

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidatka:

Sonja Pirečnik

Vodarna Grmov vrh - analiza delovanja in rekonstrukcija

Diplomska naloga št.: 107

Mentor:
prof. dr. Boris Kompare

Somentor:
mag. Branko Naveršnik

Ljubljana, 2. 7. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Sonja Pirečnik izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:

» Vodarna Grmov vrh – analiza delovanja in rekonstrukcija.«

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 02.06.2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.1(043.2)
Avtor: Sonja Pirečnik
Mentor: izr.prof.dr. Boris Kompare
Somentor: Mag. Branko Naveršnik, univ.dipl.ekon.
Naslov: Vodarna Grmov vrh – analiza delovanja in rekonstrukcija
Obseg in oprema: 89 str., 14 pregl., 17 sl., 14 en.
Ključne besede: ultrafiltracija, rekonstrukcija, obnova, čistilna naprava
Izvleček:

Diplomsko delo obravnava tri glavne teme. Prva je pregled oskrbe s pitno vodo v Svetu in Sloveniji, v nadaljevanju pa tudi oskrbe v Šaleški dolini. Tukaj so prikazane posamezne regije po Svetu in stanje razpoložljivosti vode. Pojavljajo se predvsem področja s pomanjkanjem vodnih virov, velik problem pa predstavlja onesnaževanje vode v vseh regijah. Vodni viri v Evropi so zelo neenakomerno razporejeni. Večina evropskih držav uporablja površinsko vodo za vir pitne vode. Onesnaževanje teh voda pa je resen problem po celi Evropi. Na različno razpoložljivost vode v Sloveniji tako za oskrbo prebivalcev z vodo kot tudi za druge namene vplivata neenakomerna razporejenost padavin in raznolikost odtočnih razmer. V Šaleški dolini dejavnost oskrbe s pitno vodo izvaja Komunalno podjetje Velenje d.o.o., ki med drugim upravlja s čistilno napravo Grmov vrh. Obstoječa čistilna naprava je na meji svojih zmogljivosti in je potreba obnove. Drugi del obsega pregled primernih načinov čiščenja pitne vode. Opisani so standardni postopki in med novejšimi ultrafiltracija. Podana je primerjava konvencionalnih postopkov z ultrafiltracijo in ugotovitev primernejšega postopka. V tretjem delu so opisani možni načini financiranja gospodarskih javnih služb, kako pridobiti te vire in kako do denarja Evropske Unije. V zadnjem delu pa sta predstavljeni dve različni tehnološki varianti čistilne naprave. Prva predstavlja obnovo obstoječe čistilne naprave, druga pa novogradnjo z uvedbo ultrafiltracije. Izvedena je tudi ekonomska analiza obeh variant in podan predlog najprimernejše.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 628.1(043.2)
Author: Sonja Pirečnik
Supervisor: Assoc.prof.dr. Boris Kompare
Cosupervisor: Msc. Branko Naveršnik, univ.dipl.ekon.
Title: Waterworis Grmov vrh – analysis of operation and reconstruction
Notes: 89 p., 14 tab., 17 fig., 14 eq.
Key words: ultrafiltration, reconstruction, renovation, water treatment plant
Abstract:

The present work discusses three main topics. First is review of water supply throughout the world and Slovenia, further water supply in Šaleška valley. Here are shown individual regions over the world and state of water availability. There are mostly areas with lack of water resources, a large problem is also water pollution in all regions. Water resources in Europe are very uneven. Most European countries use surface water for drinking water. Pollution of these waters is a serious problem in all Europe. In Slovenia, there is very uneven disposition of rainfall, therefore water is variably available. In Šaleška valley the water supply is carried out by Komunalno podjetje Velenje d.o.o., which runs with water treatment plant Grmov vrh. Existing treatment plant is not efficient enough, therefore it needs to be reconstructed. Second part of present work includes review of adequate processes for water treatment. It includes description of standard processes and ultrafiltration as newer process. Ultrafiltration is compared with standard processes and then established which process is most adequate. In the third part there are described possible ways of financing public services, and how to get money from European Union. In the last part there are presented two different technological ways of treatment plant. First presents reconstruction of existing plant, and second presents new construction with ultrafiltration. At the end is performed an economical analysis of both variants and given a proposition of best one.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr.prof.dr. Borisu Komparetu un somentorju mag. Branku Naveršniku, univ.dipl.ekon.. Hvala tudi delavcem Komunalnega podjetja Velenje d.o.o. za pomoč pri pridobivanju potrebnih podatkov.

Velika zahvala gre tudi mojim staršem in fantu za podporo v letih mojega študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opredelevitev področja in opis problema	2
1.1.1	Opredelevitev področja.....	2
1.1.2	Opis problema.....	2
1.2	Osnovna izhodišča, namen,zadana naloga in cilji	3
1.2.1	Osnovna izhodišča	3
1.2.2	Namen	3
1.2.3	Cilji.....	4
1.3	Omejitve raziskave	4
1.4	Predvidene metode raziskave	5
2	OSKRBA S PITNO VODO V SVETU IN SLOVENIJI	6
2.1	Oskrba z vodo v Svetu.....	6
2.2	Oskrba z vodo v Sloveniji	17
3	OSKRBA S PITNO VODO V ŠALEŠKI DOLINI	20
3.1	Komunalno podjetje Velenje, d.o.o.....	20
3.1.1	Zgodovina nastanka podjetja	20
3.1.2	Organizacijske enote	21
3.1.3	Oskrba s pitno vodo.....	22
3.2	Izvir Ljubija	24
3.2.1	Geološka zgradba izvira.....	24
3.2.2	Vodovarstvene cone.....	25
3.3	Priprava pitne vode na čistilni napravi Grmov vrh	26
3.3.1	Obstoječe stanje	26
3.3.2	Analiza vzorcev surove in obdelane vode.....	29
4	THNOLOGIJE PRIPRAVE PITNE VODE.....	31
4.1	Koagulacija in flokulacija	31
4.1.1	Teoretične osnove	31
4.1.2	Dimenzioniranje	34
4.2	Sedimentacija	35
4.2.1	Teoretične osnove	35
4.2.2	Dimenzioniranje	40
4.3	Filtracija z zrnastimi filtri	40
4.3.1	Teoretične osnove	40
4.3.2	Hitri peščeni filtri	45
4.3.3	Pranje filtrov	46
4.3.4	Dimenzioniranje hitrih filtrov	47
4.4	Adsorpcija z aktivnim ogljem.....	48
4.4.1	Teoretične osnove	48

4.4.2	Pranje in regeneracija filtrov	51
4.4.3	Dimenzioniranje	51
4.5	Dezinfekcija	52
4.5.1	Klor	55
4.5.2	Klorov dioksid.....	58
4.5.3	Stranski produkti dezinfekcije	61
4.6	Ultrafiltracija	62
4.6.1	Predčiščenje.....	65
4.6.2	Pranje in čiščenje UF membran	66
4.6.3	Primerjava UF s klasičnimi postopki.....	67
4.6.4	Dimenzioniranje	68
5	VIRI FINANCIRANJA GOSPODARSKIH JAVNIH SLUŽB	69
5.1	Možni viri financiranja	69
5.1.1	Posebnosti posameznih virov	71
5.1.2	Uporaba posameznih virov	75
5.2	Slovenija in evropski denar	75
5.2.1	Kako do sredstev EU?	76
5.2.2	Pridobitev nepovratnih sredstev iz strukturnih skladov EU.....	77
5.2.3	Finančna perspektiva 2007 – 2013	78
6	PRIMERJALNA ANALIZA DVEH RAZLIČNIH VARIANT ČIŠČENJA.....	79
6.1	Opisi posameznih variant	79
6.1.1	Varianta ČN1 – Obnova obstoječe ČN	79
6.1.2	Varianta ČN2 – Novogradnja ČN z uvedbo ultrafiltracije.....	80
7	TABELARIČNI PRIKAZ VREDNOTENJA VARIANT	82
8	ZAKLJUČEK S PREDLOGI.....	85
	UPORABLJENI VIRI.....	87
	OSTALI VIRI.....	91
PRILOGE		
Priloga 1	Tloris variante ČN1	
Priloga 2	Tloris variante ČN2	
Priloga 3	Biološke in fizikalno-kemijske analize vzorcev	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zaloge podzemne vode v Sloveniji.....	18
Preglednica 2: Število odvzetih vzorcev ter število in delež neskladnih vzorcev pitne vode, skupaj za redna in občasna mikrobiološka in kemijska preskušanja.....	19
Preglednica 3: Fizični kazalci vodooskrbnega sistema za leto 2001.....	23
Preglednica 4: Karakteristike surove vode.....	30
Preglednica 5: Velikost premera okroglih zrn filtrnega sredstva D1 in od nje odvisna velikost premera nastalih prostih odprtin D2.....	41
Preglednica 6: Tipične vrednosti za najpogosteje uporabljene filtrne materiale.....	43
Preglednica 7: Odvisnost granulacijske sestave, debeline sloja in hitrosti filtriranja od števila slojev v filtru.....	44
Preglednica 8: Razširitev peska pri pranju v odvisnosti od intenzitete in časa izpiranja.....	47
Preglednica 9: Aktivne površine za posamezne vrste aktivnega oglja.....	50
Preglednica 10: Stranski produkti dezinfekcije in njihovo učinkovanje na človeka.....	53
Preglednica 11: Uporaba in doziranje klora.....	57
Preglednica 12: Pregled kriterijev za ocenjevanje variant.....	82
Preglednica 13: Prednosti in pomanjkljivosti posameznih tehnologij za ČN Grmov vrh.....	83
Preglednica 14: Ocenjevanje kriterijev.....	84

KAZALO SLIK

Slika 1: Pokritost s primerno oskrbo z vodo in higieno v Afriki.....	8
Slika 2: Pokritost s primerno oskrbo z vodo in higieno v Aziji in Pacifiku.....	9
Slika 3: Vodni stres v Evropi (procent odvzema obnovljivih vodnih virov).....	11
Slika 4: Razpoložljivost vode v letu 2000 (merjeno v 1000 m ³ na državo/leto) v Latinski Ameriki in Karibih.....	14
Slika 5: Izvir Ljubije.....	24
Slika 6: Shema delovanja čistilne naprave Grmov vrh.....	26
Slika 7: Prelivanje vode preko žlebov v usedalniku.....	27
Slika 8: Hitri peščeni filter.....	28
Slika 9: Filter z aktivnim ogljem.....	28
Slika 10: Vpliv dodanega koagulanta na zmanjšanje odbojne sile med delci.....	32
Slika 11: Mešalna komora.....	34
Slika 12: Dinamični usedalnik.....	38
Slika 13: Dvig filtrne mase med pranjem.....	46
Slika 14: Prikaz vezanja nečistoč na aktivno oglje.....	49
Slika 15: Prikaz razpona delovanja posameznih membranskih procesov.....	63
Slika 16: Prerez votle cevčice (“hollow-fibre”).....	64
Slika 17: Primer večjega sistema z ultrafiltracijo.....	65

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ČN	Čistilna naprava
EU	Evropska Unija
GJS	Gospodarska javna služba
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
IVZ RS	Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije
KP	Komunalno podjetje
MWCO	Molecular Weight Cutoff (Relativna molekulska masa)
NOM	Natural Organic Matter (Naravna organska snov)
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (Nefelometrična motnostna enota)
PE	Poslovna enota
UF	Ultrafiltracija
WHO	World Health Organisation (Svetovna zdravstvena organizacija)
ZZV	Zavod za zdravstveno varstvo
NPVO	Nacionalni program varstva okolja

1 UVOD

Slovenija je dežela, ki je zelo bogata z vodo, podobno kot ostale države v vplivnem območju Alp. Zato pri nas količinsko zagotavljanje ni problem, težave nastopijo pri zagotavljanju kakovosti pitne vode. Velik del pitne vode pri nas pridobivamo s črpanjem podzemne vode, majhen delež pa z zajemom površinskih voda. Eden glavnih vzrokov za zajemanje pitne vode iz podtalnice je njena dosegljivost, ki izhaja iz dobrih geoloških razmer. V Sloveniji prevladujejo karbonatne kamnine, tako je pri nas kar 44% kraških površin, kar pomeni, da je večina vodnih virov kraškega značaja [*Rismal, 1995*].

Problem kraških vodnih virov je predvsem velika kvantitativna in kvalitativna raznolikost. Časovna dinamika kraške podtalnice je zelo vezana na padavine, saj kraške hribine nimajo velike poroznosti, zato tudi podtalnica nima velikih zalog. Poleg tega pa je vezana na pretoke v kraških ponikalnicah. Zaradi same narave kraških ponikalnic štejemo kraške podzemne vode v kakovostnem pogledu med površinske, saj voda na tem območju zaradi specifičnih lastnosti kraških tal nima samočistilne sposobnosti, kot jo sicer ima podtalnica. Takšni vodni viri so zelo ranljivi, zato potrebujejo kompleksno pripravo vode in dosledno upoštevanje predpisanega režima v vodovarstvenih pasovih. Glavni problemi kakovosti so motnost, vsebnost bakterij in parazitov, vsebnost nitratov ter vonj in okus. V Sloveniji je primarni problem mikrobiološka kakovost vode v 22,6% vzorcev, medtem ko je kemijska kakovost problematična samo v 5,9% vzorcev [*IVZ RS, 2007*].

