



ARSENICPLATFORM

HUSRB/1002/121/075



Otpadni tokovi u pripremi vode za piće

Dr Jasmina Agbaba

*Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu
Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine*



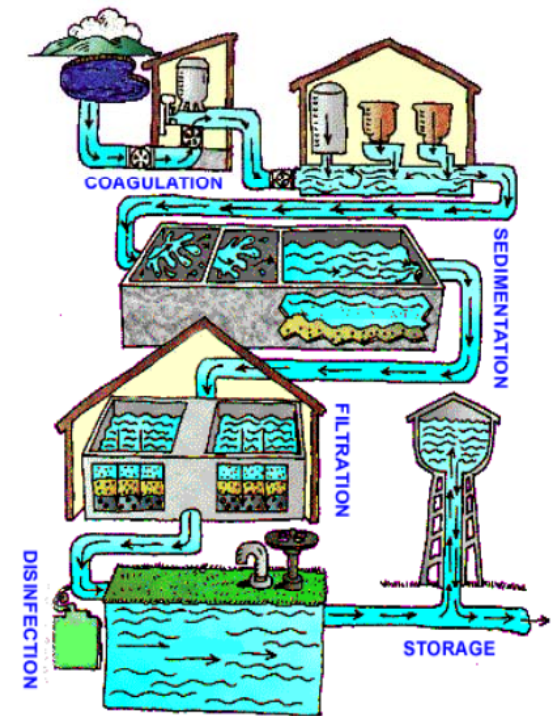
Projekat sufinansira
Evropska unija

Novi Sad, 05-06.09.2013.



Priprema vode za piće

- Tretmanom sirove vode uklanjaju se neželjene zagađujuće materije.
- Način obrade vode na postrojenju za pripremu vode za piće, kao i vrsta hemijskih sredstava koja se primenjuju zavisi od prisutnih zagađujućih materija.
- Uklonjene zagađujuće materije i sastav primenjenih procesnih hemikalija definišu sastav i količinu reziduala koji se tokom primenjenog tretmana generiše.
- Tokom tretmana nastoji se dodati minimalna, ali dovoljna količina hemikalija kojom će se omogućiti efikasno uklanjanje neželjih materija i izbeći dodatna kontaminacija vode.



Maksimalno dozvoljena koncentracija procesnih hemikalija u vodi za piće definisana je Direktivama EU, Smernicama SZO i Pravilnikom SRJ:

Supstanca	Jedinica mere	Direktive EU (98/83/EC)	Smernice SZO	Pravilnik SRJ (Sl. list 42/98)
Aluminijum	mg/l	0,2	0,1 ^{VII} ; 0,2 ^{VII}	0,2
Gvožđe	mg/l	0,2	0,3 ^I	0,3
Akrilamid	µg/l	0,10 ¹⁰	0,5 ^{IV}	0,25
Epihlorhidrin	µg/l	0,10 ¹⁰	0,4 ^(P)	0,4

Primedbe u Direktivama EU su navedene arapskim ciframa, u Smernicama SZO slovom (P) i rimskim ciframa, a Pravilnik SRJ (abeceda).

VII 0,1 za velika postrojenja do 10000 ES, 0,2 za mala postrojenja

10 Vrednost se odnosi na rezidualnu koncentraciju monomera što se računa na osnovu specifikacije o maksimalnom ispuštanju iz odgovarajućeg polimera koji je u kontaktu sa vodom.

Generisanje i odlaganje reziduala nakon tretmana vode za piće

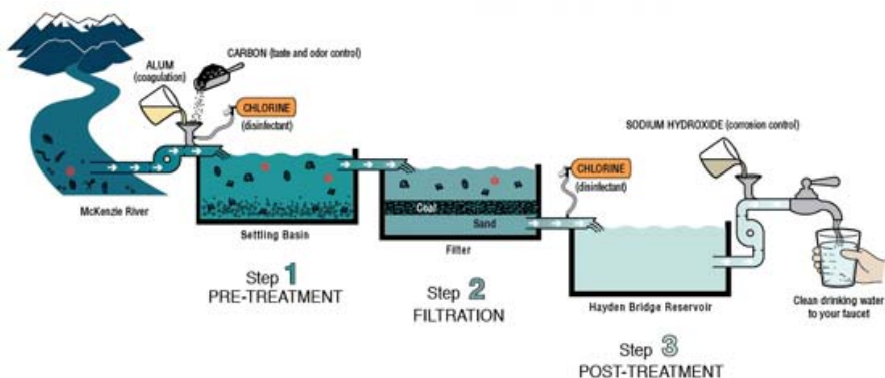
- Otpad sa postrojenja za pripremu vode za piće ima šest izvora:
 - *suspendovane materije iz sirove vode*
 - *supstance koje su uzrok obojenja vode i koje se uklanjaju tokom tretmana*
 - *rastvorene supstance koje precipitiraju tokom procesa – uglavnom gvožđe i mangan, kao i tvrdoća precipitirana tokom procesa omekšavanja vode*
 - *dodati koagulanti koji tokom procesa precipitiraju*
 - *druge hemikalije dodate tokom tretmana, kao što je aktivni ugalj u prahu*
 - *biološki obraštaj – teško ga je proceniti i obično nema veliki značaj, osim kada su u pitanju peščani filteri*



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

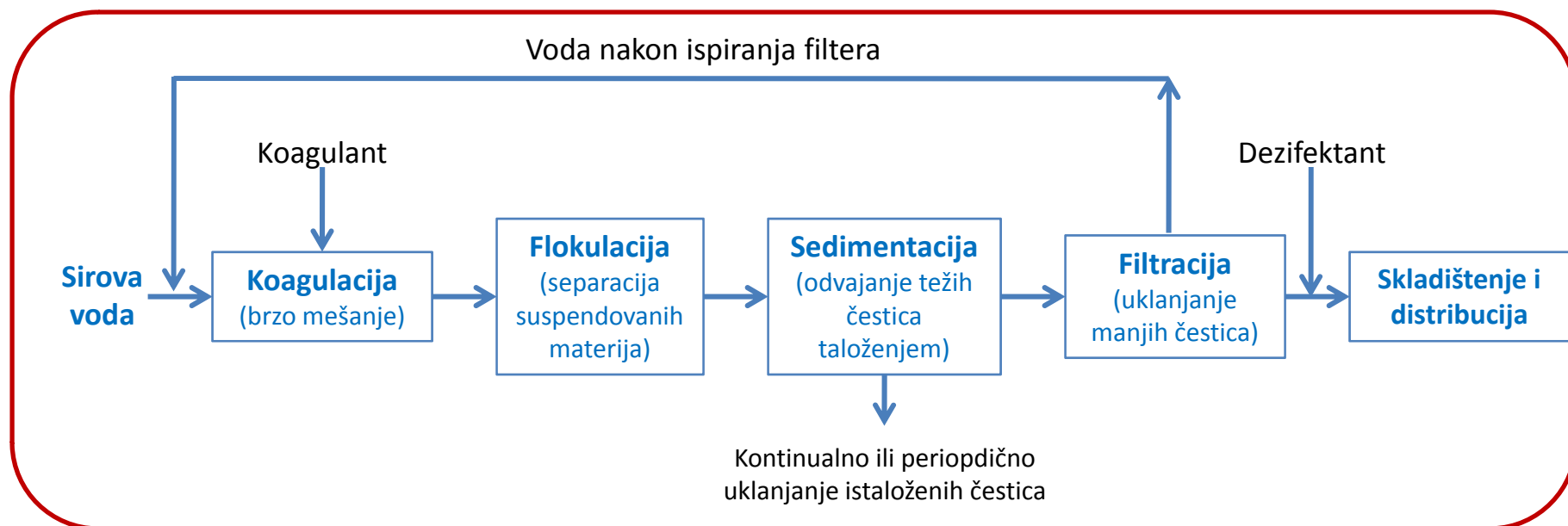
Za uklanjanje neželjenih/zagađujućih materija iz sirove vode **najčešće se primenjuju:**

1. *Konvencionalna filtracija, direktna filtracija i filtracija*
2. *Omekšavanje vode precipitacijom*
3. *Membranska separacija*
4. *Jonska izmena*
5. *Adsorpcija na aktivnom uglju*
6. *Dezinfekcija*
7. *Drugi hemijski tretmani*



1. Konvencionalna filtracija, direktna filtracija i filtracija

- Konvencionalna filtracija koja uključuje procese koagulacije, flokulacije, sedimentacije i filtracije, najčešće je primenjivan tretman za pripremu vode za piće.
- Dijagram toka ovog konvencionalnog tretmana:



- **Direktna filtracija** – koagulacija, flokulacija i filtracija - flokule se uklanjaju na filteru umesto u sedimentacionom tanku
- **Sama filtracija**
- Tip procesa zavisi od karakteristika sirove vode (npr. vode sa visokim sadržajem suspendovanih materija mogu zahtevati predtretman ili presedimentaciju).

