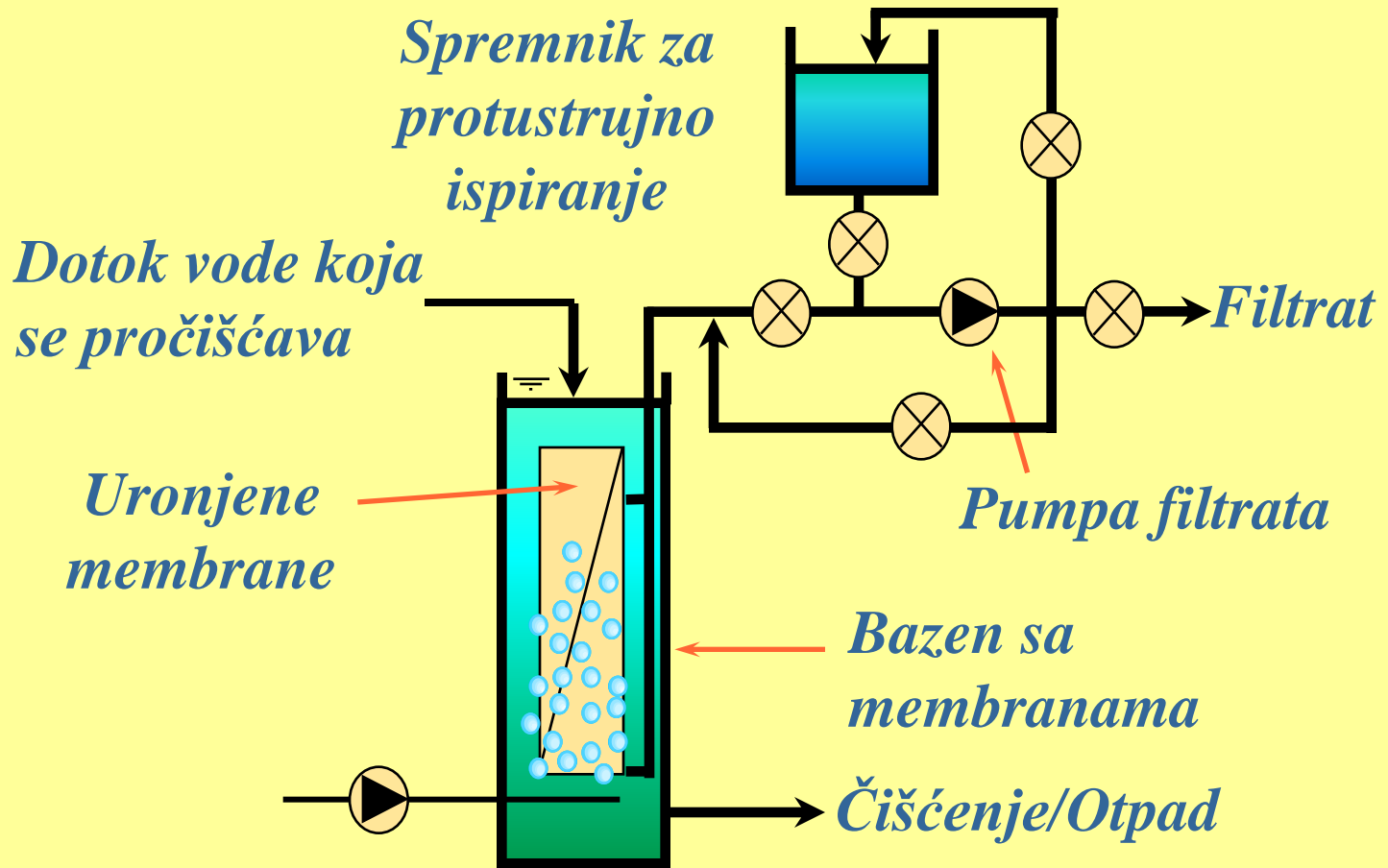
6 m Zeno Okvir sa

6 Kasetta - 48 modula 12 m Zeno Okvir sa