Priprava pitne vode na čistilni napravi Grmov vrh poteka na konvencionalen način po naslednjem sistemu: 1. Dodajanje koagulacijskih sredstev, 2. Predkloriranje, 3. Usedanje delcev v usedalniku, 4. Filtriranje skozi dva hitra peščeno – hidroantracitna filtra, 5. Dekloriranje in adsorpcija skozi dva deklorinatorja z aktivnim ogljem in 6. Preventivno kloriranje. Surova voda, ki priteče v čistilno napravo, vsebuje več ali manj suspendiranih snovi, odvisno od vremenskih razmer, letnega časa in izdatnosti vira, to pa predstavlja glavni problem pri takem načinu čiščenja, ki se izvaja na tej čistilni napravi.

1.1 Opredelitev področja in opis problema

1.1.1 Opredelitev področja

Vsakemu od nas se zdi samoumevno, da smo vedno preskrbljeni s pitno vodo. Zakonodaja pa predpisuje zahteve, da je ta voda tudi zdravstveno ustrezna. Za doseg te ciljev je potrebno oblikovati sistematični pristop v vseh fazah, od načrtovanja, zagotavljanja in spremljanja oskrbe s pitno vodo. Področje mojega raziskovanja bodo predvsem postopki čiščenja pitne vode, financiranje gospodarskih služb, primerjava oskrbe s pitno vodo v Svetu in Sloveniji ter oskrba s pitno vodo v Šaleški dolini, pri čemer bom analizirala delovanje čistilne naprave za pitno vodo Grmov vrh.

1.1.2 Opis problema

V Svetu se pojavljajo predvsem področja s pomanjkanjem vodnih virov, velik problem pa predstavlja onesnaževanje vode v vseh regijah. Vodni viri v Evropi so zelo neenakomerno razporejeni. Večina evropskih držav uporablja površinsko vodo za vir pitne vode. Onesnaževanje te voda pa je resen problem po celi Evropi. Na različno razpoložljivost vode v Sloveniji tako za oskrbo prebivalcev z vodo kot tudi za druge namene vplivata neenakomerna razporejenost padavin in raznolikost odtočnih razmer.

Oskrba s pitno vodo je zaradi posebnega pomena opredeljena kot gospodarska javna služba, ki je urejena z zakoni in podzakonskimi akti. Vloga države je pri oskrbi s pitno vodo bistvenega pomena, zato je tudi sodelovanje vseh držav članic Evropske unije koristno in nujno, kot tudi povezovanje držav po celem svetu.

V Šaleški dolini dejavnost oskrbe s pitno vodo opravlja Komunalno podjetje Velenje, d.o.o. Porabnike pitne vode oskrbujejo iz večih oskrbovalnih območij, vodo za oskrbo pa zajemajo iz 34 vodnih virov, ki so večinoma kraškega tipa. Podjetje upravlja med drugim tudi s čistilno napravo za pripravo pitne vode Grmov vrh, ki deluje po standardnih postopkih.

Pri čiščenju pitne vode se soočamo z različnimi onesnažili, ki jih je potrebno odstraniti, da voda ustreza vsem predpisom. Pri tem poznamo več postopkov čiščenja, ki se med seboj razlikujejo tako po načinu čiščenja kot po učinkovitosti. Za kakšen postopek se odločimo pa je odvisno od lastnosti surove vode, vrste onesnažil, razpoložljivega prostora idr. Za učinkovito čiščenje pa moramo ustrezno čistilno napravo tudi pravilno dimenzionirati.

Pri virih financiranja gospodarskih javnih služb (GJS) ločimo vire financiranja za izvajanje GJS in vire financiranja investicij v infrastrukturne objekte in naprave, pri tem pa so ti viri tudi medsebojno povezani. Poznamo več možnih načinov financiranja tako izvajanja GJS, kot investicij v infrastrukturne objekte. V zvezi z zagotavljanjem teh virov pa se pojavljajo različni problemi.

1.2 Osnovna izhodišča, namen, zadana naloga in cilji

1.2.1 Osnovna izhodišča

Za čiščenje pitne vode imamo na razpolago več postopkov. Med standardne postopke spada dezinfekcija z različnimi kemijskimi sredstvi. Problem takšne dezinfekcije so predvsem stranski produkti, ki so zdravju škodljivi. Zato se v zadnjem času za čiščenje pitne vode vse več uporabljajo membranski postopki, ki so povsem fizikalni. Med temi postopki pa je ultrafiltracija najprimernejša, še posebej za čiščenje voda iz kraških vodnih virov. Takšen vir je tudi izvir Ljubije, na katerem se voda zajema in čisti na čistilni napravi Grmov vrh. Glede na naraščajoče potrebe ter ostrejšše zakonske zahteve po pitni vodi pa je čistilna naprava že skoraj na meji zmogljivosti in jo je potrebno obnoviti oziroma rekonstruirati.

1.2.2 Namen

V današnjem času se soočamo z vse večjim onesnaženjem okolja, zato je pomembno, da poskušamo najti optimalne rešitve za reševanje tega problema. Odločila sem se za temo priprava pitne vode na čistilni napravi Grmov vrh, ker analiza delovanja in možne izboljšave zanimajo Komunalno podjetje Velenje, d.o.o., kjer sem študentka.

1.2.3 Cilji

Ciljev diplomske naloge je več. Najprej predstaviti oskrbo s pitno vodo v Svetu in Sloveniji, kakšno je stanje razpoložljivosti vodnih virov, ter s kakšnimi problemi kvantitete in kvalitete vode se soočajo v različnih regijah. V nadaljevanju prikazati stanje oskrbe s pitno vodo v Šaleški dolini in obstoječe stanje na čistilni napravi Grmov vrh. Nato prikazati postopke čiščenja pitne vode in kako se posamezne komponente dimenzionirajo. Primerjati novejša postopke, med njimi ultrafiltracijo, s standardnimi postopki priprave pitne vode in ugotoviti kateri izmed teh postopkov bi bil najprimernejši za uporabo na omenjeni čistilni napravi. Nato podati pregled možnih virov financiranja gospodarskih javnih služb, rekonstrukcij in obnov komunalnih infrastrukturnih objektov in potrebnih novih naložb ter kako do denarja Evropske unije.

Glavni cilj pa je izvesti analizo obstoječega stanja na čistilni napravi in predlagati dve varianti obnove ali novogradnje. Ti dve varianti tudi tehnološko zasnovati in dimenzionirati. Na koncu pa izvesti še ekonomsko analizo obeh variant in ugotoviti katera je primernejša za uporabo na čistilni napravi.

1.3 Omejitve raziskave

Pri diplomski nalogi se bom omejila na oskrbo s pitno vodo v Šaleški dolini in sicer na pripravo pitne vode na čistilni napravi Grmov vrh. Na področju membranske tehnologije se bom osredotočila na ultrafiltracijo, pri konvencionalnih postopkih pa na tiste, ki jih predlagam pri varianti ČN1 (glej poglavje 6.1.1). Za primerjavo bom analizirala dva možna scenarija priprave pitne vode in sicer obnovo obstoječe čistilne naprave in pa novogradnjo z uvedbo ultrafiltracije. V okviru virov financiranja javnih gospodarskih služb pa se bom omejila na možnosti pridobivanja le teh in kako pri nas poteka pridobivanje sredstev iz kohezijskih skladov Evropske unije.

1.4 Predvidene metode raziskave

V nalogi se bomo posluževali raznih raziskav in pri tem uporabili naslednje metode raziskovanja:

- metodo abstrakcije,
- analize in sinteze,
- deskripcije,
- statistično metodo,
- grafično metodo,
- metodo kompilacije in dedukcije.

Z analizo bomo razčlenili predmet raziskovanja izterjave, z abstrakcijo bomo razložili tiste komponente, ki bodo bistvene za obravnavo problema. S sintezo bomo obravnavane komponente ponovno povezali v smislu zagotavljanja večje učinkovitosti izterjave.

Glavna metoda raziskave je torej predvsem analitična, ki vsebuje analizo obstoječega stanja na čistilni napravi, analizo delovanja posameznih tehnologij čiščenja pitne vode ter analizo virov financiranja gospodarskih javnih služb. Druga metoda je vrednotenje, ki vsebuje ovrednotenje dveh različnih tehnologij čiščenja (varianta ČN1, varianta ČN2). Tretja metoda pa je sinteza, ki združuje oziroma povezuje metodi analize in vrednotenja.

2 OSKRBA S PITNO VODO V SVETU IN SLOVENIJI

Dostop do varne pitne vode je bistvenega pomena za zdravje, osnovna človekova pravica in element politike za varovanje zdravja [WHO, 2006]. Svetovna zdravstvena organizacija (WHO – World Health Organisation) je v ta namen izdala smernice za kvaliteto pitne vode (Guidelines for Drinking Water Quality), ki vsebuje pojasnila in zahteve, ki jih mora izpolnjevati varna pitna voda. Te smernice pripomorejo k razvoju mendanordnih standardov, ki se uveljavljajo po celem svetu.

Mesta po svetu rastejo zelo hitro, še posebej v državah v razvoju. Strokovnjaki ocenjujejo, da bo do leta 2035 dve tretjini svetovnega prebivalstva živelo v mestih. Skupaj z rastjo mest se bo povečevala potreba po pitni vode in po vodi za industrijske in agrokulturne namene znotraj večjih območij. Posledično se bo povečala količina odpadne vode. Razlogov za takšen razvoj je več. Pomanjkanje delovnih mest na ruralnih območjih je eden največjih vzrokov za selitev ljudi v mesta. Trend je sicer lahko tudi obraten, do neke meje, s tem da se stimulira zaposlitvene možnosti na podeželju. Ker pa je v tej smeri bilo vloženega bolj malo truda, moramo načrtovati velike zaloge vode v mestih njihovi neposredni okolici, še posebej na sušnih območjih. S tem scenarijem se morajo strokovnjaki na področju voda intenzivno ukvarjati [Wilderer, 2005]. Glavni problem je omejena zaloga vode, zato je potrebno preučiti možnosti pridobivanja novih količin in ponovno uporabo (recikliranje) vode.

2.1 Oskrba z vodo v Svetu

Celoten volumen vode na Zemlji je okoli 1 400 milijonov km³, od katerih je le 2,5% (okoli 35 milijonov km³) sladke vode. Večina sladke vode je v obliki stalnega ledu ali snega na Antarktiki in Grenlandiji ali v globokih vodonosnikih podtalnice. Glavni vir vode za uporabo so jezera, reke in relativno plitka podtalnica. Uporabne količine teh virov so okoli 200 000 km³ vode, kar je manj kot 1% vse pitne vode in le 0,01% celotne vode na Zemlji. Veliko te razpoložljive vode se nahaja daleč stran od naselij, kar še bolj komplicira problematiko oskrbe z vodo.

Okoli tretjina svetovne populacije živi v državah, ki trpijo zmeren do velik vodni stres. Ocenjeno je, da bo v manj kot 25-ih letih kar dve tretjini prebivalstva živelo v državah pod vodnim stresom. Do leta 2020 se bo poraba vode povečala za 40% in 17% več vode bo potrebno za proizvodnjo hrane [UNEP, 2002]. Trije veliki faktorji so v preteklem stoletju povzročali naraščanje potreb po vodi in sicer:

- rast populacije,
- razvoj industrije,
- širjenje namakalnih sistemov v kmetijstvu.

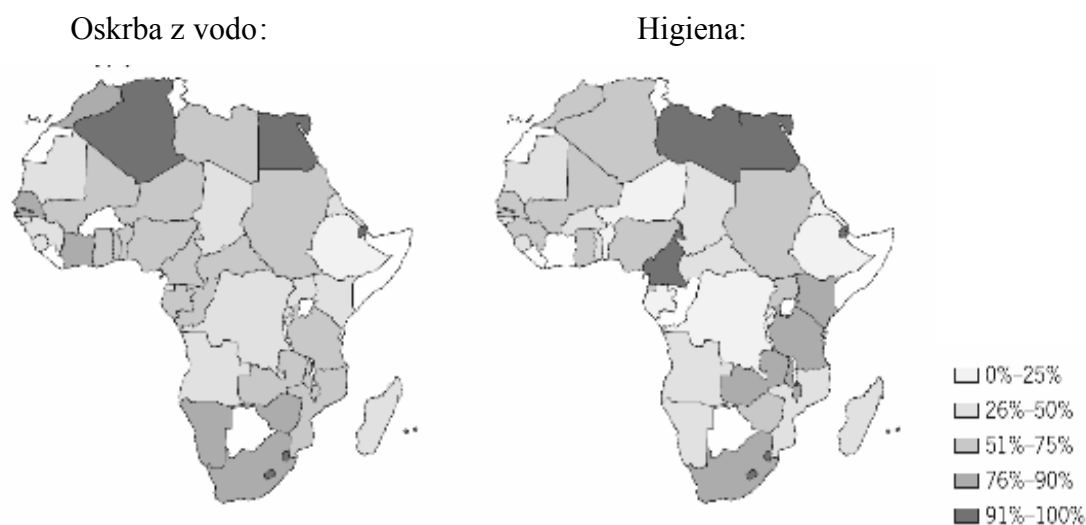
Agrokultura je prispevala k največjemu odvzemu vode v zadnjih dveh desetletjih. Večina vode se uporablja za namakanje, s tem pa se proizvede okoli 40% svetovne hrane [UNEP, 2002].

Afrika

Obnovljivih vodnih virov je v Afriki v povprečju 4 050 km³/leto, razporeditev površinskih voda in podtalnice pa je neenakomerna. Na primer, Demokratična Republika Kongo je država z največ padavin, s povprečnimi letnimi obnovljivimi viri okrog 935 km³, v primerjavi z Mavretanijo, ki ima najmanj padavin in letno povprečje 0,4 km³. v letu 1990 je najmanj 13 držav trpelo pomanjkanje vode in to število naj bi se do leta 2025 podvojilo [UNEP, 2002]. To predstavlja glavni izziv za strokovnjake na področju oskrbe z vodo.