- **Reziduali** nastali tokom procesa uklanjanja koloidnih i suspendovanih čestica su:
 - **voda od ispiranja filtera**
 - **otpadni tok sa filtera i**
 - **koagulacioni mulj.**
- Ovi reziduali (otpadni tokovi) sadrže iz vode izdvojene čestice i hemijske supstance dodate tokom tretmana (npr. koagulanti i flokulanti).

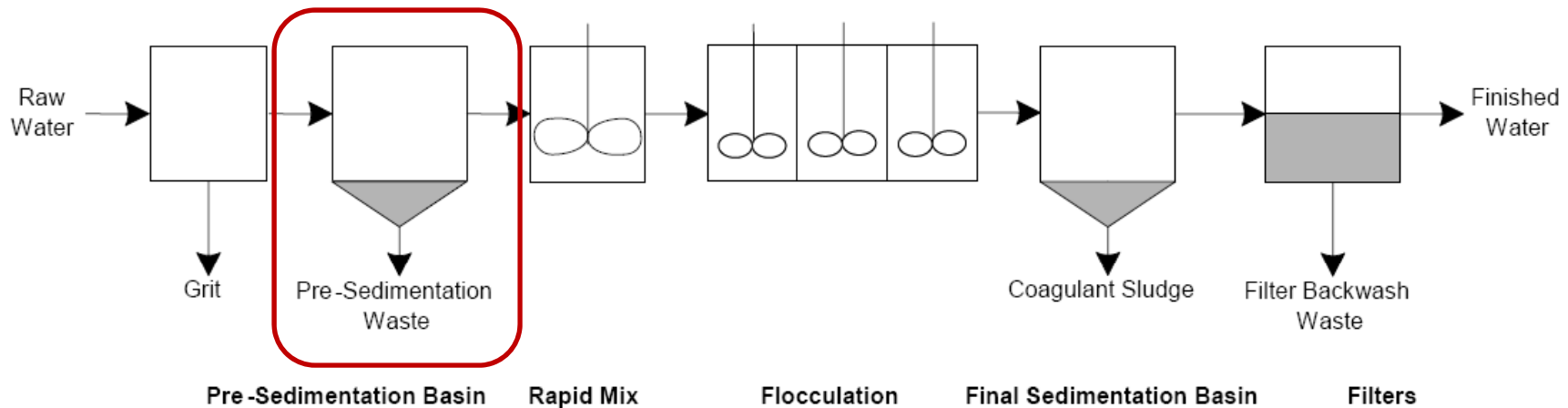
Presedimentacija

- **Predtretman** u sedimentacionom tanku ili na samom vodozahvatu, u rezervoaru.
- **Mehaničko uklanjanje gravitacionim taloženjem značajne količine lakotaloživih i suspendovanih čestica, kao i drugih kontaminanata prisutnih u sirovoj vodi pre primene drugih procesa obrade vode (npr. koagulacije i flokulacije).**



Kompozicija čestičnih materija sadržanih u nastalom mulju (rezidualu) je specifična za svaki lokalitet odnosno, tretiranu vodu.

- Najčešće su u pitanju: *pesak, šljunak, glina, mulj u kome su sadržane različite organske komponente.*
- U zavisnosti od kompozicije, u taložniku se uklanja **50-90%** čestičnih materija koje u njega ulaze.



Koagulacija, flokulacija i sedimentacija

- U cilju maksimalnog uklanjanja čestičnih materija iz vode.
- Na mnogim postrojenjima nakon ovih procesa primenjuje se i proces filtracije u cilju uklanjanja i finijih čestice, kao što su suspendovane i koloidne čestice, čestice koje daju boju vodi (odn., rastvorene organske materije).
- Tokom ovih procesa u vodu se najčešće doziraju neorganski ***koagulanti*** na bazi gvožđa i aluminijuma, ***različiti organski polimeri*** (poliakrilamid, poliamini, polidimetilamonijum hlorid), ali i ***rastvori kiselina ili baza*** (radi korekcije pH)
- **Sve ove komponente uz izolovane kontaminante iz vode čine rezidual koji se formira u sedimentacionom tanku – KOAGULACIONI MULJ** i koji se iz njega kontinualno ili periodično ispušta u otpadni tok.

Zapremina nastalog koagulacionog mulja zavisi od **kapaciteta postrojenja**, **količine dodatog koagulanta** ili **drugih procesnih hemikalija**, kao i od **sadržaja suspendovanih materija** u sirovoj vodi.

Uobičajene generisane zapremine koagulacionog mulja (EPA, 1993):

Populacija koja se vodosnabdeva	Prosečni protok vode na postrojenju (miliona L/dan)	Projektovani protok na postrojenju (miliona L/dan)	Tipična zapremina generisanog mulja (m ³ /dan)	Prosečna zapremina mulja (m ³ /dan)
1.001-3.300	0,87	2,65	0,03-9,8	2,91
3.301-10.000	2.65	6.81	0,07-25,4	7,57
10.001-25.000	7.95	18.2	0,18-67,4	20,1
25.001-50.000	18.9	41.6	0,42-155	45,8
50.001-75.000	33.3	68.1	0,68-259	75,0
75.001-100.000	49.2	98.4	0,98-366	108
100.001-5000.00	102	193	1,93-717	213
500.001-1.000.000	454	795	7,95-2.950	876
>1.000.000	1.022	1.628	16,3-6.045	1792

Karakteristike koagulacionog mulja

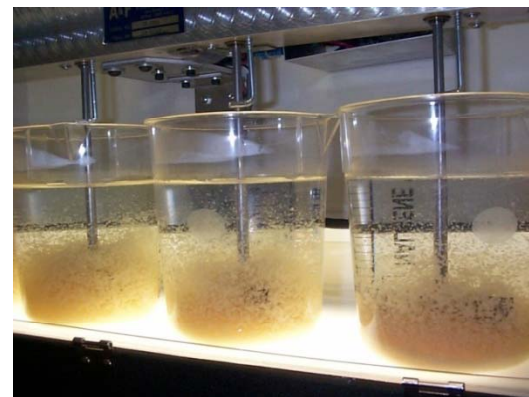
- Uslovljene su inicijalnim kvalitetom vode i tipom primenjenog koagulanta
 - *npr., visoke koncentracije aluminijuma u mulju posledica su primene koagulanata na bazi aluminijuma.*
- Koagulacioni mulj predominantno sadrži:
 - ***metalne hidrokside koagulanta,***
 - ***prirodne organske materije,***
 - ***suspendovane čestice,***
 - ***mikroorganizme,***
 - ***radionuklide,***
 - ***ali i druge organske i neorganske konstituente vode.***

Mogući metali u koagulacionom mulju:
Al, As, Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Mn i Zn.



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

- Mulj nastao primenom koagulanata na bazi Al i Fe visoko je hidratisan odn., nije kompaktan (*sadrži svega 2-5% čvrstih čestica*) - obično pre odlaganja zahteva dodatni tretman u cilju *zgušnjavanja, obezvodnjavanja ili sušenja*.
 - *Zbog niskog sadržaja čvrstih materija, ovi muljevi se teško obezvodnjavaju.*
 - *Biološki su inertni, sa niskim sadržajem organskih materija - mala vrednost kao fertilizeri ili kondicioneri zemljišta.*



Filtracija

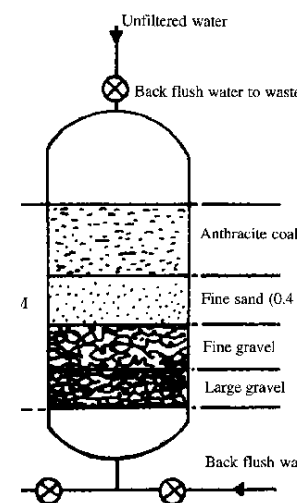
- Filtracijom vode postiže se finalno bistrenje vode odnosno, uklanjanje finijih čestica zaostalih u vodi nakon procesa sedimentacije.

- **Reziduali** nakon filtracije su:

- *voda od ispranja filtera*
- *otpadni tok sa filtera (inicijalni permeat)*

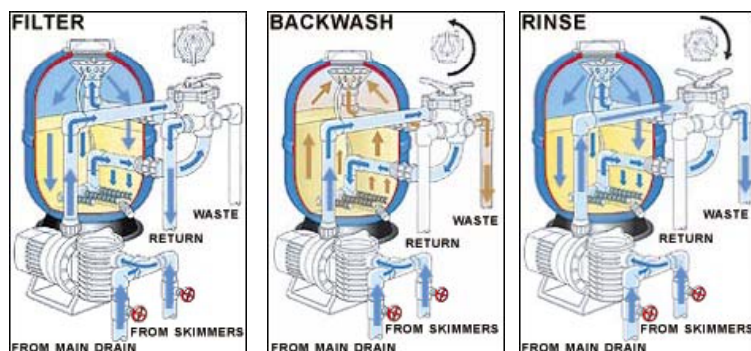
- **Reziduali** mogu sadržati:

- *kontaminante koji su bili prisutni u sirovoj vodi (čestice),*
- *hemijska sredstva primenjena tokom prethodnih tretmana,*
- *druge nečistoće,*
- *kao i rezidual dezinfekcionog sredstva (ukoliko je on dodat pre filtracije ili je sadržan u obrađenoj vodi koja se primenjuje za pranje filtera).*



Ispiranje filtera - vrši se obrađenom vodom u cilju uklanjanja čestičnih materija nakupljenih na filterskom medijumu.