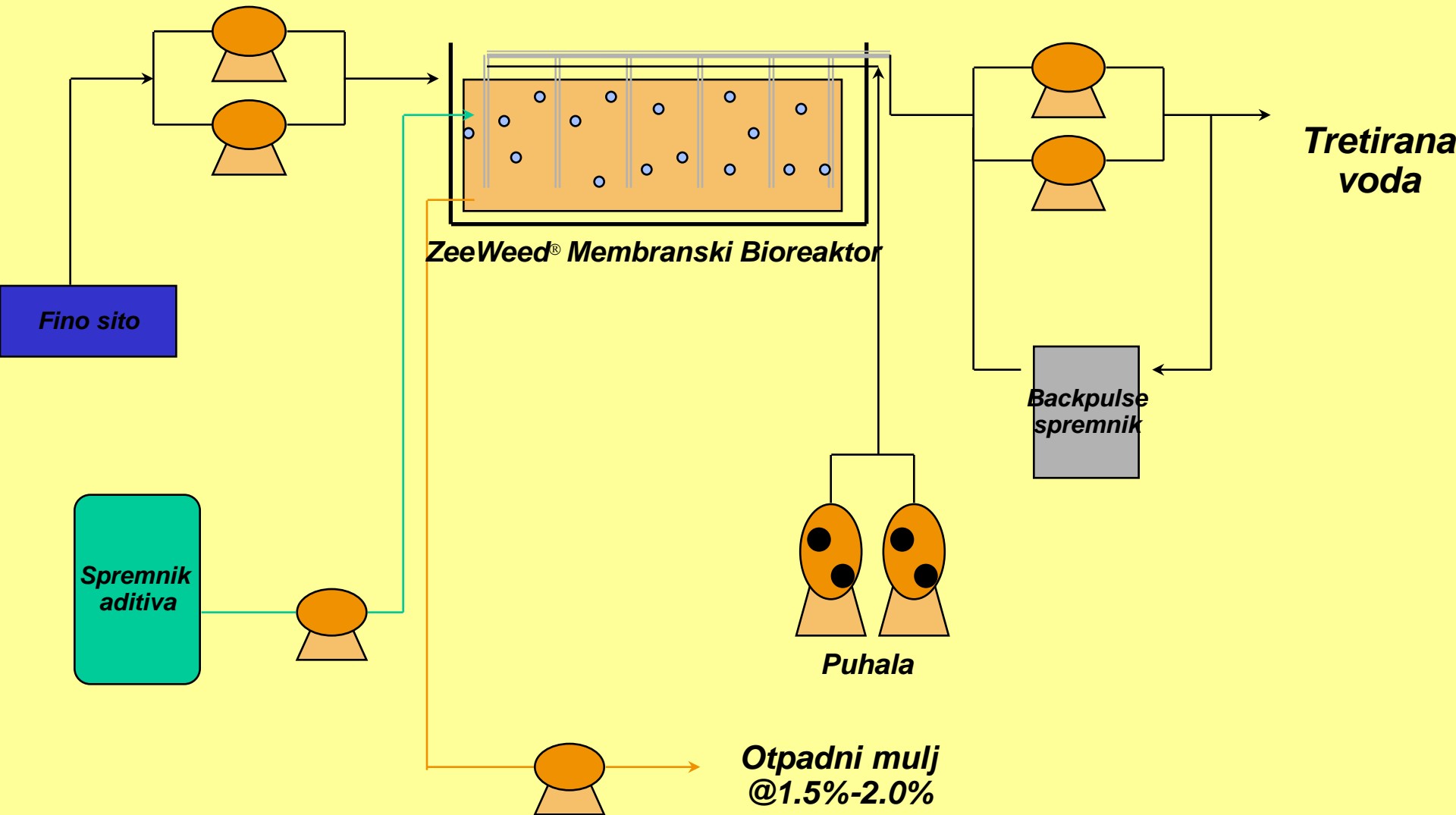
12 Kasetta - 96 modula



Dijagram toka