Podtalnica je glavni vodni vir v tej regiji in predstavlja 15% vseh virov v Afriki [UNEP, 2002]. Uporablja se v gospodinjstvih in kmetijstvu v večini pokrajin, posebno v bolj aridnih predelih, kjer so viri površinskih voda omejeni. V teh predelih, ki so močno odvisni od rezerv podtalnice, obstaja tveganje za pomanjkanje, saj se voda hitreje porablja kot se obnavlja.

Okoli 62% afričanov je v letu 2000 imelo dostop do izboljšane oskrbe z vodo. Kljub temu pa na ruralnih predelih ljudje veliko časa porabijo za iskanje pitne vode in 28% svetovne populacije brez dostopa do izboljšane oskrbe z vodo živi v Afriki. Urbani predeli so bolje oskrbljeni, s 85% populacije, ki imajo dostop do izboljšane oskrbe z vodo [UNEP, 2002]. Pokritost s primerno oskrbo z vodo in higieno kaže slika št. 1.



Slika 1: Pokritost s primerno oskrbo z vodo in higieno v Afriki [UNEP, 2002].

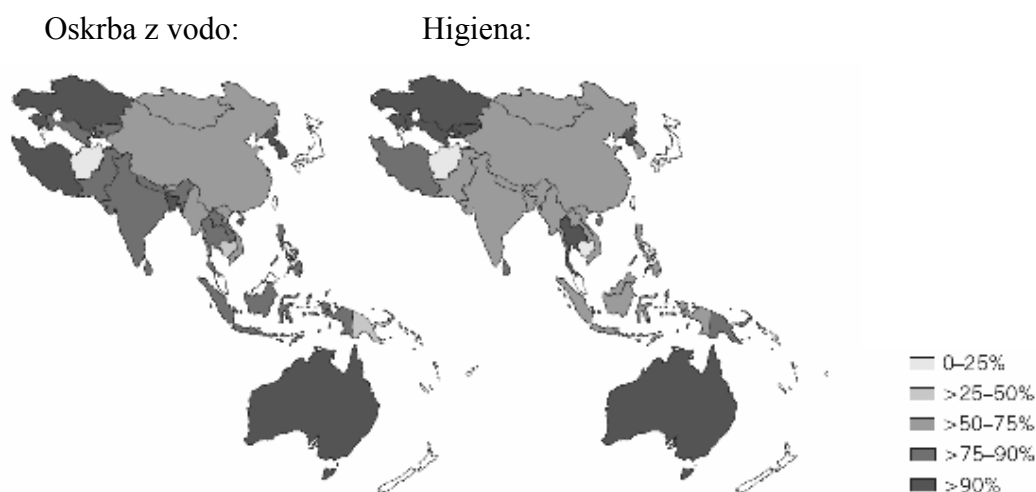
Slaba oskrba z vodo in higiena vodita do bolezni kot so kolera, diareja ter druge prebavne bolezni. Okoli 3 milijone ljudi letno umre v Afriki zaradi bolezni, ki jih povzroča slaba kvaliteta vode. Slaba oskrba z vodo in higiena vodita tudi onesnaženja površinskih voda in podtalnice, kar pišča posledice na rastlinah, živalih in ljudeh. Vlade držav Afrike poskušajo izboljšati situacijo z okoljskimi politikami, ki vključujejo ravnanje z odpadki in urbano planiranje ter z obvezno izdelavo poročil o vplivih na okolje za večje projekte.

Onesnaževanje voda je naraščajoč problem v večini pokrajin in s tem tudi omejevanje dostopa do varne pitne vode. Slaba kvaliteta vode pa ne povzroča le hidričnih bolezni, ampak zmanjšuje tudi produktivnost kmetijstva, kar pomeni, da je potrebno več hrane uvoziti. Slaba kvaliteta vode omejuje tudi ekonomske razvojne možnosti, kot je industrija in turizem. Takšna situacija je potencialno katastrofalna za afriške države v razvoju. Da bi se ubranile tega problema, je veliko držav uvedlo ali poostrilo standarde s področja voda in obnovilo objekte za čiščenje odpadnih voda.

Azija in Pacifik

Področje Azije in Pacifika prispeva okoli 36% svetovnega površinskega odtoka. Vendar pa sta pomanjkanje vode in onesnaževanje glavna problema in ta regija ima najmanjšo letno razpoložljivost sveže vode na državo.

Kitajska, Indija in Indonezija imajo največje vodne vire, več kot polovico celote v regiji. Kar nekaj držav, vključno z Bangladešom, Indijo, Pakistanom in Korejo, pa že trpi za pomanjkanjem vode v posameznih pokrajinah. Z večanjem populacije in porabe vode bo teh držav še več. Kmetijstvo je največji porabnik (86%), manjši delež porabi industrija (8%), gospodinjstva pa porabijo 6% [UNEP, 2002].



Slika 2: Pokritost s primerno oskrbo z vodo in higieno v Aziji in Pacifiku [UNEP, 2002].

Veliko držav nima zadostnih količin vode, da bi zadostila potrebam. Slaba je tudi pokritost s primerno oskrbo z vodo, kot kaže slika št. 2. S pomanjkanjem vode se slabša kakovost razpoložljive vode zaradi onesnaževanja in uničevanja okolja. Vladne politike in strategije se ukvarjajo s povečanjem oskrbe, vendar pa so v zadnjem času postale bolj pozorne na integralni pristop do upravljanja z vodnimi viri, s poudarjanjem na ukrepih kot so učinkovita raba vode, ohranjanje in zaščita vodnih virov, dogovori med ustanovami, obveščanje javnosti in sodelovanje med agencijami.

Skozi leta se je onesnaževanje voda pokazalo kot glavni problem. Med polutanti so patogeni, organske snovi, hranila, težke kovine in strupene kemikalije, sedimentni in suspendirani delci, soli in mulj. Južna Azija, pretežno Indija in jugovzhodna Azija se soočata z znatnimi problemi onesnaženja voda. Reke kot so Rumena reka, reka Ganges in Amu so na vrhu lestvice najbolj onesnaženih rek na svetu [UNEP, 2002]. V mestih držav v razvoju je večina vodnih teles močno onesnaženih z gospodinjskimi odplakami, industrijskimi izpusti, kemičnimi odpadki in raztopinami. Onesnaženje voda je vplivalo tudi na zdravje ljudi.

Na Pacifiških otokih je uporaba onesnažene vode za pitje in kuhanje privedla do zdravstvenih težav kot so diareja, hepatitis in občasni izbruhi kolere. Nezadostna oskrba z vodo in slaba higiena povzročata več kot 500 000 smrtnih žrtev otrok in dojenčkov letno v tej regiji. Od svetovne populacije, jih v Aziji večina živi brez dostopa do izboljšane oskrbe z vodo in higieno. V jugozahodnem Pacifiku je oskrba z vodo in higiena relativno dobra, z 93% prebivalstva z dostopom do boljše higiene in 88% prebivalstva z dostopom do izboljšane oskrbe z vodo. Ti procenti pa so visoki predvsem zaradi dobro oskrbljene populacije v Avstraliji. Le okoli 48% populacije Azije pa ima možnost ustrezne higiene, kar je manj od katerekoli druge regije na svetu. Situacija je slabša na ruralnih območjih, kjer ima ustrezno higieno le 31% ljudi, v primerjavi z 78% v urbanih območjih [UNEP, 2002]. V zadnjem desetletju je več držav začelo izpostavljati problem kvalitete vode. Akcije čiščenja rek, kanalov, jezer in ostalih vodnih teles, so postale zelo razširjene. Programi so bili pogosto uspešni v izboljšanju kvalitete vode in so sčasoma privedli do vzpostavljanja novih standardov za kvaliteto vode in predpisov o uporabi vode. Kvaliteta vode se je izboljšala na Kitajskem, Japonskem, v Koreji in Singapurju.

Evropa

V Evropi so vodni viri neenakomerno razporejeni. Letni odtok padavin znaša od 3000 mm na Norveškem do 100-400 mm po srednji Evropi in manj kot 25 mm v Španiji [UNEP, 2002]. Običajno se izkoriščajo površinski vodni viri, bolj kot podtalnico, ki je pogosto uporabljena le za javno oskrbo s pitno vodo. Onesnaževanje voda je resen problem po celi Evropi. Čeprav je bilo nekaj napredka v zmanjšanju onesnaževanja v zahodni Evropi, je situacija v osrednji in zahodni Evropi manj obetavna.



Slika 3: Vodni stres v Evropi (procent odvzema obnovljivih vodnih virov) [UNEP, 2002].

Od vseh obnovljivih vodnih virov se jih relativno malo izkorišča, kot je razvidno iz slike št. 3. Zahodna Evropa koristi povprečno 20 %, ta odstotek pa se giblje od manj kot 5% v severnih državah do več kot 40% v Belgiji, Nemčiji in Nizozemski. Rusija, z 9% svetovnih vodnih virov, koristi le 2% letno [UNEP, 2002]. Vendar pa se problemi količinekega zagotavljanja pojavljajo na območjih z manj padavinami in velikim številom prebivalstva in na večjih območjih z namakalnim sistemom kmetijstva, posebno v mediteranu in osrednji ter vzhodni Evropi.

V osrednjem delu zahodne Evrope je večina oskrbe z vodo namenjena za hlajenje v proizvodnji energije. Ta vode se vrne v obtok več ali manj nespremenjena in se lahko ponovno uporabi. V južnih državah zahodne Evrope, kjer so vodni viri manj bogati, kmetijstvo porablja veliko več od drugih sektorjev, okoli 80%, v primerjavi z 20% porabe v industriji in gospodinjstvih. 80% vode, ki se uporablja za namakanje, pa izlapi. Količina vode, ki se porablja za oskrbo s pitno vodo je v zahodni Evropi padla za 8-10% med leti 1985-1995 kot rezultat izboljšane učinkovitosti porabe vode v industriji in gospodinjstvih [UNEP, 2002]. Vendar pa se je poraba vode v kmetijstvu v južni Evropi znatno povečala, saj so se povečala območja namakanja.

Preobremenitev z organskimi snovmi, dušikom in fosforjemv 1970-ih in 80-ih je povzročala evtrofikacijo morij, jezer rek in podtalnice po celotni Evropi. Glavni izvor dušika so dnočila iz kmetijstva.

Večina fosforja prihaja iz gospodinjstev in industrije, v območjih z intenzivnim kmetijstvom v zahodni Evropi pa fosfor predstavlja kar 50% celotnega onesnaženja s fosforjem. Onesnaženje podtalnice je še eden resen problem, predvsem z nitrati in pesticidi iz kmetijstva. Vendar se izbruhi hidričnih bolezni v Evropi pojavljajo v manj kot 20% oskrbovane populacije in so zelo redki [UNEP, 2002]. Občasni hidrični izbruhi bolezni kot so želodčne in črevesne infekcije pa se pojavljajo po celotni Evropi, tudi v državah z visokim standardom oskrbe.

Obstaja veliko večstranskih in dvostranskih dogovorov za upravljanje z obmejnimi vodami, ki zavezujejo stranke k preprečevanju, kontroli in zmanjševanju onesnaževanja voda. Vključujejo tudi provizije za monitoring, raziskave in razvoj, posvetovanja, opozorila in alarmne sisteme, medsebojno pomoč, dogovore med institucijami ter izmenjavo in zaščito informacij, kot tudi dostop javnosti do teh informacij. Evropski parlament in Svet sta za trajnostno upravljanje voda v Evropski uniji sprejela Okvirno direktivo o vodah. Ključni cilji te direktive so:

- razširiti varstvo voda na vse vode: celinske in obalne površinske vode ter podzemno vodo,
- doseči »dobro stanje« vseh voda do leta 2015,
- v središču upravljanja voda morajo biti povodja,
- združiti mejne vrednosti emisij z okoljskimi standardi kakovosti,
- zagotoviti, da cene vode ustrezno spodbudijo uporabnike vode k učinkoviti rabi vodnih virov,
- poskrbeti za tesnejše sodelovanje državljanov in
- poenostaviti zakonodajo [Komisija Evropskih Skupnosti, 2007].

Latinska Amerika in Karibi

Področje Latinske Amerike in Karibov je bogato z obnovljivimi vodnimi viri z več kot 30% od celote na svetu. Vendar pa na treh hidrografskih območjih, ki pokrivajo 25% teritorija, živi 40% populacije in ta območja vsebujejo le 10% vodnih virov celotne regije.

Glavni problemi v tej regiji so:

- zmanjšanje razpoložljivosti vode zaradi rasti števila prebivalstva,
- širjenje mest,
- krčenje gozdov in klimatske sprememba,
- slabšanje kakovosti vode zaradi nečiščenja odpadkov,
- pretirana uporaba gnojil in pesticidov,
- industrijsko onesnaževanje (rudarstvo, proizvodnja energije) in
- zastareli pravni okvirji.

Razpoložljivost vode je zelo raznolika, pri tem je področje Južne Amerike najbolj bogato, kot kaže slika št. 4. Nekaj držav trpi za pomanjkanjem vode in izgubami vodne biodiverzitete in habitatov. Pri tem so nekateri Karibski otoki blizu ali na samem dnu nivoja pomanjkanja vode. Velike razlike se pojavljajo tudi znotraj držav. V Južni Ameriki so rezerve podtalnice velikega pomena in so ocenjene na 3 milijone km³. Mehika je zlasti odvisna od podtalnice, ki prispeva tretjino dobavljene vode in dve tretjini dobavljene pitne vode [UNEP, 2002].



Slika 4: Razpoložljivost vode v letu 2000 (merjeno v 1000 m³ na državo/leto) v Latinski Ameriki in Karibih [UNEP, 2002].