- Voda nakon pranja i ispiranja filtera sadrži **izdvojene čestice** i kolektuje se na izlazu filtera.
- **Relativno nizak sadržaj čestica u odnosu količinu vode neophodnu za ispiranje filtera (50-400 mg/l suspendovanih čestica)**
 - dalji tretman vode od ispiranja filtera u cilju odvajanja čestica je otežan.





Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program



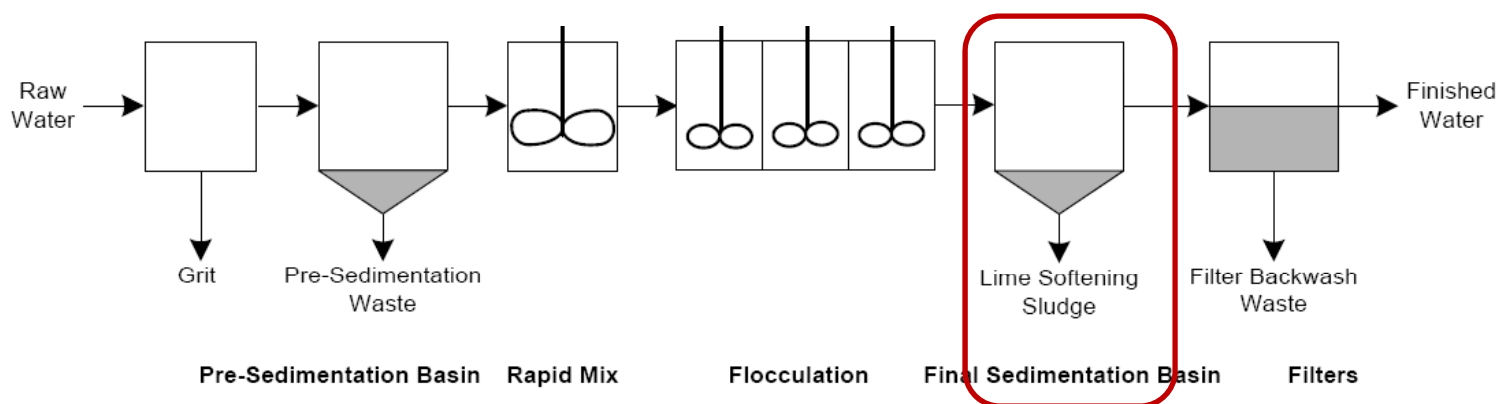
- **Voda od ispiranja filtera** može sadržati:
 - *čestice gline,*
 - *mulja,*
 - *mikroorganizme (bakterije, viruse i ciste protozoa),*
 - *koloidne i precipitirane huminske supstance i*
 - *druge prirodne organske čestice nastale razlaganjem vegetacije.*
- Pri konvencionalnoj i direktnoj filtraciji, voda od ispiranja filtera takođe sadrži i **precipitate aluminijuma** ili **gvožđa** usled njihove primene kao koagulacionih sredstava.

Zapremina otpadne vode nakon pranja filtera zavisi od **broja filtera, frekvencije i trajanja pranja** odn. ispiranja i najčešće iznose **2-10%** ukupne produkcije postrojenja odn. količine obrađene vode.

2. Omekšavanje vode precipitacijom

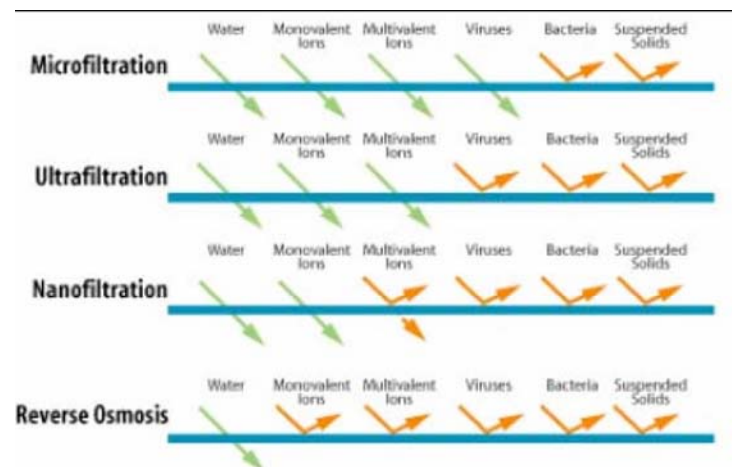
- Voda za piće može da sadrži određeni nivo dvovalentnih katjona (pre svega Ca^{2+} i Mg^{2+}) – žalbe potrošača zbog formiranja naslaga u cevina i estetskih razloga.
- Uklanjaju se precipitacijom ili hemijskim omekšavanjem vode:
 - **karbonatna** (Ca i Mg (bi)karbonat) i
 - **nekarbonatna trvdoća vode** (Ca i Mg – sulfati, nitrati, hloridi).

rezidual



3. Membranska separacija

- Mikrofiltracija (MF) – 0,1-1 μm
- Ultrafiltracija (UF) - 0,01-0,1 μm
- Nanofiltracija (NF) – 0,001-0,01 μm
- Reversna osmoza (RO) – $<0,001 \mu\text{m}$



- Uklanjanje rastvorenih organskih materija, bioloških kontaminanata, suspendovanih materija i drugih rastvorenih kontaminanata (tvrdoće, saliniteta, arsena, gvožđa, mangana...).



Tipične karakteristike reziduala nastalog ispiranjem membrana

Frekvencija primene

- Svakih 10-60 minuta

Zapremina reziduala

- **2-15% protoka ulazne vode na postrojenje**

Karakteristike reziduala

- Alge, precipitirane čvrste čestice
- **TOC 1-2 puta koncentrovaniji u odnosu na TOC vode pre tretmana** (ako se ne primenjuje koagulant ili adsorber). Ako se primenjuje koagulant TOC može biti i **5 puta koncentrovaniji**
- Za povraćaj vode od 85-98%, voda nakon ispiranja će imati koncentracioni faktor od 7-50 u odnosu na ulaznu vodu u pogledu sadržaja suspendovanih materija i *Cryptosporidium*-a
- Ukoliko se primenjuje hemijski tretman (hlorom, kiselinom, bazom), pH može biti <6 ili >9, pri čemu rezidual hlora može biti i do 1000 mg Cl₂/l

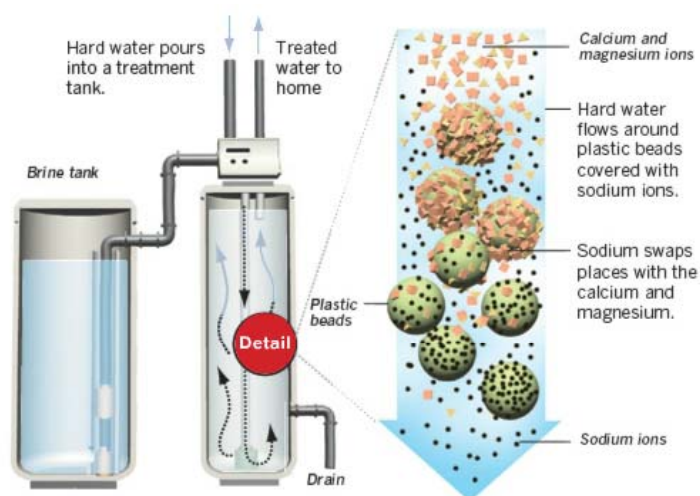
4. Jonska izmena



- Uklanjanje jonizovanih supstanci (uklanjanje mutnoće, POM i specifičnih polutanata – As, nitrati, fluoridi, Na, Ba, Mg...)
- Prirodni zeoliti, jon-specifične smole...
- **Primenom jonske izmene otpadni tok predstvalja:**
 - *voda nakon ispiranja sistema*
 - *koncentrovani otpadni tok od regeneracije (retentat).*
- Regeneracija zahteva reversnu jonsku izmenu i sprovodi se primenom koncentrovanih rastvora najčešće NaCl i NaOH (anjonske jonoizmenjivačke smole) odnosno, HCl (katjonske jonoizmenjivačke smole).
- **Otpadni tok zahteva dalji treatment i/ili odlaganje.**

Uobičajene koncentracije hemikalija u rezidualu sa jonoizmenjivača:

Konstituent	Prosečni opseg koncentracija (mg/l)
Ukupne rastvorene čvrste materije	15000-35000
Ca ²⁺	3000-6000
Mg ²⁺	1000-2000
Tvrdoća (kao CaCO ₃)	11600-23000
Na ⁺	2000-5000
Cl ⁻	9000-22000



5. Adsorpcija na aktivnom uglju

- Najčešće primenjivani adsorpcioni medijum – **primarno za uklanjanje organskih komponenti iz vode**
 - (onih koji utiču na organoleptički kvalitet vode, ali i onih značajnih sa zdravstvenog aspekta kvaliteta vode (pesticidi-sezonski kontaminanti, prekursori dezinfekcionih nusprodukata...)).
- Primenjuje se kao **GAC** i **PAC**
- **PAC** se najčešće primenjuje na početku procesne šeme (pre procesa sedimentacije ili filtracije), pa na taj način **postaje deo otpadnog toka** nakon primene ovih procesa.