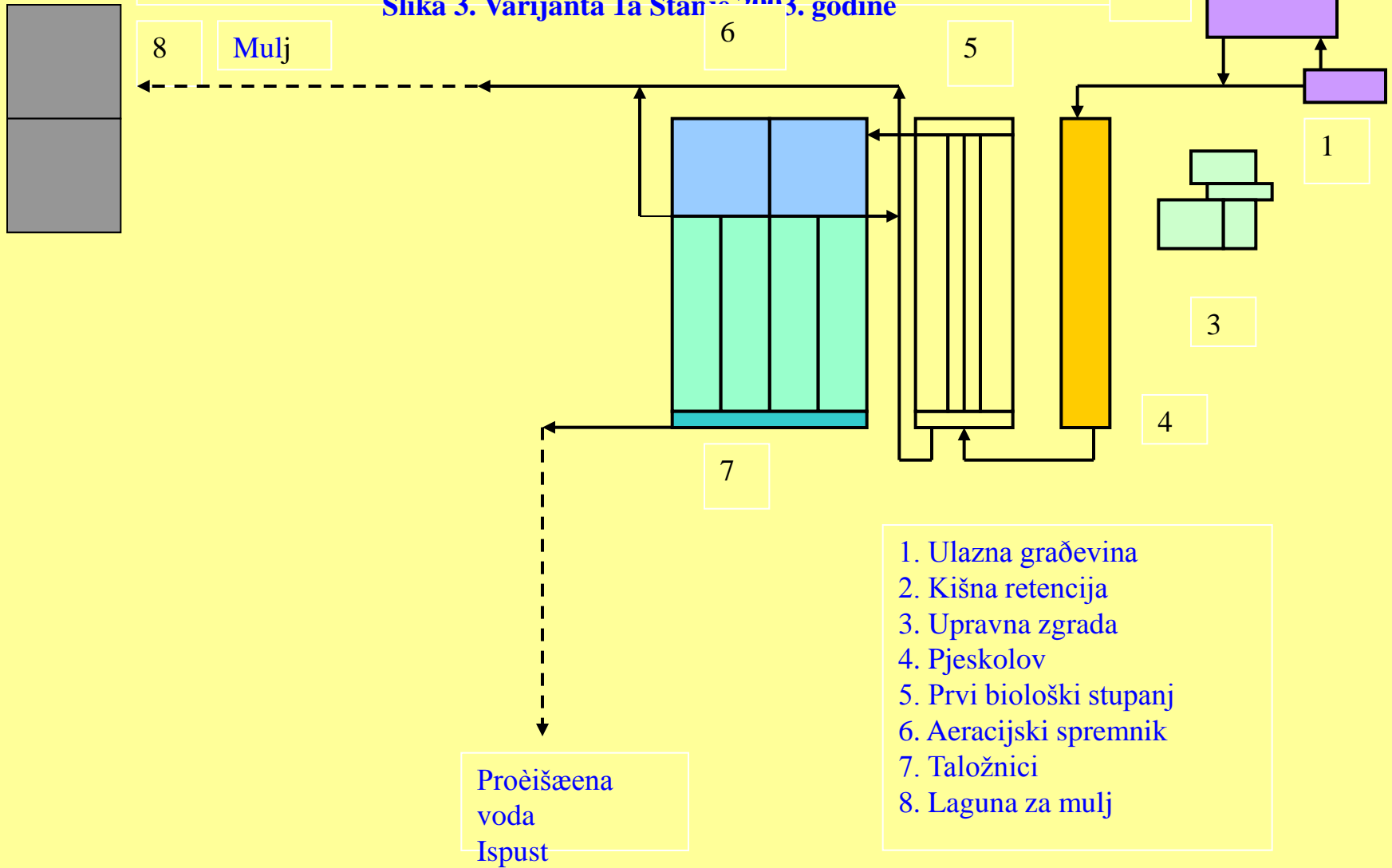


ZenoGem[®] MBR Shema