Kmetijstvo in industrija sta največja porabnika vode v tej regiji, sledi jima poraba v gospodinjstvih. Namakanje je panoga, ki se najhitreje širi in porablja velike količine vode. Odvzemi vode za namakanje se gibljejo med 56% celotnega odvzema na Karibih in 78% v Srednji Ameriki. Industrija prav tako porablja velike količine vode. V Južni Ameriki je ocenjen letni industrijski odvzem vode do 15 km³, od tega 80% pride iz Argentine in Brazilije [UNEP, 2002]. V porastu je tudi poraba v gospodinjstvih. Vendar je neenakopravnosti med porabniki, tudi v državah bogatih z vodo, velika. Veliko revnih ljudi v ruralnih kot tudi urbanih skupnostih nima dostopa do čiste vode, niti do ustrezne higiene. Opravljeni so bili poskusi izboljšanja oskrbe z bodo in higiene v mnogih urbanih območjih, z uvedbo tarif, ki določajo vrednost vode. Čeprav učinkovitost privatizacije in uporaba ekonomskih instrumentov (določanje cene vode) ostaja sporna točka, so nekatere države, kot je Jamajka, že začele uporabljati ekonomske instrumente.

Problemi onesnaženja voda v Latinski Ameriki in Kribih so postali resen problem leta 1970. Preteklih 30 let se je pokazalo znatno zmanjšanje kvalitete površinske vode in podtalnice [UNEP, 2002]. Kmetijstvo, izpusti odplak iz gospodinjstev in industrijske odplake so postali glavni vzroki onesnaženja. Pretirana uporaba gnojil je povečala rast alg in evtrofikacijo jezer, zajezene vode in obalnih lagun. Nečiščenje gospodinjstevskih odplak se sooča s problemom naraščajoče potrebe po pitni vodi v mestih, še posebno na področjih, kjer je voda v pomanjkanju. Še eden problem kakovosti vode, ki se pojavlja predvsem na Karibih, je zasoljevanje vode v obalnih predelih, zaradi prevelikega odjema. To postaja velik problem, saj potreba po vodi narašča pretežno zaradi turizma.

V večini držav se vodni viri upravljajo le v posameznih sektorjih, z malo povezovanji z ostalimi sektorji in uvajanji okoljskih meril. V zadnjem desetletju se trend nagiba k premiku oskrbe z vodo iz javnega v privatni sektor in decentralizacijo pravnih in administrativnih odgovornosti. Kot rezultat so zakoni in predpisi pogosto slabo uveljavljeni ali pa jih sploh ni.

Severna Amerika

Severna Amerika vsebuje okoli 13% obnovljivih svetovnih vodnih virov (vključno z ledeniki in ledenimi kapami). Večina vodnih virov (nezamrznjenih) je v podtalnici, katere onesnaževanje in nižanje vodne gladine je sedaj glavni problem. Do sredine 90-ih je podtalnica oskrbovala do 50% populacije in več kot 90% prebivalcev na podeželju. Veliko nevarnih snovi, ki se uporabljajo v industriji in kmetijstvu, pa sedaj ogroža kvaliteteo podtalnice. Kmetijstvo jo najbolj ogroža, saj je uporaba gnojil v preteklih 30-ih letih narasla iz 15 na 22,25 milijonov ton [UNEP, 2002]. Čeprav onesnaženje z dušikom redko preseže raven ogrožanja zdravja, je to dolgotrajen problem za ljudi, ki se zanašajo na vodo iz vodnjakov. Velik problem predstavlja tudi dolgoročna razpoložljivost podtalnice v aridnih kmetijskih regijah.

Povodje Velikih Jezer (Great Lakes) je največji vodni sistem na Zemlji in vsebuje 18% svetovne površinske pitne vode. Manj kot 1% vode letno pa se obnovi . Tekom let so jezera bila tema pogovorov glede vplivov na onesnaženje zaradi izpustov odplak in gnojil. Soočajo pa se še z enim okoljskim problemom v prihodnosti. Globalno segrevanje lahko povzroči

znižanje gladine jezer za 1 meter do sredine tega stoletja, kar bi povzročilo velike ekonomske, okoljske in socialne probleme. Pomanjkanje vode po celotni Severni Ameriki pa lahko poveča odjem velikih količin vode iz jezer, kar bi ogrozilo trajnostno rabo površinskih in podzemnih vodnih virov [UNEP, 2002].

Zahodna Azija

V nekaterih predelih zahodne Azije so letne padavine manj kot 100 mm, ni zanesljivih vodnih virov, razpoložljiva je predvsem podtalnica. Povečanje potreb po vodi zelo pritiska na te razpoložljive vire, največji vzrok velikih potreb po vodi pa je naraščajoče število prebivalcev. S tem se je povečala poraba v gospodinjstvih, ki pa se je v mnogih državah omejila z racionalnim razpolaganjem z vodo. Ponekod se voda dobavlja samo 12 ur na dan ali pa samo nekaj dni v tednu. Kmetijstvo je največji porabnik vode, ki prispeva 82 % celotne porabe, v primerjavi z 10% in 8% porabe v gospodinjstvih in industriji. Za doseganje potreb po vodi za namakanje, se je odvzem podtalnice dramatično povečal v zadnjih treh desetletjih.

Procent porabljene vode od razpoložljive je v zahodni Aziji več kot 100% v petih od sedmih držav. Intenzivno kmetijstvo in uporaba kemikalij v tej dejavnosti je prispevalo tudi k onesnaženju vodnih virov. Na primer, v Gazi koncentracija nitratov na pipi uporabnika presega smernice WHO (10 mg/l) in še vedno narašča (od 0,2 – 1,0 mg/l/leto). Prekomerna poraba podtalnice je povzročila znižanje gladine vode in poslabšanje kvalitete zaradi vdora morske vode. Kvaliteta kot kvantiteta vode sta glavna problema v večini držav. Onesnaženje je povzročilo tudi izbruhe hidričnih bolezni (še posebno diarejo), kar je povzročilo veliko smrtnost otrok v tej regiji [UNEP, 2002].

Zahodna Azija razvija politike za izboljšanje oskrbe z vodo in njeno zajemanje. Veliko držav je pričelo investirati v bolj učinkovite tehnologije namakanja, z manjšo porabo vode. Ponovna uporaba očiščene odpadne vode je prav tako pomemben ukrep, saj se lahko uporabi za potrebe namakanja in se tako zmanjša izpuste v okolje in ne ogroža zdravja ljudi. Vendar pa teh vodnih politik v veliko državah še vedno ni.

V zaključek lahko povemo, da se po celem svetu pojavljajo problemi pomanjkanja vode, predvsem pa kvalitete. Tako bo v prihodnje še posebej pomembna ponovna uporaba očiščene

odpadne vode v hitro rastočih mestih. Potrebno bo preučiti različne rešitve in možnosti ponovne uporabe. Nujne so raziskave in v ta namen postavljene testne čistilne naprave z različnimi tehnologijami. Potrebno pa je tudi medsebojno povezovanje in sodelovanje držav sveta v razvijanju okoljskih politik in strategij.

2.2 Oskrba z vodo v Sloveniji

Slovenija je dežela, ki je zelo bogata z vodo, podobno kot ostale države v vplivnem območju Alp. Zato pri nas količinsko zagotavljanje ni problem, težave nastopijo pri zagotavljanju kakovosti pitne vode. Velik del pitne vode pri nas pridobivamo s črpanjem podzemne vode, majhen delež pa z zajemom površinskih voda. Eden glavnih vzrokov za zajemanje pitne vode iz podtalnice je njena dosegljivost, ki izhaja iz dobrih geoloških razmer. V Sloveniji prevladujejo karbonatne kamnine, tako je pri nas kar 44% kraških površin, kar pomeni, da je večina vodnih virov kraškega značaja [Rismal, 1995]. V povprečju pri nas pade 1567 mm padavin, od tega se jih z evapotranspiracijo v ozračje vrne 40%.

Povprečni letni odtok vode znaša okoli $580 \text{ m}^3/\text{s}$, kar ustreza specifičnemu odtoku 29 l/s/km^2 (v Svetu in Evropi je ta odtok 10 l/s/km^2) [Brenčič, Kranjc, Prestor, 2005].

Celotne dinamične zaloge podzemne vode od nizkih vodah znašajo za Slovenijo $49,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Po novejših klasifikacijah te zaloge opredelimo kot razpoložljive zaloge podzemne vode. Zaloge podzemnih vod glede na tip zaloge so podane v preglednici št. 1. V medzrnskih vodonosnikih velikih rečnih dolin in kotlin znašajo dinamične zaloge $18,3 \text{ m}^3/\text{s}$, v vodonosnikih s kombinirano poroznostjo $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, največ dinamičnih zalog pa je v kraških vodonosnikih, kar $31 \text{ m}^3/\text{s}$. Te zaloge pa so dokaj neenakomerno razporejene. Največje zaloge so v povodju Save, to ustreza pretoku $33 \text{ m}^3/\text{s}$, sledita porečji Drave in Mure z $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$, Soča z $5,1 \text{ m}^3/\text{s}$, obalno kraška regija z $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in Kolpa z $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ [Brenčič, Kranjc, Prestor, 2005].

Preglednica 1: Zaloge podzemne vode v Sloveniji.

Vrste zalog podzemne vode	Vse podzemne vode [m³/s]	Podzemne vode v medzrnskih vodonosnikih [m³/s]	Podzemne vode v razpoklinskih vodonosnikih [m³/s]
Zajete zaloge	10,6	4,7	5,9
Potencialne zaloge	38,8	13,8	25,0
Razpoložljive zaloge	49,6	18,9	23,8
Celotne zaloge	55,2	20,6	34,6

Poraba vode se je tekom let zelo spreminjala. V začetku 80-ih prejšnjega stoletja je bila poraba vode največja predvsem v industriji. V začetku 90-ih pa je poraba vode v gospodarskih dejavnostih začela zaostajati za skupno porabo v gospodinjstvih. V letu 2003 je poraba vode v gospodinjstvih presegala porabo vode v gospodarstvu za faktor 2,5 [Brenčič, Kranjc, Prestor, 2005]. Poraba vode na prebivalca v gospodinjstvu pa še narašča. Medtem pa gospodarstvo ravna z vodo vedno bolj racionalno. In ravno upadanje porabe vode v industriji ima za posledico upadanje celotne porabe na prebivalca.

Kakovost pitne vode v Sloveniji se nadzira na dveh nivojih. Enega izvaja upravljavec vodovodnega sistema in se imenuje Notranji nadzor. Ta nadzor se izvaja po določenih Pravilnika o pitni vodi in v okviru sistema kakovosti HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) in obsega operativni nadzor in laboratorijsko preskušanje vzorcev pitne vode. Drug nadzor zagotavlja država (Ministrstvo za zdravje) in ga imenujemo monitoring oziroma spremljanje. Izvaja se po vnaprej pripravljenem letnem programu, ki ga potrdi minister za zdravje. Je oblika nadzora oziroma preverjanja ali pitna voda izpolnjuje zahteve Pravilnika o pitni vodi, zlasti zahteve za mejne vrednosti parametrov (skladnost). Monitoring obsega redna in občasna preskušanja vzorcev pitne vode. Iz rezultatov preskušanj je razvidno, da v Sloveniji obstajajo velike razlike v kakovosti pitne vode. Pri mikrobioloških preskusih, kjer gre predvsem za iskanje fekalne kontaminacije, so razlike povezane z velikostjo sistemov. Veliko je malih sistemov, pri katerih je delež neskladnih vzorcev skoraj 50%, vendar pa ti sistemi oskrbujejo le približno 10% prebivalcev. Pri velikih sistemih je delež neskladnih vzorcev 10%, oskrbujejo pa 50% prebivalstva [Petrovič, Gale, 2005].

Preglednica 2: Število odvzetih vzorcev ter število in delež neskladnih vzorcev pitne vode, skupaj za redna in občasna mikrobiološka in kemijska preskušanja.

VELIKOST Oskrbovalnega Območja (OO)	ŠTEVILO OO	PREBIVALCI OO		REDNA IN OBČASNA PRESKUŠANJA						
				VSI ODVZETI VZROCI	NESKLADNI VZORCI ¹⁾					
					MIKROBIO- LOŠKI		KEMIJSKI ¹⁾		MIKROBIO- LOŠKI + KEMIJSKI ¹⁾	
					število	% ²⁾	število	% ²⁾	število	% ²⁾
49 <Nu< 501	692	115467	6,3	721	358	49,7	61	8,5	373	51,7
500 <Nu< 1001	90	63881	3,5	447	132	29,5	23	5,1	148	33,1
1000 <Nu< 5001	111	252175	13,7	555	107	19,3	33	5,9	130	23,4
5000 <Nu< 10001	32	229876	12,5	448	58	12,9	25	5,6	79	17,6
10000 <Nu< 20001	23	323988	17,6	437	40	9,2	21	4,8	56	12,8
20000 <Nu< 50001	15	431688	23,4	419	29	6,9	30	7,2	58	13,8
50000<Nu<100001	4	292000	15,8	216	23	10,6	1	0,5	24	11,1
100000 < Nu	1	137000	7,4	72	3	4,2	-	-	3	4,2
SKUPAJ	968	1846075	100	3315	750	22,6	194	5,9	871	26,3
MALI (50-1000)	782	179348	9,8	1168	490	42,0	84	7,2	521	44,6
SREDNJI (1001-10.000)	143	482051	26,3	1003	165	16,5	58	5,8	209	20,8
VELIKI (> 10.000)	43	1184676	64,6	1144	95	8,3	52	4,5	141	12,3
SKUPAJ	968	1846075	100	3315	750	22,6	194	5,9	871	26,3

¹⁾ Terenske meritve niso vključene

²⁾ Delež v % je računano na število odvzetih vzorcev

Iz preglednice št. 2 je razvidno, da je v Sloveniji še vedno primarni problem mikrobiološka kakovost vode v 22,6% vzorcev, medtem ko je kemijska kakovost problematična samo v 5,9% vzorcev. Vidimo tudi, da so ogroženi predvsem manjši sistemi, zato bi bilo smotno, da se vodooskrba naslovi na večje sisteme, ki jih je lažje upravljati in kontrolirati. V teh večjih sistemih pa bi bilo potrebno zagotoviti dodatne količine vode [Kompare, 2005].