Reziduali generisani tokom GAC filtracije uključuju: *vodu od pranja/ispiranja filtera* i *iskorišćeni medijum.*

- ***Voda od ispiranja filtera*** generalno sadrži suspendovane materije, biološki film, organske komponente i delimično filterski medijum.
 - Zapremina i kvalitet otpadnog toka sa GAC filtera zavisi od kvaliteta ulazne vode.
- ***Iskorišćeni medijum (ugalj)*** šalje se na regeneraciju ili se odlaže kao otpad.
- Regeneracija iskorišćenog aktivnog uglja podrazumeva termičku obradu i ne rezultuje stvaranjem otpadnog toka.



6. Dezinfekcija



- **Neizostavan korak u tretmanu vode za piće.**
- Hlor, hlor-dioksid, ozon i UV zračenje (uz primenu nekog drugog dezinfektanta ko sekundarnog), efikasni su **primarni dezinfektanti**.
- **Sekundarni dezinfektanti** (hlor, hloramini) omogućavaju održavanje dezinfekcionog reziduala radi obezbeđivanja mikrobiološkog kvaliteta tretirane vode i sami **ne rezultuju generisanjem otpadnog reziduala**. Međutim, u slučaju primene tretirane vode za ispiranje filtera dezinfektanti dodati u sistem mogu postati deo reziduala nakon ispiranja.
- Tokom procesa dezinfekcije nastaju u određenoj meri i **dezinfekcioni nusprodukti** (THM, HAA, aldehidi i dr.), koji takođe **mogu ulaziti u sastav otpadnog toka** generisanog tokom pripreme vode za piće.

7. Drugi hemijski tretmani

- Radi:
 - *kontrole korozije i formiranja biofilma (fosfati, Zn),*
 - *unapređenje uklanjanja čestica (fosfati, Na-silikati – sekvestracioni agensi (utiču na rastvorljivost oblika metala)),*
 - *korekcije pH (CO₂, HCl, NaOH)*
 - *poboljšanja karakteristika vode za piće (fluoridi).*
- Iako se na ovaj način **ne povećava generisani rezidual**, ova hemijska sredstva **ulaze u njegov sastav** tokom narednih procesa u okviru tehnološke linije (npr. u otpadnom toku iz sedimentacionog tanka).

Pregled polutanata u otpadnim tokovima sa postrojenja za tretman vode za piće

- U otpadne tokove sa postrojenja za pripremu vode za piće polutanti dospevaju iz dva izvora odnosno, kao posledica:

1) dodatka sredstava u cilju hemijskog tretmana vode (uključujući i nusprodukte nastale tokom ovih procesa)

Dezinfekcija - hlor, hloramini; *Konvencionalni tretman* - aluminijum hlorhidrat/polialuminijum hlorid, aluminijum-sulfat, polimerni koagulanti, koagulanti na bazi gvožđa (gvožđe hlorid, gvožđe sulfat), kalijum permanganat); *Omekšavanje vode precipitacijom* – kalcijum hidroksid, natrijum hidroksid, kalcijum oksid, natrijum bikarbonat; *Aktivni ugalj u prahu i granulovani aktivni ugalj; Fluoridi*

2) kvaliteta sirove vode.

1 Acenaphthene	47 Bromoform (tribromomethane)	85 Tetrachloroethylene (tetrachloroethene)
2 Acrolein	48 Dichlorobromomethane (bromodichloromethane)	86 Toluene
3 Acrylonitrile	49 <i>Removed</i>	87 Trichloroethylene (trichloroethene)
4 Benzene	50 <i>Removed</i>	88 Vinyl chloride (chloroethylene)
5 Benzidine	51 Chlorodibromomethane (dibromochloromethane)	89 Aldrin
6 Carbon tetrachloride (tetrachloromethane)	52 Hexachlorobutadiene	90 Dieldrin
7 Chlorobenzene	53 Hexachlorocyclopentadiene	91 Chlordane (technical mixture & metabolites)
8 1,2,4-Trichlorobenzene	54 Isophorone	92 4,4'-DDT (p,p'-DDT)
9 Hexachlorobenzene	55 Naphthalene	93 4,4'-DDE (p,p'-DDX)
10 1,2-Dichloroethane	56 Nitrobenzene	94 4,4'-DDD (p,p'-TDE)
11 1,1,1-Trichloroethane	57 2-Nitrophenol	95 Alpha-endosulfan
12 Hexachloroethane	58 4-Nitrophenol	96 Beta-endosulfan
13 1,1-Dichloroethane	59 2,4-Dinitrophenol	97 Endosulfan sulfate
14 1,1,2-Trichloroethane	60 4,6-Dinitro-o-cresol (phenol, 2-methyl-4,6-dinitro)	98 Endrin
15 1,1,2,2-Tetrachloroethane	61 N-Nitrosodimethylamine	99 Endrin aldehyde
16 Chloroethane	62 N-Nitrosodiphenylamine	100 Heptachlor
17 <i>Removed</i>	63 N-Nitrosodi-n-propylamine (di-n-propylnitrosamine)	101 Heptachlor epoxide
18 Bis(2-chloroethyl) ether	64 Pentachlorophenol	102 Alpha-BHC
19 2-Chloroethyl vinyl ether (mixed)	65 Phenol	103 Beta-BHC
20 2-Chloronaphthalene	66 Bis(2-ethylhexyl) phthalate	104 Gamma-BHC (lindane)
21 2,4,6-Trichlorophenol	67 Butyl benzyl phthalate	105 Delta-BHC
22 Parachlorometa cresol (4-chloro-3-methylphenol)	68 Di-n-butyl phthalate	106 PCB-1242 (Arochlor 1242)
23 Chloroform (trichloromethane)	69 Di-n-octyl phthalate	107 PCB-1254 (Arochlor 1254)
24 2-Chlorophenol	70 Diethyl phthalate	108 PCB-1221 (Arochlor 1221)
25 1,2-Dichlorobenzene	71 Dimethyl phthalate	109 PCB-1232 (Arochlor 1232)
26 1,3-Dichlorobenzene	72 Benzo(a)anthracene (1,2-benzanthracene)	110 PCB-1248 (Arochlor 1248)
27 1,4-Dichlorobenzene	73 Benzo(a)pyrene (3,4-benzopyrene)	111 PCB-1260 (Arochlor 1260)
28 3,3'-Dichlorobenzidine	74 Benzo(b)fluoranthene (3,4-benzo fluoranthene)	112 PCB-1016 (Arochlor 1016)
29 1,1-Dichloroethylene	75 Benzo(k)fluoranthene (11,12-benzofluoranthene)	113 Toxaphene
30 1,2-Trans-Dichloroethylene	76 Chrysene	114 Antimony (total)
31 2,4-Dichlorophenol	77 Acenaphthylene	115 Arsenic (total)
32 1,2-Dichloropropane	78 Anthracene	116 Asbestos (fibrous)
33 1,3-Dichloropropylene (trans-1,3-dichloropropene)	79 Benzo(ghi)perylene (1,12-benzoperylene)	117 Beryllium (total)
34 2,4-Dimethylphenol	80 Fluorene	118 Cadmium (total)
35 2,4-Dinitrotoluene	81 Phenanthrene	119 Chromium (total)
36 2,6-Dinitrotoluene	82 Dibenzo(a,h)anthracene (1,2,5,6-dibenzanthracene)	120 Copper (total)
37 1,2-Diphenylhydrazine	83 Indeno(1,2,3-cd)pyrene (2,3-o-phenylenepyrene)	121 Cyanide (total)
38 Ethylbenzene	84 Pyrene	122 Lead (total)
39 Fluoranthene		123 Mercury (total)
40 4-Chlorophenyl phenyl ether		124 Nickel (total)
41 4-Bromophenyl phenyl ether		125 Selenium (total)
42 Bis(2-Chloroisopropyl) ether		126 Silver (total)
43 Bis(2-Chloroethoxy) methane		127 Thallium (total)
44 Methylene chloride (dichloromethane)		128 Zinc (total)
45 Methyl chloride (chloromethane)		129 2,3,7,8-Tetrachloro-dibenzo-p-dioxin (TCDD)
46 Methyl bromide (bromomethane)		

Source: 40 CFR Part 423, Appendix A.

a – Priority pollutants are numbered 1 through 129 but include 126 pollutants, because EPA removed three pollutants (17, 49, and 50) from the list.