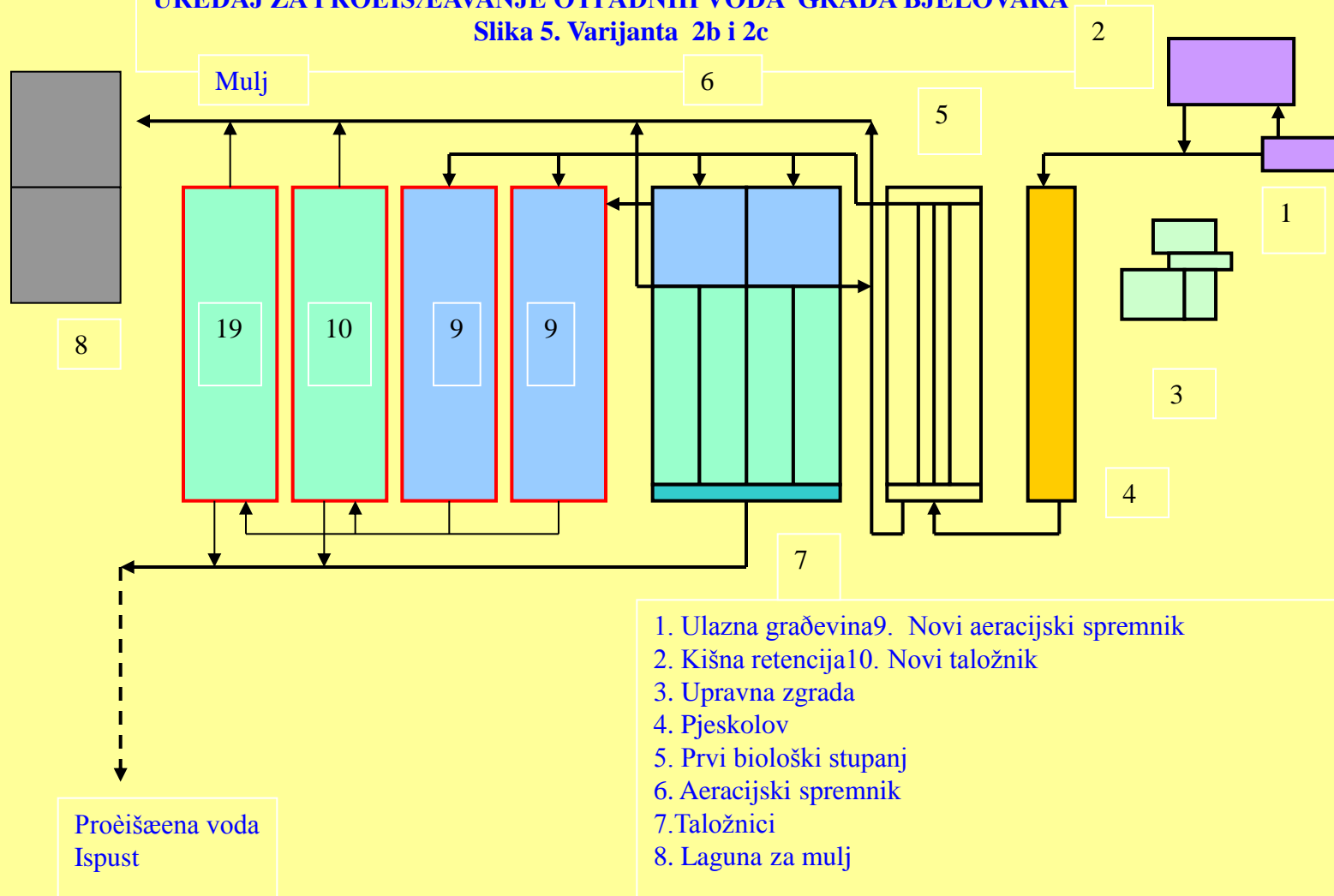
UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA BJELOVARA