3 OSKRBA S PITNO VODO V ŠALEŠKI DOLINI

3.1 Komunalno podjetje Velenje, d.o.o.

Komunalno podjetje (KP) Velenje, d.o.o. je po “Odloku o določitvi gospodarskih javnih služb v Občini Velenje” in po “Statutu Komunalnega podjetja Velenje, d.o.o.” zadolženo za izvajanje lokalnih gospodarskih javnih služb. Izvajanje gospodarskih javnih služb pa poteka na območju treh občin in sicer v Mestni Občini Velenje, Občini Šoštanj in Občini Šmartno ob Paki, ki so ustanoviteljice in lastnice podjetja. S “Pogodbo o uporabi in upravljanju komunalne infrastrukture” so te tri občine Komunalnemu podjetju Velenje prenesle v upravljanje vso komunalno infrastrukturo. Sem spadajo objekti s pripadajočimi zemljišči, oprema, omrežja in naprave. Upravljanje pa obsega vzdrževanje, obnovo in posodobitve te komunalne infrastrukture.

3.1.1 Zgodovina nastanka podjetja

Vse se je začelo z oskrbo s pitno vodo, saj je bil prvi javni vodovod v Šoštanju zgrajen že daljnega leta 1930, v Velenju pa so z organizirano oskrbo z vodo pričeli po II. svetovni vojni. Danes je vodooskrbni sistem, ki ga upravlja KP Velenje, po velikosti tretji oziroma četrti v Sloveniji. Vzporedno z napredkom industrije, pa so se po drugi svetovni vojni pričele razvijati tudi ostale komunalne dejavnosti.

Leta 1961 so se vse komunalne dejavnosti v takratni občini Šoštanj združile v eno podjetje, Komunalno podjetje Velenje–Šoštanj. To podjetje je vzdrževalo občinske ceste, javni vodovod, kanalizacijo, javno snago, razsvetljava, parke in nasade ter vzdrževalo in upravljajo pokopališča.

Kanalizacijski sistem je bil v predvojnem obdobju zgrajen le na območju Šoštanja, z gradnjo mesta Velenje, pa je razvoj kanalizacije postal intenzivnejši. Leta 1991 je bila dokončana I. faza gradnje centralne čistilne naprave za odpadno vodo v Šoštanju, ki pa je bila v letu 2006 popolnoma obnovljena in posodobljena ter nadgrajena z biološkim delom čiščenja.

V osemdesetih letih so pričeli z organiziranim zbiranjem in odlaganjem odpadkov. Najprej so se odpadki odlagali na poljubna mesta, nato pa je bilo zgrajeno novo odlagališče odpadkov, ki je eno izmed redkih z uporabnim dovoljenjem. Na deponiji se izvaja kontrola pripeljanih količin in kakovosti odpadkov, ki se nato kompaktirajo in dnevno prekrivajo z zemljo, deponijski plin pa se zbira preko jaškov in sežiga.

Ena izmed komunalnih dejavnosti, ki jih izvaja KP Velenje, je tudi pogrebna služba, katere pričetki segajo v leto 1961. KP Velenje ima v upravljanju pokopališče Škale in pokopališče Podkraj, ki je bilo zgrajeno leta 1968 in je skupno pokopališče za Velenje in Šoštanj.

Druga večja dejavnost, v primerjavi z oskrbo z vodo, je daljinska oskrba s toplotno energijo (v zadnjih letih tudi oskrba z zemeljskim plinom). Leto 1959 velja za začetek toplovodnega ogrevanja, ne samo pri nas, ampak tudi na področju tedanje skupne države–SFR Jugoslavije. Najprej se je toplotna energija proizvajala v Termoelektrarni (TE) Velenje. V kurilni sezoni 1971/72 pa se je mestni toplovodni sistem priključil na TE Šoštanj, hkrati pa je prenehala delovati izrabljena TE Velenje.

Tekom dolgoletnih reorganizacij, združitvev in sprememb v sestavi, pa se je leta 1998 v sodni register Okrožnega sodišča v Celju vpisalo Komunalno podjetje Velenje, d.o.o., kot ga poznamo še danes [Benčič, 2006].

3.1.2 Organizacijske enote

KP Velenje sestavljajo tri organizacijske enote:

- Poslovna enota (PE) Vodovod–Kanalizacija,
- PE Energetika in
- Strokovne službe.

Vsaka PE je sestavljen iz več dejavnosti.

Delovanje PE Vodovod – oskrba z vodo je podrobneje opisano v nadaljevanju.

Drugi del PE Vodovod - Kanalizacija je izvajanje dejavnosti odvajanja in čiščenja voda, kot tudi odvajanje odplak. Kanalizacijski sistem zbira in odvaja komunalne odpadne vode, sanitarne odplake iz industrije, izcedno vodo iz deponije in meteorne vode. Posodobljena centralna čistilna naprava za odpadne vode sedaj omogoča bolj kvalitetno čiščenje in s tem dvig kakovosti reke Pake.

PE Energetika oskrbuje s toplotno energijo in zemeljskim plinom 90% prebivalcev Šaleške doline in celotno industrijo. Glavni cilj te poslovne enote je dobava in distribucija toplotnih virov in razširitev plinovodnega omrežja.

Strokovne službe pa poleg administrativnih storitev zagotavljajo tudi strokovno podporo pri izvedbi tehničnih in tehnoloških rešitev. V strokovnih službah so organizirane naslednje organizacijske enote:

- Splošno–kadrovski sektor,
- Finančno–računovodska služba,
- Služba za investicijski inženiring,
- Prodajno–nabavna služba,
- Služba za varnost in zdravje pri delu,
- Pogrebno–pokopališka dejavnost,
- Kemijsko–biološka tehnologija,
- Služba informatike, ki je sestavljena iz računalniške obdelave podatkov in tehnične baze podatkov.

3.1.3 Oskrba s pitno vodo

PE Vodovod oskrbuje naselja s pitno vodo na območju vseh treh občin. Skrbi za obnavljanje, ohranjanje in razširitev vodooskrbnih sistemov. Druge naloge so še izbira in zaščita vodnih virov, odčitavanje merilnih naprav ter kontrola in vzdrževanje objektov in naprav. V dejavnost oskrbe z vodo spada predvsem pravilna izbira ustreznih vodnih virov, obdelava in dezinfekcija vode ter kvalitetna distribucija. Osnovno težo predstavljajo potenciali razpoložljivih virov, ki bodo zagotavljali oskrbo s pitno vodo v sušnem obdobju in priključitev novih porabnikov.

Prav tako je potrebno zagotoviti ustrezne pogoje dela, delovna sredstva in kadre za potrebe upravljanja z vodooskrbnimi sistemi, kar si na PE Vodovod tudi prizadevajo uresničiti.

Skupaj je v treh občinah z vodo oskrbovanih okoli 43 000 oziroma 98% vseh prebivalcev. Pomembni industrijski odjemalci pa so: TE Šoštanj, Premogovnik Velenje in Gorenje Velenje. Drugi pomembni podatki so prikazani v preglednici št. 3.

Preglednica 3: Fizični kazalci vodooskrbnega sistema za leto 2001.

Leto	2001
Skupna dolžina cevovodov v m	527 562
Št. vodohramov	64
Skupni volumen v m ³	12 496
Št. črpališč	47
Skupna moč črpalk v kW	828
Skupna črpalna zmogljivost v l/s	493
Št. zajetij in vrtin	29
min. izdatnost v l/s	216
max. izdatnost v l/s	632
sre. izdatnost v l/s	398
Št. hidrantov	645
Št. razbremenilnikov	16
Št. reduciranih postaj	84
Velikost varstvenih pasov v ha	2 142
Št. oskrbovanih prebivalcev	43 400
Št. vodovodnih priključkov	6 125

Največji vodovodni sistem predstavlja sistem Velenje – Šoštanj. Vodni viri v upravljanju KP Velenje imajo urejene vodovarstvene pasove, vodovodni sistem pa obratuje v skladu s Pravilnikom o zdravstveni ustreznosti pitne vode (UL RS, št.:46/1997, 54/98, 7/2000). Kvaliteto vodnih virov, priprave in distribucijo pa redno spremlja ZZV Celje.

3.2 Izvir Ljubija

Izvir Ljubija je izvir istoimenske rečice Ljubija, ki se kmalu nad izviro na severovzhodnem robu planote Golte steka s Kramarico in skupno tečeta proti Mozirju in v Savinjo. Izvir se nahaja na strmem osojnim pobočju na nadmorski višini okoli 720 m in je odprtega tipa. Voda se pojavlja iz tolmana, ki je zasut s podornim skalovjem. 100 m nižje od izvira se voda zajema v zajetju. Le-to je bilo izgrajeno leta 1983. Izvir Ljubija (glej sliko 5) je najizdatnejši izvir v upravljanju Komunalnega podjetja Velenje in ima od 60 do prek 1 000 l/s vode. Kraški tip vodonosnika z močno zakraselim zaledjem pogojuje obsežne vodovarstvene cone. Voda iz izvira se čisti in dezinficira na Čistilni napravi Grmov vrh.



Slika 5: Izvir Ljubije [KP Velenje, 2007].

3.2.1 Geološka zgradba izvira

Padavinsko zaledje izvira Ljubije seže na območje Golške planote. Golško planoto gradijo kamnine Smrekovške sinklinale, ki se v globalni geološki zgradbi prišteva h geotonski enoti Savinjskih Alp. Osrednji del Golške planote gradijo masivni in debelo skaloviti apnenci

srednjega in zgodnejga triasa, ki nepravilno, po vertikali in horizontali, prehajajo v leče dolomita. Apnenci Golške planote so močno zakraseli.

V apnencih in dolomitih nastopa vodonosnik v katerem v zgornjem delu prevladuje kraška in v spodnjem delu kraškorazpoklinska poroznost. Apnenec je glede na vse druge kamenine izrazit kolektor in prevodnik podzemne vode, druge triasne kamnine so manj prepustni razpoklinski vodonosniki ali celo izolatorji. V dolini Kramarice in na severozahodnih pobočjih Golške planote izdanjajo spodnji triasni laporji, peščeni skrilavci, skrilavi laporji in ploščati apnenci. Ta geološka serija je v smeri na plastovitost za vodo praktično nepropustna. Vodonosni horizonti slabe transmisivnosti in izdatnosti lahko nastopajo le v razpokanih conah ploščatih apnencev in peščenjakov. V sušnih obdobjih ti horizonti pogosto presušijo. Na desnem bregu Ljubije, pod Šmihelom in na severnem pobočju Golške planote, pod Ojstrim vrhom in Praprotno Drago izdanjajo masivni dolomiti srednjega triasa. V dolomitih nastopa razpoklinski vodonosnik, ki ob primerno velikem padavinskem zaledju lahko zagotavlja zelo kvalitetno vodooskrbo. V vodonosnikih z razpoklinsko poroznostjo se podtalnica zelo počasi pretaka, kar skupaj z veliko površino prelomnih ploskev omogoča veliko samočistilno sposobnost teh vodonosnikov. Južna in severna pobočja Golške planote gradijo oligocentrični andezitni tufi in tufiti, ki so v globini nepropustni, v pripovršinskih razpokanih conah in v razpokanih conah ob prelomnicah pa lahko nastopajo vodonosni horizonti zelo različne transmisivnosti in izdatnosti [KBT-KP Velenje, 2004].

3.2.2 Vodovarstvene cone

So določene. Skupno zaledje izvira Ljubije meri vsaj 9 km². Padavinsko zaledje znaša okoli 8 km². Neposredna zaščita zajema ob samem zajetju ograjen prostor v izmeri 100-150 m. Prva vodovarstvena cona zajema območje Ljubijskega grabna med Brloškimi in Konečkimi pečinami in seže do ravnice pod Leskovškovo kmetijo, kjer pod apneno pečino ponikuje del potokov s pobočij pod Vranjim, Črnim in Mršnim vrhom. V prvo vodovarstveno cono je uvrščeno tudi območje Zaloke, saj voda, ki ponikuje na tem področju izdanja v izviru Ljubije. Druga vodovarstvena cona seže na samo Golško planoto do Smrekovca. Tretja vodovarstvena cona seže od Ljubijskega grabna do Mršnega, Črnega in Vranjega vrha in do Kalskega grebena [KBT- KP Velenje, 2004].