**EPA je identifikovala
prioritetne, konvencionalne
i nekonvencionalne
polutante u otpadnim
tokovima sa postrojenja za
pripremu vode za piće:**

126 priroritetnih polutanta



Kompozicija koagulanata na bazi aluminijuma i gvožđa radi ilustracije proizvodnih nečistoća

Pollutant	Median Concentration (mg/kg dry weight) ^a		
	Standard Alum	Low-iron Alum	Polyaluminum Chloride (PACl)
Aluminum	90,000	89,400	153,911
Antimony	<0.8	<0.8	<1.2
Arsenic	<2.06	<2.00	<2.6
Barium	<0.10	<0.10	0.21
Cadmium	<0.1	<0.1	<0.2
Calcium	62	62	149
Chromium	66	0.6	0.6
Cobalt	<0.20	<0.15	<0.41
Copper	1.86	0.21	1.34
Iron	1,300	39	91
Lead	<4.1	<4.1	<4.1
Magnesium	33	14	41
Manganese	2.5	0.8	3.2
Mercury	<0.82	1.03	1.44
Molybdenum	<1.7	<1.7	<1.4
Nickel	0.90	0.41	1.65
Phosphorus	89	<4	<9
Potassium	7.5	7.7	10.7
Selenium	<4.1	<5.1	<2.1
Silicon	52	14	56
Silver	<0.82	<0.82	<1.65
Sodium	247	577	546
Strontium	1.03	0.41	0.41
Sulfur	Not analyzed	Not analyzed	Not analyzed
Tin	<2.1	<2.1	<2.7
Titanium	27	1.2	3.0
Vanadium	39	0.20	6
Yttrium	<0.41	<0.30	<0.52
Zinc	3	16	14
Zirconium	12	0.4	0.9

Pollutant	Single Sample Concentration (mg/kg dry weight) ^a			
	Ferric Chloride			Ferric Sulfate
	SPL#1	SPL#2	TiO2#1	
Aluminum	1,289	19,737	3,158	82
Antimony	9	6	7	<4
Arsenic	<5	<3	<3	<4
Barium	0.3	1	18	1
Cadmium	1.0	1.0	1.0	1.4
Calcium	158	974	153	371
Chromium	124	111	100	<1
Cobalt	17	8	22	8
Copper	95	82	6	<0.4
Iron	355,263	305,263	315,789	228,866
Lead	53	<5	<13	41
Magnesium	55	316	316	173
Manganese	1,868	1,079	2,553	169
Mercury	<5	<3	5	No data
Molybdenum	<1	3	18	<0.8
Nickel	58	39	11	23
Phosphorus	29	263	42	163
Potassium	26	23	50	56
Selenium	No data	<3	<3	No data
Silicon	12	<1	15	8
Silver	<5	<2	<2	<4
Sodium	211	395	895	47
Specific Gravity	1.4	1.4	1.4	No data
Strontium	2	4	9	2
Sulfur	158	2,579	63	206,186
Tin	<5	<3	14	<4
Titanium	2	24	10,789	13
Vanadium	95	79	1,553	227
Yttrium	<1	<0.5	<0.5	<0.8
Zinc	45	53	258	37
Zirconium	10	8	4,474	6

Source: American Water Works Association (AWWA), David A. Cornwell, Michael J. Macphee and Richard Brown, 2002. *Trace Contaminants in Drinking Water Chemicals*, AWWA Research Foundation.

a – The less than sign denotes that the value was below sample-specific method detection limits (MDL); the value listed is the MDL.

SPL – Steel pickle liquor derived.

TiO2 – Derived during manufacture of titanium oxide.

Source: American Water Works Association (AWWA), David A. Cornwell, Michael J. Macphee and Richard Brown, 2002. *Trace Contaminants in Drinking Water Chemicals*, AWWA Research Foundation.

a – The less than sign denotes that the value was below sample-specific method detection limits (MDL); the value listed is the MDL.

Ostali polutanti u otpadnim tokovima sa postrojenja

- hloridi
- azotne materije (amonijak, nitrati, nitriti)
- pH
- fosfati
- radionuklidi ...



Prevenција i redukcija generisanja reziduala

- 1. Optimizacija uslova zahavatanja vode na izvoru u cilju smanjenja sadržaja suspendovanih materija i smanjenja potrebe za tretmanom vode*
- 2. Optimizacija procesa filtracije u pogledu izbor filterskog medijuma.*
- 3. Optimizacija pH vrednosti vode i smanjenja potrebe za koagulantom*
- 4. Redukcija primene hemikalija za omekšavanje vode frekventnim monitoringom tvrdoće sirove vode*
- 5. Recirkulacija vode nakon pranja filtera na početak procesne šeme*
- 6. Ponovna upotreba hemikalija nakon omekšavanja vode recirkulacijom reziduala*
- 7. Povraćaj procesnih hemikalija (npr. koagulacionog sredstva, soli iz regenerata sa jonoizmenjivačkih smola i sl.)*

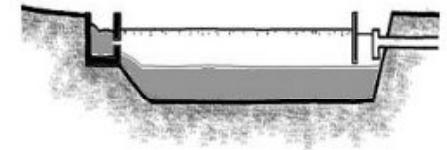
Tretman reziduala

- Pre rukovanja sa rezidualom sa postrojenja kao otpadom (primena na zemljište, odlaganje ili ispuštanje), otpadni tok nakon nekog procesa (voda od pranja filtera, koagulacioni mulj), može se tretirati na samom postrojenju za pripremu vode za piće, a u cilju:
 - *Separacije čvrstih materija iz vode*
 - *Precipitacije hemijskih supstanci*
 - *Povećanja rastvorenog kiseonika*
 - *Uklanjanje hlora*
 - *Korekcije pH*