Slika 3. Varijanta 1a Stanje 2003. godine



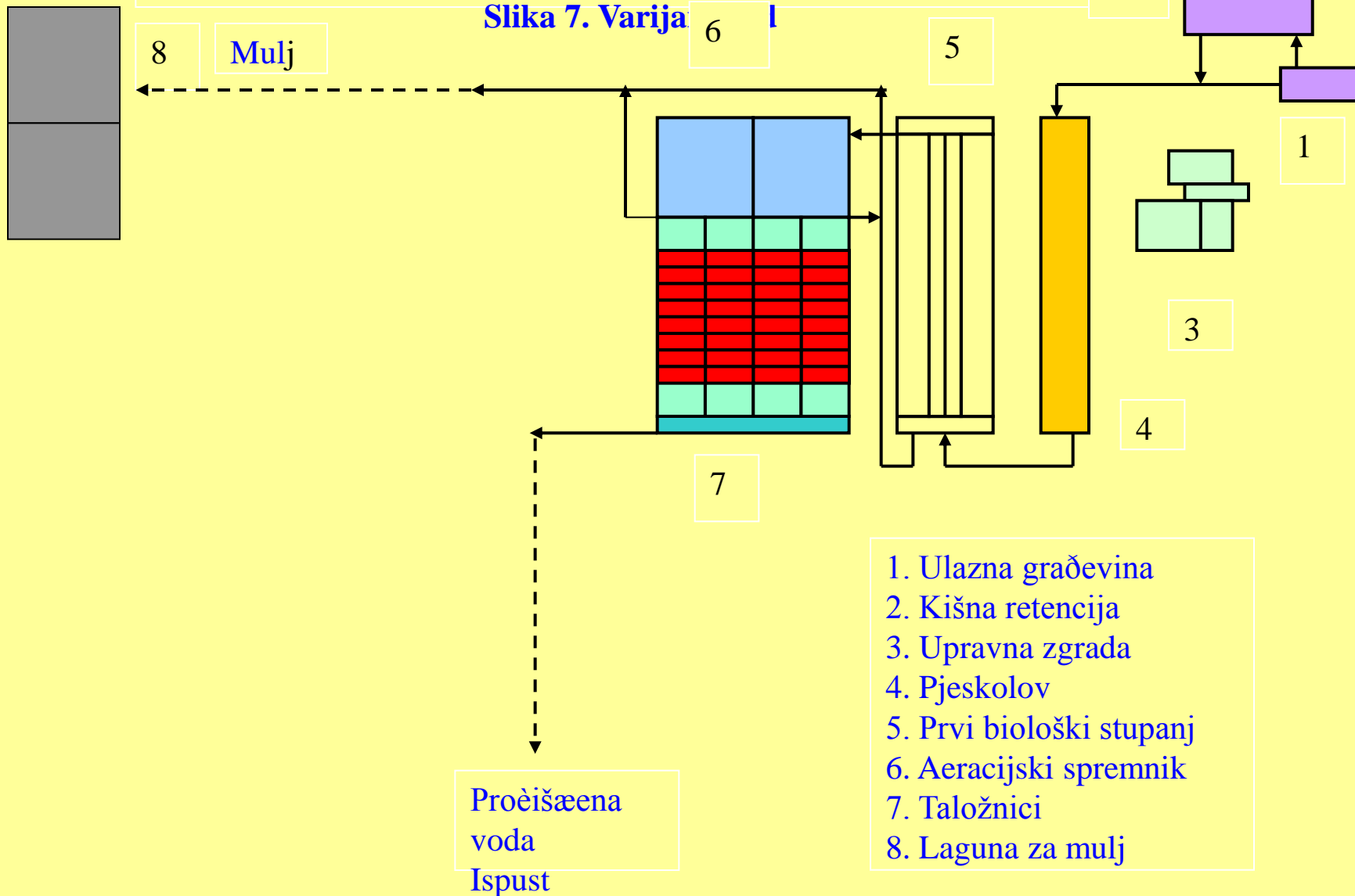
UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA BJELOVARA

Slika 5. Varijanta 2b i 2c



UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA BJELOVARA

Slika 7. Varijanta 1



- 1. Ulazna građevina
- 2. Kišna retencija
- 3. Upravna zgrada
- 4. Pjeskolov
- 5. Prvi biološki stupanj
- 6. Aeracijski spremnik
- 7. Taložnici
- 8. Laguna za mulj

Pročišćena
voda
Ispust

KRAJ