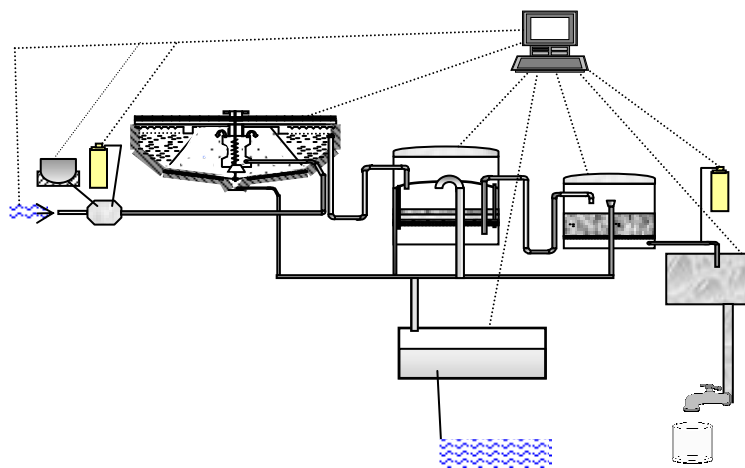
3.3 Priprava pitne vode na čistilni napravi Grmov vrh

3.3.1 Obstoječe stanje

Čistilna naprava (ČN) Grmov vrh s nahaja v Belih Vodah nad Šoštanjem. Na njej se čisti voda iz zajetja Ljubija in ima kapaciteto 180 l/s. Čiščenje vode, ki vsebuje več ali manj suspendiranih snovi (odvisno od vremenskih razmer), poteka po naslednjih postopkih:

1. dodajanje koagulacijskih sredstev,
2. predkloriranje,
3. usedanje delcev v usedalniku,
4. filtriranje skozi dva hitra peščeno–hidroantracitna filtra,
5. dekloriranje in adsorpcija skozi dva deklorinatorja z aktivnim ogljem,
6. preventivno kloriranje.

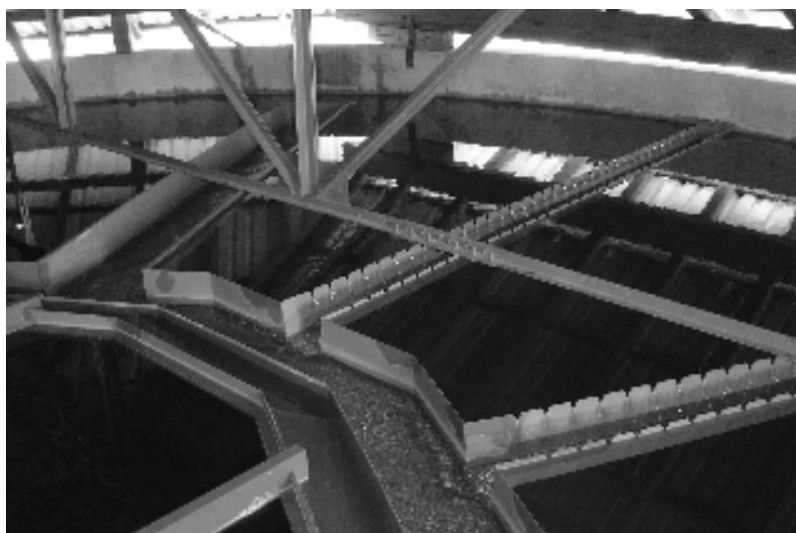
Voda se iz enega v drug objekt pretaka gravitacijsko. Po končanem čiščenju odteka v 500 m³ velik vodohran (VH), od tam pa v omrežje. Shema delovanja ČN je prikazana na sliki št. 6.



Slika 6: Shema delovanja čistilne naprave Grmov vrh [KBT-KP Velenje, 2004].

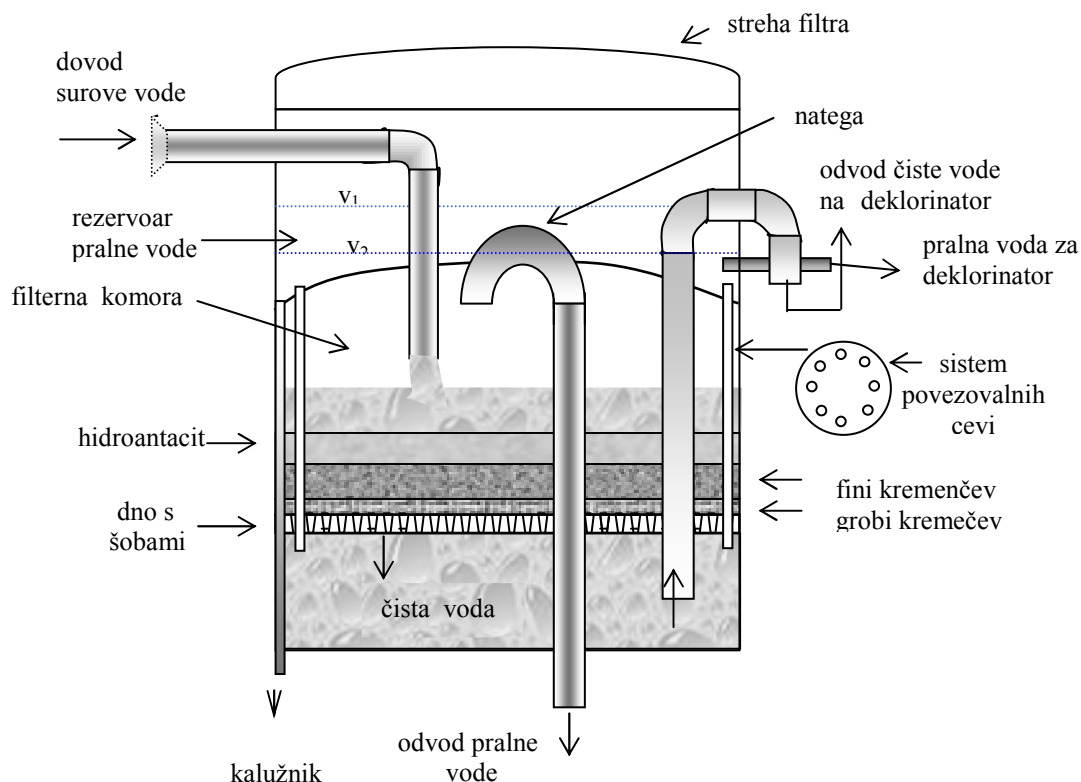
Glede na motnost surove vode se v mešalno – reakcijski komori dodajata koagulant (aluminijev sulfat) in plinski klor (dezinfekcija). Čas zadrževanja vode v mešalni komori je 5 – 10 sekund. Plinski klor se dodaja v vrednostih od 0,8 – 1,2 mg/l oziroma tako, da je količina prostega klora v vodi za filtri vsaj 0,3 mg/l. Voda iz mešalne komore teče v usedalnik.

Sedimentacija poteka v okroglem usedalniku premera 18 m. Usedle flokule se odstranijo s pomočjo dveh radialno nameščenih talnih strgal v odvodni kanal pralnih vod. Voda, očiščena do 90% mehanskih nečistoč, se dviga proti površini in preliva preko 12 žarkasto nameščenih odvzmenih žlebov v krožno korito, kot je razvidno iz slike št 7. Postopek traja 60 minut.



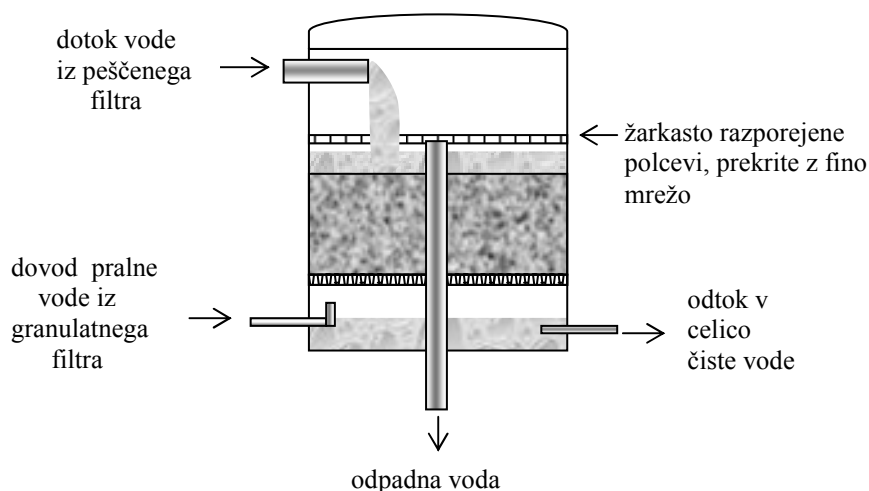
Slika 7: Prelivanje vode preko žlebov v usedalniku.

Iz krožnega korita teče voda na peščeni filter (glej sliko št. 8), kjer se pri pretoku od zgoraj navzdol, odstranijo še preostale nečistoče. Peščena filtra sta dva in delujeta vzporedno, s premerom 8 m in višino 6,5 m. Skupna površina filtrov je 100,5 m², hidravlična obremenitev pa $v_0 = 3,4$ m/h, s povprečnim odjemom 95 l/s.



Slika 8: Hitri peščen filter [KBT-KP Velenje, 2004].

Iz peščenih filtrov teče voda na dva filtra z aktivnim ogljem – deklorinatorja (glej sliko št. 9). Filtra imata premer 6 m, visoka pa sta 4 m. Skupna površina filtrov je $56,5 \text{ m}^2$, hidravlična obremenitev pa $v_0 = 6,1 \text{ m/h}$. Zadrževalni čas v filtru znaša 5 minut.



Slika 9: Filter z aktivnim ogljem [KBT-KP Velenje, 2004].

Pred vstopom v zbiralnik se izvaja ponovno kloriranje, na podlagi meritev prostega klora v vodi. Vodi se dodaja preventivne doze klora od 0,2 – 0,6 mg/l, povprečno 0,25 mg/l.

Na lokaciji ČN je zgrajena upravna stavba dimenzij 10 x 14 m. Celotno ograjeno območje pa obsega 2 950 m².

Obstoječi tehnološki postopek je klasična čistilna naprava za površinsko vodo, ki je dolgo dobro služila svojemu namenu in je zaradi starosti in čedalje strožjih predpisov potrebna rekonstrukcije. Usedalnik je še vedno v dobrem stanju, potrebno je le preveriti zgornjo betonsko plast in zamenjati mehanska strgala za pobiranje mulja. Peščena filtra sta dotrajana in potrebna zamenjave. Obstoječi VH je premajhen, saj zaradi konic v porabi nivo vode večkrat pade pod nivo čistilne naprave. Zaradi tega ni možno zagotavljati stabilne hidrostatične linije magistralnega cevovoda Velenje – Šoštanj, po drugi strani pa ČN ne more delovati v optimalnih pogojih, saj se mora nenehno prilagajati trenutnim količinskim zahtevam po pitni vodi.

3.3.2 Analiza vzorcev surove in obdelane vode

Študiji so priložene reprezentativne (biološke in fizikalno – kemične) analize vzorcev surove in obdelane vode.

Pred vstopom v usedalnik na čistilni napravi Grmov vrh se redno izvajajo meritve motnosti, pretoka, prevodnosti in pH vrednosti. Vzorci odvzete vode pa se redno preskušajo v laboratoriju KP Velenje.

Voda je neobarvana, sprejemljivega okusa in vonja ter brez vidnih nečistoč. Občasno so prisotni amonij, nitrat, nitrit, kloridi in aluminij. Neskladnost fizikalno – kemijskih vzorcev pred vstopom v ČN povzroča predvsem motnost, ki zelo variira. Ob močnejših nalivih preseže tudi vrednost 100 NTU.

Mikrobiološka neskladnost v surovi vodi se pojavlja ob nalivih in jo povzročajo predvsem *E. Coli*, *Koliformne bakterije*, občasno pa se pojavljajo *Enterokoki*. Karakteristike surove vode prikazuje preglednica št. 4. Obdelana voda dosega zahteve predpisov.

Preglednica 4: Karakteristike surove vode.

Karakteristika	Vrednost
Pretok vode	3 000 000 m ³ /leto
Št. obratovalnih ur	24 h/dan
Tlak surove vode	5,0 bar
Cevovod surove vode	DN 400
Povprečna motnost	2 NTU
max motnost	100 NTU
el. prevodnost (povp.)	185 μS/cm
pH (povp.)	8,24
Povprečna temperatura	4 – 14°C
<i>Koliformne bakterije</i>	>18/100 ml
<i>E. Coli</i>	18/100 ml
Skupno št. bakterij	>300/100 ml

Možni vzroki onesnaženja

Vodni vir Ljubija je tipičen površinski vodni vir. Zato se na tem viru pojavljajo obdobja večje ali manjše motnosti, v odvisnosti od vremenskih razmer in letnega časa. Za te vire je značilna prisotnost mikro – in makroorganizmov ter hitre spremembe lastnosti vode. V vodi se pojavljajo *E. Coli*, *Koliformne bakterije*, *Enterokoki* in *Purfringens* s sporami. V vodovarstvenih pasovih se izvaja tudi reja domačih živali, shranjuje in uporablja gnoj in gnojevka. Zaradi omenjenih dejavnikov je voda iz tega vodnega vira lahko potencialni vir parazitov in virusov.

4 TEHNOLOGIJE PRIPRAVE PITNE VODE

To poglavje je namenjeno opisu postopkov čiščenja pitne vode, ki jih predlagam pri sanaciji ČN Grmov vrh. Na koncu vsakega podpoglavja so opisani tudi postopki dimenzioniranja za prvo predlagano rešitev – Varianta ČN1 (glej poglavje 6.1.1).