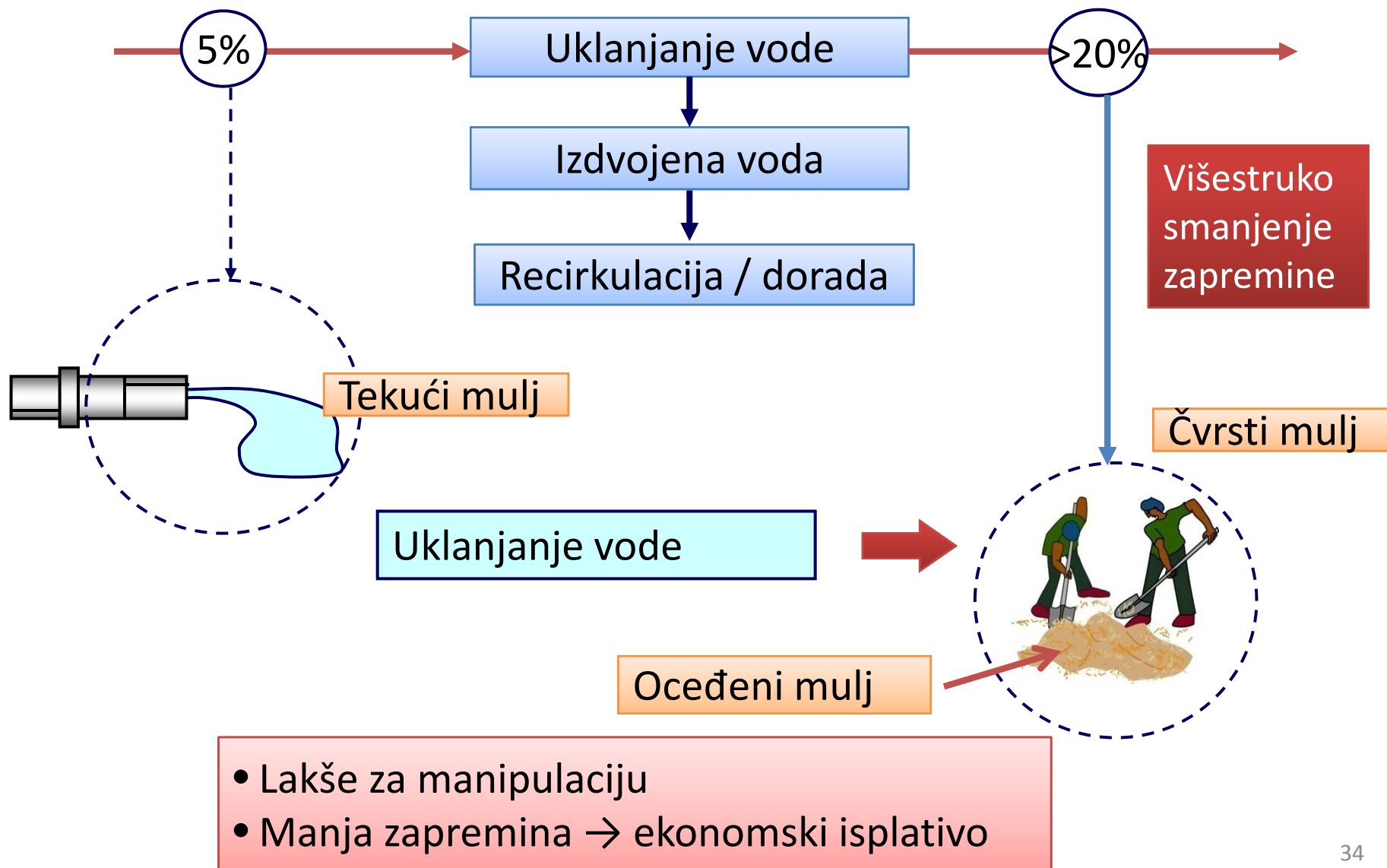


Separacija čvrstih materija iz otpadne vode

- Svrha - smanjenje zapremine vode u cilju povećanja sadržaja čvrstih čestica
- Smanjuje se potreban prostor za odlaganje mulja i troškovi
- **Zgušnjavanje** – separacija čvrstih materija u fizičkom smislu bez značajnije primene mehaničkih uređaja – gravitacioni zgušnjivač, rotacioni zgušnjivač, flotacija rastvorenim vazduhom.
- **Mehaničko obezvodnjavanje** - separacija čvrstih materija mehaničkim putem – trakasta filter presa, filtracija pod pritiskom, centrifugiranje.
- **Ne-mehaničko obezvodnjavanje** – koncentrisanje čvrstih materija isparavanjem vode – kasete, lagune, polja za sušenje mulja.
- **Termička obrada** - koncentrisanje čvrstih materija isparavanjem vode mehaničkim sušenjem.



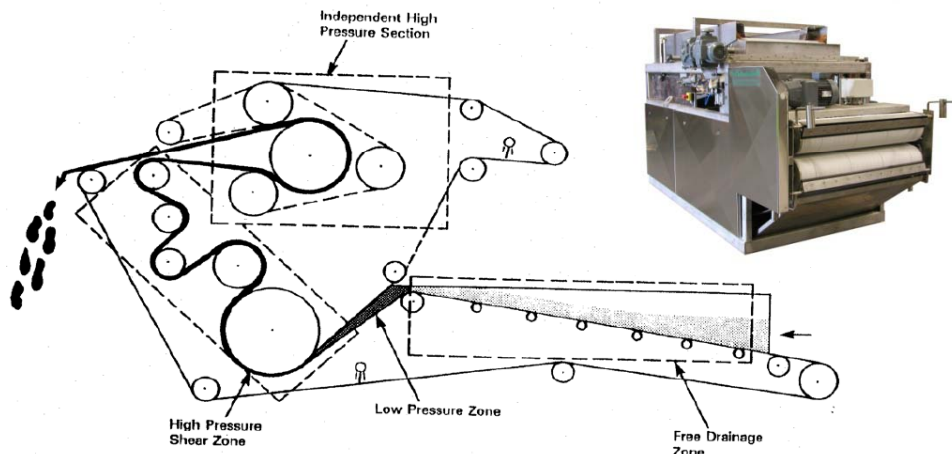
Uklanjanje vode ili dehidracija mulja



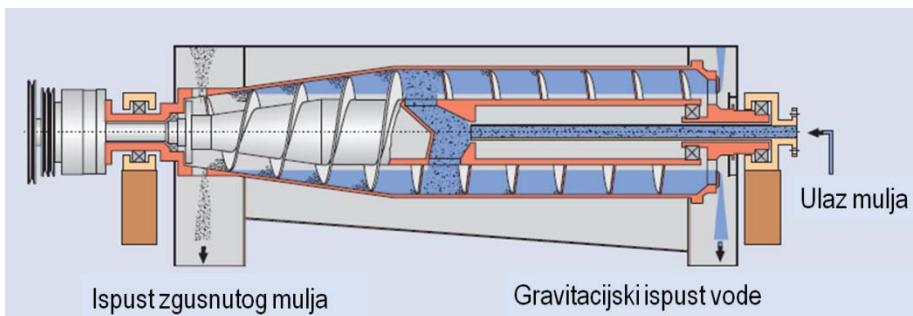


Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

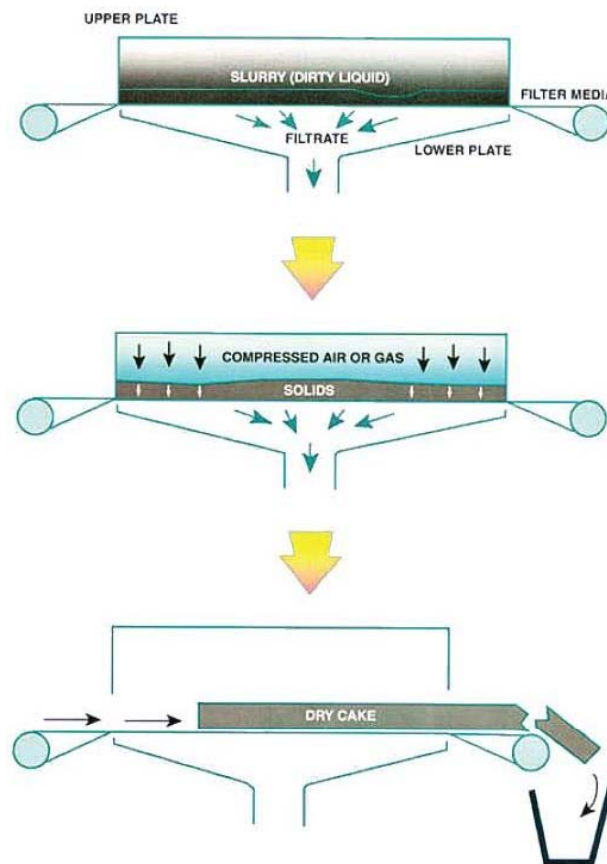
Separacije čvrstih materija iz otpadne vode – zgušnjavanje i mehaničko obezvodnjavanje



Primer uređaja za obezvodnjavanje mulja – trakasta filter presa

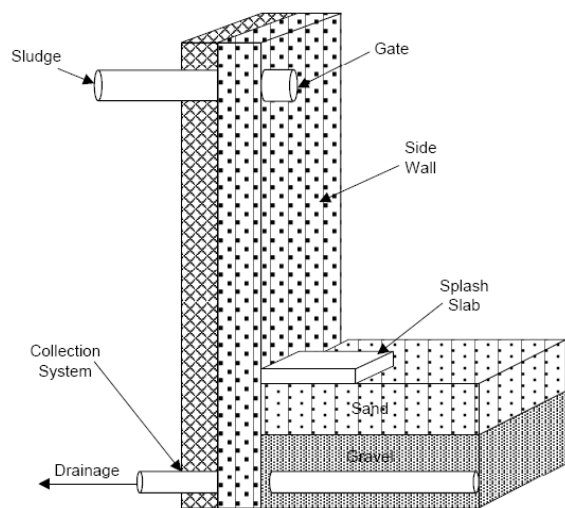


Primer uređaja za obezvodnjavanje mulja – centrifuga

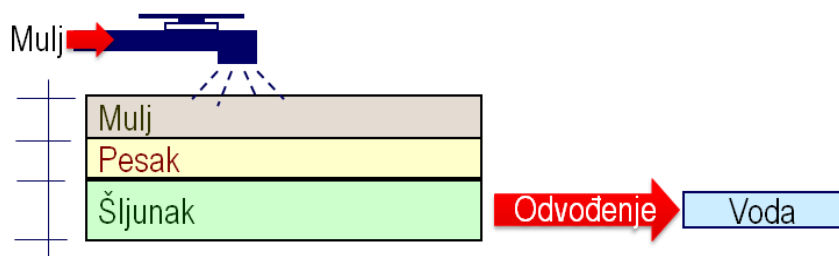


Primer uređaja za obezvodnjavanje mulja – filtracija pod pritiskom

Separacije čvrstih materija iz otpadne vode – ne-mehaničko obezvodnjavanje i termalno sušenje



Primer uređaja za ne-mehaničko obezvodnjavanje mulja – sa peskom



- **Polja za sušenje sa peščanom ispunom** - gravitaciono dreniranje (prolaskom kroz pesak), praćeno isparavanjem.
 - Obezvodnjavanje i sušenje potpomognuto **zamrzavanjem** (prirodno ili mehanički izazvano). Zamrzavanjem, a zatim otapanjem reziduala, čestične materije postaju komprimovane, u većoj meri granulisane i lakše se obezvodnjavaju i suše. Primenjuje se za koagulacioni mulj, želatinozne strukture (npr. nakon primene soli aluminijuma).
 - Obezvodnjavanje potpomognuto primenom vakuuma ubrzava proces sušenja.
- Solarno sušenje** – primenjuje se na specifičnim geografskim lokacijama, gde klimatski uslovi omogućavaju brzo sušenje reziduala.