4.1 Koagulacija in flokulacija

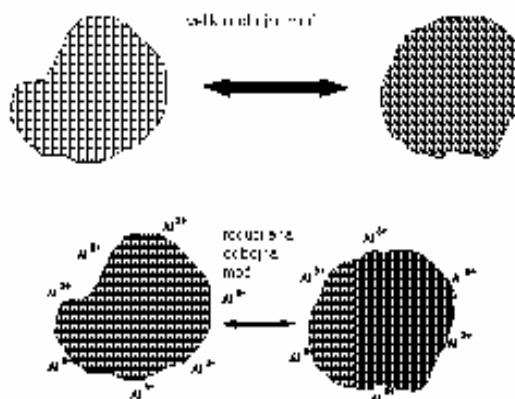
4.1.1 Teoretične osnove

Koagulacija in flokulacija sta bistvena procesa pri čiščenju večine površinskih voda. Z njima se iz vode odstranjujejo motnost, obarvanost, ciste in oociste, bakterije, virusi in veliko drugih organskih snovi naravnega in industrijskega izvora [Twort, Ratanayaka, Brandt, 2000]. Koagulacija je proces, pri katerem se z dodajanjem kemikalij spremeni električni naboj suspendiranih oziroma raztopljenih snovi. Tako dosežemo nevtralizacijo električnega naboja in spremembo topnosti snovi. Nevtralizirani delci se nato združijo in temu združevanju, ki sledi koagulaciji, pravimo flokulacija.

Proces koagulacije steče v treh fazah:

1. priprava in doziranje koagulantov;
2. mešanje vode, da se ustvari potrební kontakt;
3. izguba naboja (električna nevtralizacija) ali sprememba topnosti (obarjanje) in zlepljanje (koagulacija) prej prostih koloidnih delcev.

Vpliv dodanega koagulantov na zmanjšanje naboja prikazuje slika št. 10.



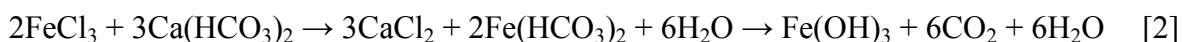
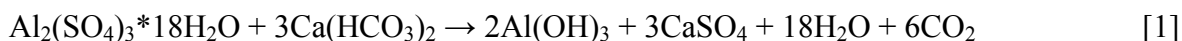
Slika 10: Vpliv dodanega koagulant na zmanjšanje odbojne sile med delci [KBT-KP
Velenje, 2004].

Učinek kemičnega čiščenja vode je odvisen od natančnosti priprave kemikalij in doziranja letih v procesu čiščenja. Naprave za doziranje raztopine morajo imeti tolikšno velikost in kapaciteto, da zagotavljajo potrebno količino kemikalij tudi ob največjih količinah čiščene vode (maksimalna poraba vode v letu). Zagotoviti je potrebno tolikšne skladiščne prostore za kemikalije, da zadoščajo najmanj za 1 dnevno rezervo, običajno pa precej več. Velikost skladiščnih prostorov (silosov) mora biti prilagojena dobavljivosti kemikalij. Ker so mnoge kemikalije, ki se uporabljajo za koagulacijo, korozivne, je potrebno graditi silose in opremo za doziranje iz korozijsko odpornih materialov [Rismal, 1995].

Najbolj uporabljani koagulant so sulfatne ali kloridne soli, ki vsebujejo kovinske ione Al^{3+} ali Fe^{3+} . Učinkovitost dodanih koagulantov je toliko večja, kolikor večja je valentnost ionov. Delovanje dvovalentnih ionov je okoli 30x, trovalentnih pa okoli 1000x večje od enovalentnih ionov.

Aluminijev sulfat $Al_2(SO_4)_3$, ki se v alkalni vodi veže v aluminijev hidroksid $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, je najpogosteje uporabljen koagulant. Uporablja se za zmanjševanje obarvanosti in motnosti in deluje v območju pH vrednosti od 4-7. drugi najpogosteje

uporabljeni koagulant pa je železov klorid FeCl_3 . največ se uporablja za pospeševanje sedimentacije odplak in za povečanje filtracijske spodobnosti izločenega blata [Rismal, 1995]. Z alkaliteto vode ta dva koagulanta tvorita naslednje reakcije:



Iz enačb [1] in [2] je razvidno, da pri reagiranju aluminijevega sulfata oz. železovega klorida z raztopljenim kalcijem v obliki hidrogenkarbonata, nastajajo težkotpne flokule aluminijevega (III) oz. železovega (III) hidroksida.

Pri stiku koloidnih in suspendiranih delcev s kovinskimi kationi (Al^{3+} , Fe^{3+}) tako pride do nastanka flokul. Flokulacija se dosega z blagim mešanjem vode, nastale flokule pa odstranimo iz vode s sedimentacijo, flotacijo in filtracijo.

Proces koagulacije in flokulacije je odvisen od različnih faktorjev:

- električna nabitost koloidnih delcev, ki je odvisna od pH in količine ionov v vodi,
- vrsta suspendiranih koloidnih snovi,
- pH vode,
- koncentracija različnih ionov v vodi,
- temperatura vode,
- gradient hitrosti vode po dodatku koagulanta,
- velikost koloidnih delcev,
- kontaktni čas,
- tip, koncentracija in natančnost priprave koagulanta in flokulanta.

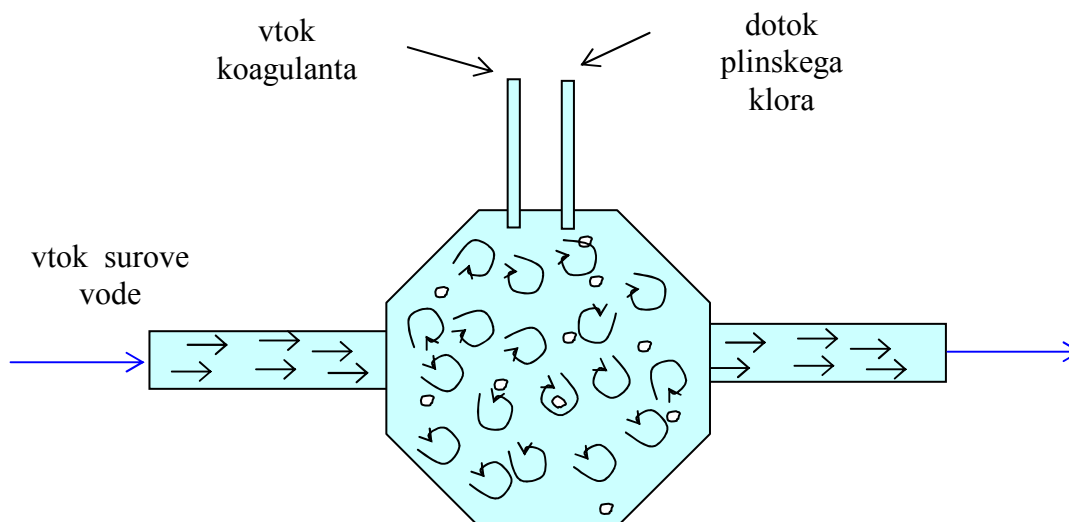
Koagulaciji s flokulacijo po navadi sledi sedimentacija v usedalniku in/ali filtracija na peščenih filtrih ali membranska filtracija. Po procesu koagulacije in flokulacije se izvajajo meritve kakovosti vode, da se ugotovi uspešnost postopka in kontrolira količina potrebnega koagulanta. Potrebna količina koagulanta se s časom neprestano spreminja zaradi spreminjanja kvalitete in fizikalnih lastnosti surove vode. Zelo pomembno je natanko določiti

proces doziranja in mešanja. Potrebno je opravljati neprekinjene meritve suspendiranih snovi v surovi vodi, predvsem naravno organsko materijo (NOM – angl.: Natural Organic Matter) in na podlagi meritev določati potrebno dozo koagulanta [Letterman, Amirtarajah, O'Melia, 1999]. Nepopolna koagulacija in/ali flokulacija pa sta lahko vzrok za izbruhe hidričnih obolenj.

4.1.2 Dimenzioniranje

Na ČN Grmov vrh se koagulant (aluminijev sulfat) dodaja v mešalno – reakcijski komori. Zadrževalni čas vode je zelo kratek, od 5 do 10 sekund. V tem času poteče reakcija vzajemnega delovanja koagulacijskega sredstva s snovmi, ki povzročajo motnost v surovi vodi.

Mešalna komora omogoča hitro in enakomerno mešanje dodanih kemikalij po celotnem volumni, da pride do intenzivnega stika vseh delcev (glej sliko št. 11). V komori se izvaja tudi avtomatsko stopenjsko predkloriranje, ki ga v varianti obnove zamenja klorov dioksid ClO_2 .



Slika 11: Mešalna komora [KBT-KP Velenje, 2004].

Mešalne komore v varianti ČN1 nisem posebej dimenzionirala in se bo ohranila v prvotnem stanju. Predvidena je le zamenjava dotrajanih elektroinštalacijskih naprav. Flokulacija poteka v usedalniku, katerega obnova je opisana v nadaljevanju (glej poglavje 4.2.2).

4.2 *Sedimentacija*

4.2.1 **Teoretične osnove**

Vsaka površinska voda ima manjšo ali večjo motnost, ki jo povzročajo v vodi raztopljene snovi. Vse te snovi se nahajajo v suspenziji ali pa v koloidnem stanju in jih je potrebno iz vode odstraniti.

Sedimentacija je proces, pri katerem se iz vode odstranjujejo te trdne usedljive snovi. Pod vplivom zemeljske teže se vsak delec mulja, ki ima večjo specifično težo kot voda, useda v vodi s pospešenim gibanjem, dokler se upor tekočine ne izenači s težo delca. Od tega trenutka dalje je hitrost konstantna dokler se delec ne usede. Čas usedanja suspendiranih delcev je odvisen od njihovih dimenzij. V pravilno oblikovanem usedalniku se v 6 urah usede večina delcev večjih od 0,02 mm, v 24 urah pa tudi delci večji od 0,005 mm [KBT-KP Velenje, 2004]. Samo naravno usedanje pa običajno ni dovolj za čisto in pitno vodo, zato se pred sedimentacijo po navadi izvede koagulacija s flokulacijo.

Po zaključku dobro izvedenega kosmičenja je možno kosme izločiti iz vode s filtriranjem. To je primerno le, če koncentracija flokulirane suspenzije ne presega dopustne meje 50 mg/l za hitre in 150 mg/l za kontaktne filtre. Običajno oziroma ob večjih koncentracijah kosmov, se med flokulacijo in filtracijo uporablja sedimentacija. Voda vsebuje po procesu koagulacije in flokulacije suspenzijo iz flokul $\text{Al}(\text{OH})_3$ in $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Le-te vsebujejo adsorbirano vodo in na njih vezane lebdeče snovi [Rismal, 1995].

Hitrost usedanja kosmov je odvisna od:

- gostote delcev,
- velikosti delcev,
- viskoznosti vode, ki je močno odvisna od temperature vode,
- koncentracije delcev.

Flokulirana suspenzija se v primerjavi z diskretnimi delci hitreje in bolje useda. Hitrejše (težje) flokule v procesu tonjenja dohitevajo počasnejše in se z njimi združujejo, tako postanejo še večje in se usedajo še hitreje.

Sedimentacija se izvaja v za to posebej prirejenih bazenih. Usedalniki so dimenzionirani tako, da zmanjšujejo hitrost vode, zato da se suspendirane snovi lahko usedejo na dno [Twort, Ratnayaka, Brandt, 2000]. Za kakšen tip usedalnika se odločimo, je odvisno od vrste suspendiranih snovi, zahtevane bistrosti očiščene vode, temperature vode, idr.

Poznamo več vrst usedalnikov:

1. horizontalni usedalniki,
2. lamelni usedalniki,
3. kontaktni usedalniki.

1. Horizontalni usedalniki

Poznamo dve vrsti horizontalnih usedalnikov: pravokotne in okrogle. Veliki horizontalni usedalniki so ekonomično dobra rešitev pri velikih volumnih vode, ki vsebuje relativno veliko suspendiranih delcev in kjer se oblikujejo relativno goste flokule, ki se enostavno usedajo ter na območjih s toplo klimo, kjer je viskoznost vode nižja, kar omogoča hitrejše usedanje flokul. Čeprav so potrebni veliki bazeni za vzdrževanje nizke hitrosti vode, je njihova konstrukcijska zasnova enostavna, saj ni potrebno, da so globoki in zahtevajo malo notranjih zidov [Twort, Ratnayaka, Brandt, 2000].

Površinsko obremenitev usedalnika določimo po enačbi:

$$v_o = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{B * L} \quad [3]$$

kjer je

Q pretok skozi usedalnik,

S površina vodne gladine usedalnika,

B širina usedalnika,

L dolžina usedalnika.

Pri tem moramo upoštevati razmerji:

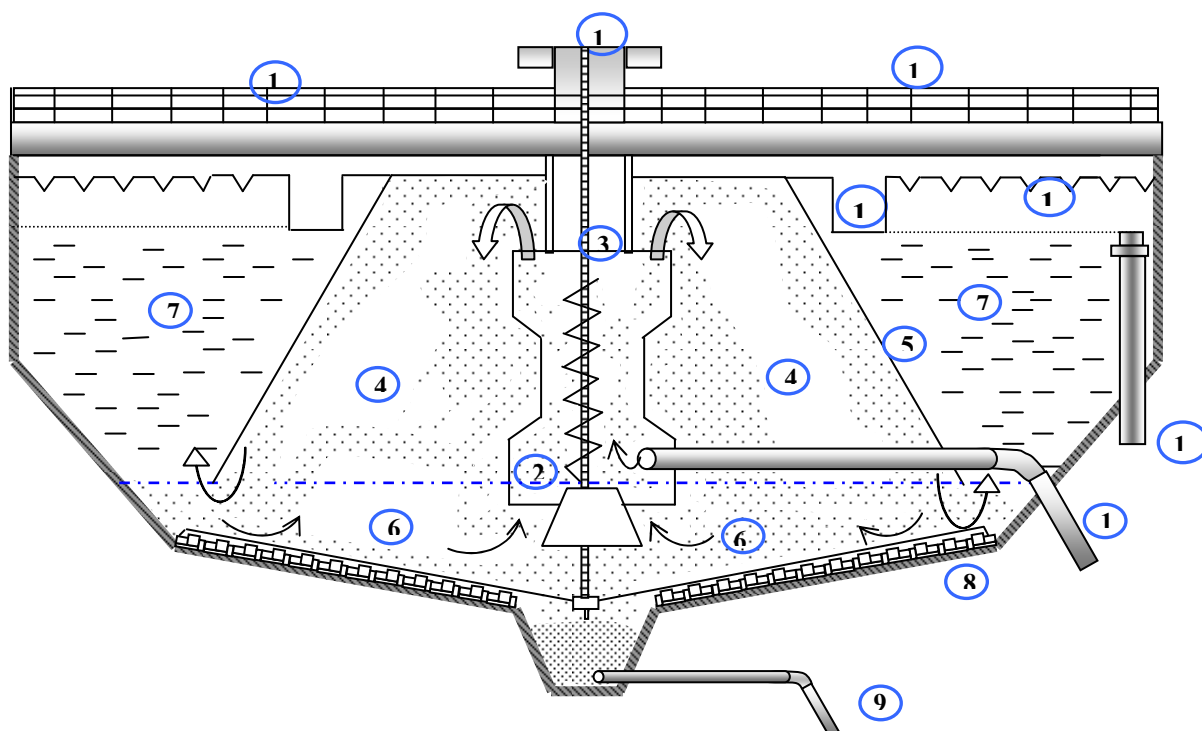
$$L/H = 20-40 \quad \text{in} \quad L/B = 2-4,$$

pri čemer je H višina usedalnika.