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program



Natkrita polja za sušenje mulja

Osušeni mulj



Termička obrada - sušenje



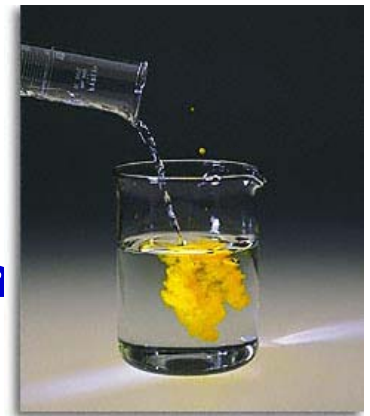
- Može biti **poslednji korak u tretmanu reziduala**.
- Nema rasprostranjenu primenu zbog značajno viših troškova u odnosu na uštedu usled smanjenja zapremine reziduala.
- Termalno sušenje obuhvata direktno ili indirektno uvođenje toplotne energije u sistem ili primenu infracrvenog zračenja.
- **Tretman izaziva koagulaciju i smanjenje hidratisanosti suspendovanih čestica**, dovodi do narušavanja gel strukture mulja, a takođe se uništava i mikroflora, čime se dobija praktično sterilisan i dezodorisan mulj koji se lako obezvodnjava.
- Generalno, postrojenja za pripremu vode za piće primenjuju ovu tehnologiju u cilju rešavanja problema **kontrole patogena, neprijatnih mirisa i skladištenja**, pre nego zarad same separacije čvrsto/voda.

Poređenje tehnologija uklanjanja čestica: koncentracija čestica nakon tretmana prema tipu reziduala

Uklanjanje čestica	Koncentracija čestičnih materija u tretiranom rezidualu nakon omekšavanja krečom	Koncentracija čestičnih materija u tretiranom koagulacionom mulju
Zgušnjavanje		
<i>Gravitaciono</i>	15-30%	1-3% (nizak TSS) 5-30% (visok TSS)
<i>Flotacija</i>	Nema podataka	2-4%
Mehaničko obezvodnjavanje		
<i>Centrifuga</i>	55-65%	20-30%
<i>Trakasta filter presa</i>	50-60%	1-20% (aluminijum) 4-50% (aluminijum, TSS)
<i>Fiter pod pritiskom</i>	55-70%	35-45%
Ne-mehaničko obezvodnjavanje		
<i>Lagune</i>	50-60%	7-15%
<i>Polja za sušenje</i>	50%	20-25%

Hemijska precipitacija

- **Primenjuje se za tretman otpadne vode nakon ispiranja jonoizmenjivača, ispiranja membrana i dr.**
- Najčešće primenjivani precipitacioni agensi: hidroksidi, sulfidi i soli gvožđa. Takođe, mogu se dozirati i koagulanti rado poboljšanja taloživosti.
- Uklanjaju se: **Al, Sb, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Se, Ag, Zn.**
- Oprema: reaktor sa mešanjem i taložnik.
- **Nakon ovog tretmana dobija se:**
 - 1) čist supernatant koji se može recirkulisati ili ispustiti**
 - 2) mulj nakon taloženja – obezvodnjavanje pre odlaganja**



Povećanje sadržaja rastvorenog kiseonika



- U cilju kontrole biološke potrošnje kiseonika i povećanja sadržaja rastvorenog kiseonika, otpadna voda se podvrgava aeraciji pre ispuštanja u određeni recipijent.

Korekcija pH

- Kao posledica dodavanja različitih hemijskih sredstava tokom pripreme vode za piće dolazi do promene pH vrednosti vode, pa i otpadnih tokova.
- Ekosistemi su veoma osetljivi na promene pH.
- Pre ispuštanja rezidual mora imati **pH 6-9**. Za korekciju pH primenjuju se kiseline i baze, pri čemu i ove hemikalije moraju da imaju zadovoljavajući stepen čistoće.

Uklanjanje hlora - dehlorisanje

- **Rezidual hlora (zaostao nakon dezinfekcije):**
 - *Toksičan za mnoge akvatične organizme*
 - *Može reagovati sa organskim materijama prisutnim u recipijentu – organohlorna jedinjenja, hloramini (toksični za ribe i druge akvatične organizme).*
- Dehlorisanje primenom:
 - *jedinjenja na bazi sumpora (SO₂, Na-sulfita, Na-bisulfita, Na-tiosulfata) ili*
 - *ugljem.*

Neophodna je
adekvatna kontrola

X

predoziranje sulfita



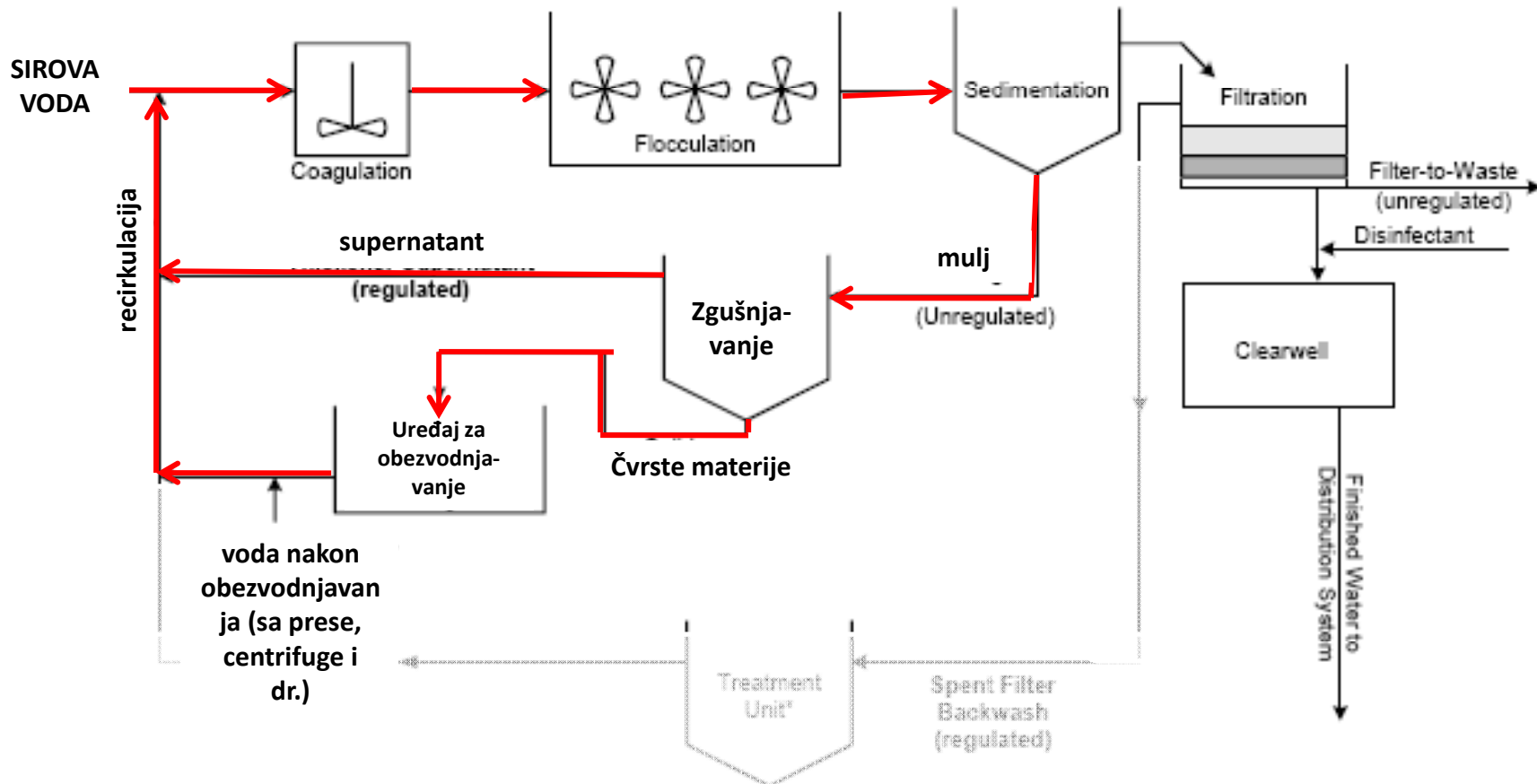
formiranje sulfata



smanjuje se sadržaj
kiseonika i

opada pH vrednost
reziduala.

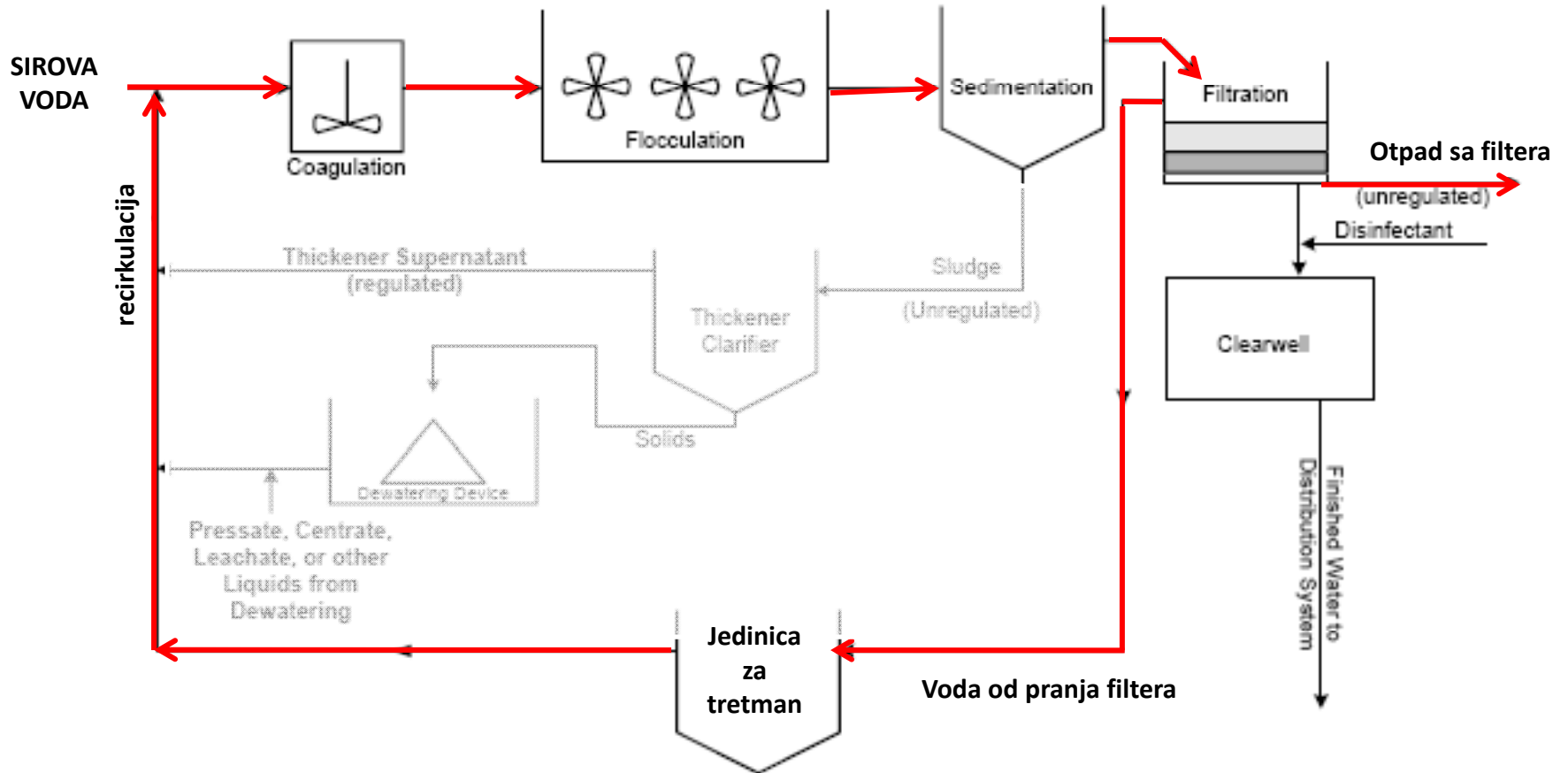
Primer konvencionalnog sistema (koagulacija, flokulacija, sedimentacija) sa recirkulacijom



*Flow equalization and treatment units are often utilized to remove solids from spent filter backwash prior to recycle

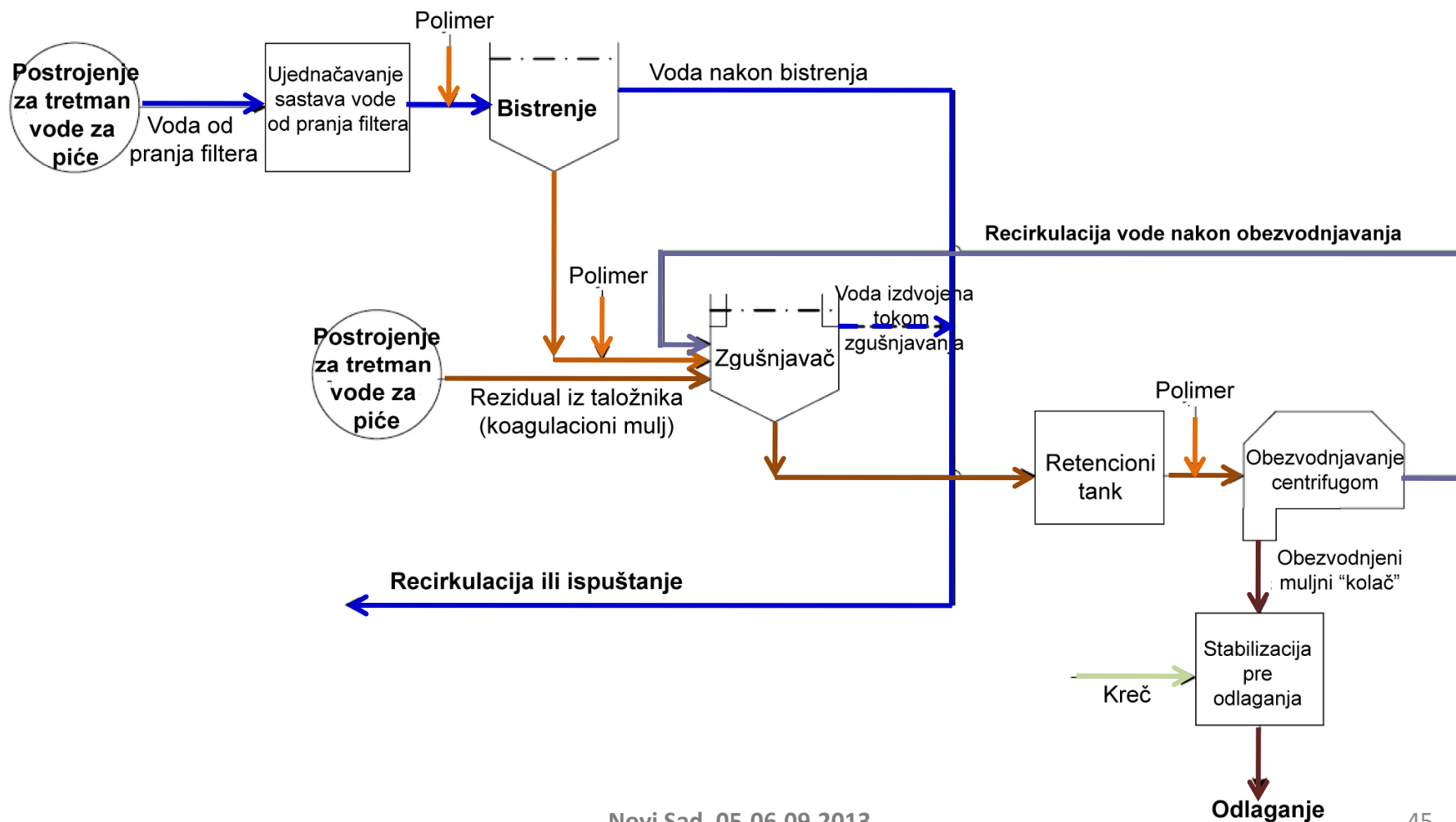


Primer konvencionalnog sistema (koagulacija, flokulacija, sedimentacija i filtracija) sa recirkulacijom



*Flow equalization and treatment units are often utilized to remove solids from spent filter backwash prior to recycle

Primer tehnološke linije obrade otpadnih tokova sa postrojenja za pripremu vode za piće



Parametri kvaliteta recirkulisane vode:

- Sadržaj mikroorganizama (*Giardia i Cryptosporidium*)
- Mutnoća
- DOC,
- Ukupni THM,
- HAA₅
- Metali (Zn, Fe, Al, Mn)...
- Kvalitet vode od ispiranja filtera zavisi od upotrebene zapremine u vode – što je više vode upotrebjeno, razblaženje je veće.



Odlaganje reziduala - otpada

- Nakon separacije čestičnih materija i povraćaja upotrebljivih materijala, nastali otpad (ukoliko se klasifikuje kao neopasan), najčešće odlaže na sledeće načine:
 - ispuštanjem u vodotok ili u kanalizacioni sistem
 - ako je zadovoljen kriterijum o dozvoljenoj koncentraciji suspendovanih i toksičnih materija,
 - odlaganjem na deponije
 - samo otpadi koji nisu klasifikovani kao hazardni mogu biti smešteni na deponije za komunalni otpad, u suprotnom zahteva se njegova dalja obrada i/ili deponovanje na specijalnim deponijama.
 - odlaganjem na zemljište
 - Ukoliko se zadovolje kriterijumi u pogledu stepena izluživanja toksičnih materija (npr. za As <41 mg/kg), otpad se može primeniti na zemlju bez ograničenja količine, dok se reziduali koji sadrže npr. do 75 mg As/kg mogu primenjivati u ograničenim količinama.



Mađarska-Srbija
IPA prekogranični program

Hvala na pažnji!

***Dobri susedi**
zajedno stvaraju
budućnost*