Horizontalne usedalnice za pripravo pitnih voda dimenzioniramo na osnovi naslednjih elementov:

- globina usedalnika 4-7 m, povprečno 5 m,
- čas zadrževanja 2-6 h,
- površinska obremenitev $v_0 = 0,75-2,5$ m/h.

Ko se flokule usedejo na dno usedalnika, jih s pomočjo talnih strgal odstranimo in vodimo v odvodni kanal pralnih voda. Odstranjevanje sedimenta se izvaja kontinuirno ali občasno, po potrebi. Primer okroglega usedalnika je prikazan na sliki št. 12.



Slika 12: Dinamični usedalnik: 1 - dovod surove vode, 2 - cilindrična mešalna komora (cona flokulacije), 3 - spiralno mešalo, 4 - cona flokulacije, 5-potopni cilindar, 6 - cona sedimentacije - usedanja, 7 - cona bistrenja, 8 - talno strgalo, 9 - kaluženje usedalnika (odvod sedimenta), 10 - nosilni most, 11- pogon strgala in mešala, 12- zaščitna ograja, 13 - krožno korito, 14 - odzemni žleb, 15 - odvod delno očiščene vode [KBT-KP Velenje, 2004].

2. Lamelni usedalniki

Lamelni usedalniki imajo v notranjosti vgrajene module, ki so zgrajeni iz plošč, ki služijo za zmanjšanje poti usedanja delcev. Takšni usedalniki zahtevajo predhodno učinkovito izvedeno flokulacijo, ki je kritičnega pomena za uspešno sedimentacijo [Twort, Ratnayaka, Brandt, 2000].

Ločimo jih po smeri toka skozi lamele:

- protitočni usedalnik,
- sotočni usedalnik,
- skozitočni usedalnik.

Pri protitočnih usedalnikih se surova voda dovaja pod nameščenimi lamelami in tok vode je usmerjen navzgor skozi lamele, ki jih oblikujejo nagnjene plošče. Delce se odlagajo na spodnje plošče v vsakem kanalu. Če je kot nagiba dovolj velik, delci zdrsijo po lameli navzdol proti dnu usedalnika, kjer se odstranjujejo. V nasprotnem primeru pa je potrebno module prati. Očiščena voda iz usedalnika odteka na vrhu.

Pri sotočnih usedalnikih se surova voda dovaja nad lamelami in tok vode poteka od zgoraj navzdol skozi kanale. Delci se usedajo v smeri toka vode proti dnu usedalnika, tako je njihova hitrost usedanja večja. Posebno pozornost moramo posvetiti že usedenim delcem na spodnjih ploščah, saj se lahko ob preveliki hitrosti vode ponovno dvignejo.

Pri skozitočnih usedalnikih pa surova voda teče horizontalno med moduli. Pri takem usedalniku je dvig že usedlih delcev običajno manj problematičen kot pri protitočnem in sotočnem usedalniku [Gregory, Zabel, Edzward, 1999].

3. *Kontaktni usedalniki*

Pri tej vrsti usedalnikov se izvše vse tri faze, t.j. intenzivno mešanje s koagulacijo, flokulacija in sedimentacija v isti posodi. Kontaktne usedalniki se bistveno razlikujejo od horizontalnih v tem, da se voda filtrira skozi zaveso lebdečih kosmov.

Učinek te filtracije je toliko večji, kolikor večja je razlika sedimentacijskih hitrosti posameznih delcev. Teh pa je v lebdeči zavesi kosmov zelo veliko. Proces flokulacije pospešujemo v kontaktnih usedalnikih z recirkulacijo flokulirane suspenzije, s čemer povečujemo koncentracijo delcev in tako ustvarjamo gradiente hitrosti [Rismal, 1995].

Poznamo tri osnovne tipe kontaktnih usedalnikov:

- *precipitator*: koagulacija se izvaja v posebni posodi, flokulacija in usedanje pa se vršita v isti posodi, v akteri se voda rahlo meša s pomočjo nihajnih mešal. So pravokotne oblike.
- *akcelator*: koagulacija in flokulacija se izvajata v isti posodi kot usedanje. So krožne oblike.

- *pulzator*: lebdeča zavesa se vzdržuje v želenem položaju s pomočjo vakuumske črpalke. So pravokotne oblike.

4.2.2 Dimenzioniranje

Obstoječi usedalnik je še vedno v dobrem stanju. Preverila sem le njegovo zmogljivost glede na predvideno kapaciteto $Q = 180 \text{ l/s}$.

Zadrževalni čas v usedalniku je 1 ura, iz tega lahko izračunamo potreben volumen:

$$V = t * Q = 3\,600 \text{ s} * 180 \text{ l/s} = 648\,000 \text{ l} = 648 \text{ m}^3 \quad [4]$$

Razpoložljivi volumen pa je 650 m^3 , torej je usedalnik primernih dimenzij in ga ni potrebno povečati. Predvidena je le sanacija zgornje betonske plasti.

V usedalniku se izvaja počasno mešanje, ki mora zagotoviti dovolj kontaktov med delci in ustvariti lebdenje delcev. Zmogljivost mešala – črpalke je tolikšna, da se količina vode v coni flokulacije obrne 1 – krat na minuto. Obodna hitrost rotorja je med 0,7 in 1,5 m/s, da se prepreči trganje flokul.

V sanaciji je predvidena zamenjava mehanskih strgal za pobiranje mulja. Ob usedalniku pa je postavljen še objekt za skladiščenje potrebnih kemikalij za proizvodnjo klorovega dioksida, napajalni sistem ter generator ClO_2 .

4.3 Filtracija z zrnavimi filtri

4.3.1 Teoretične osnove

Filtracija je fizikalno kemična operacija odstranjevanja suspendiranih in koloidnih primesi iz vode. Pogoj za uspešno filtracijo je, da filterni sloj prepušča samo tekočino, zadržuje pa nečistoče. Uporablja se za odstranjevanje motnosti, organskega ogljika, oksidirane železa in mangana in za zmanjšanje števila bakterij in virusov [Rismal, 1995].

Med filtriranjem se suspendirani delci ločijo od tekočine:

- zaradi »sejalnega učinka« filtrnega medija,
- zaradi delovanja adsorpcijskih (Van der Waalsovih) sil in elektrostatičnih privlačnih sil, ki delujejo med suspendiranimi delci in med delci filtrnega medija,
- zaradi aglomeriranja (sprijemanja) najfinejših delcev suspenzije v kapilarnih prostorih filtrnega medija in zapiranja por v njegovi notranjosti [KBT-KP Velenje, 2004].

Sejalni učinek filtrnih slojev je odvisen od velikosti odprtin, ki nastanejo med posameznimi zrnji filtrnega medija. Preglednica št. 5 kaže velikost premera okroglih zrn filtrnega materiala in od nje odvisne velikosti premera nastalih odprtin.

Preglednica 5: Velikost premera okroglih zrn filtrnega sredstva D1 in od nje odvisna velikost premera nastalih prostih odprtin D2.

D1-premer zrna v mm	D2-premer odprtine v mm
3	0,462
1,5	0,231
1,2	0,185
1	0,154
0,8	0,123
0,6	0,092
0,4	0,062
0,2	0,031
0,1	0,015

Glavni tehnološki parametri, ki jih moramo pri filtriranju upoštevati so:

- tip filtriranja (površinsko, globinsko, skozi kolač),
- sistem filtriranja (prekinjeno, neprekinjeno, polprekinjeno),
- tlak med filtriranjem (nadtlak ali podtlak – vakuum),
- hitrost filtriranja,
- vrsta filtrnega sredstva (nasipni sloj, filtrirna tkanina, idr.),

- način filtriranja (konstanten tlak dotoka suspenzije ali postopno naraščajoč tlak med filtriranjem),
- temperatura filtriranja (višja T, manjša viskoznost filtrata in večja hitrost filtracije).

Glede na te tehnoliške parametre klasificiramo tipe filtrov kot:

- gravitacijske, tlačne in filtre s tokom vode od spodaj navzgor,
- hitre ali počasne filtre,
- eno-, dvo- ali troslojne filtre.

Za filtrni medij uporabljamo različne materiale, ki pa morajo biti dovolj porozni in trdni, da se med procesom filtriranja ne obrabljajo. Morajo pa biti tudi dovolj kemijsko stabilni, da jih voda ne uničuje. Učinkovito filtriranje dosežemo z različnimi granulacijami filtrnega materiala in različnimi sloji tega materiala. Filtrni materiali so kremenčev pesek, hidroantracit, garnet, idr.

Kremenčev pesek je najpogosteje uporabljan medij, ki mora biti ostrorob, pran in sejan kremenjak. Pri peščenih filtrih se kot podporni material, ki nosi filtrni sloj, uporablja grobi pesek, ki se nalaga v slojih v različnih granulacijah, ki padajo od spodaj navzgor [KBT-KP Velenje, 2004].

Številne značilnosti filtrnega medija so pomembne za učinkovito filtracijo. Te karakteristike so:

- velikost zrn,
- oblika zrn,
- specifična teža zrn,
- trdota zrn,
- poroznost filtrne plasti.

Velikost delcev ima pomemben vpliv na učinkovitost filtriranja in povratnega pranja. Določamo jo na osnovi sejalne analize, pri čemer določimo reprezentativne premere zrn d_{10} , d_{60} in d_{90} , efektivno velikost zrna d_e in koeficient enakomernosti C_u :

$$d_e = P_{10}$$

$$C_u = P_{60}/P_{10}, \quad [5]$$

kjer P predstavlja delež določenega premera zrna. Tako premer d_{10} predstavlja premer zrna, ki je večji ali enak premeru 10% vseh zrn v vzorcu. Ekvivalentno velja za d_{60} in d_{90} . koeficient enakomernosti C_u mora biti za peščene filtre v mejah med 1,2 - 1,3. Rezultat sejalne analize je zrnastostna krivulja.

Oblika delcev oziroma zaobljenost vpliva na tok vode pri povratnem pranju, poroznost filtra, hidravlične izgube, učinkovitost filtriranja in enostavnost sejanja.

Gostota oz. specifična teža vpliva na tok vode pri povratnem pranju. Zrna večje gostote in istim premerom zahtevajo višje hitrosti pranja, da se doseže utekočinjenje filtrnega medija.

Trdota zrn je pomembna za vzdržljivost filtrnega medija tekom njegove življenjske dobe. Trdoto določimo glede na medsebojne trke zrn pri pretoku vode, pri čemer se zrna obrabijo in obrusijo.

Poroznost filtrne plasti je razmerje med praznim volumnom med zrn in volumnom celotne filtrne plasti izražena v procentih. Vpliva na tok povratnega pranja, hidravlične izgube in na sposobnost zadrževanja delcev. Na poroznost vpliva oblika oz. zaobljenost zrn.

Tipične vrednosti karakteristik za določene filtrne materiale so prikazane v preglednici št. 6.

Preglednica 6: Tipične vrednosti za najpogosteje uporabljene filtrne materiale.

	Silikatni pesek	Antracit	Aktivno oglje v zrnju	Granat
Specifična teža [kg/m^3]	2 650	1 450-1 730	1300-1500*	3 600-4 200
Poroznost ϵ_0	0,42-0,47	0,56-0,60	0,5	0,45-0,55
Okroglost Ψ	0,7-0,8	0,46-0,6	0,75	0,6

Za neuporabljeno oglje, ki ima pore zapolnjene z vodo; z uporabo se specifična teža povečuje zaradi adsorbiranih organskih snovi.

Pri določanju debeline filtrnega sloja moramo paziti, da je dovolj velika, da se prepreči prodor onesnažil, vendar pa se z debelino večja hidravlični upor in s tem zmogljivost filtra. V enoslojnih peščenih filtrih je sloj ponavadi visok 60 – 90 cm, granulacija peska je 10% do 0,45 mm, 60% med 0,45 – 0,7 mm in 30% nad 0,7 mm, višina vode nad slojem znaša 1,2 – 1,5 m, efektivni presek peska pa se giblje v mejah med 0,35 – 0,6 mm. V dvoslojnih filtrih poteka boljše globinsko filtriranje [KBT-KP Velenje, 2004]. Filtrna plast je sestavljena iz zgornjega sloja večje granulacija in manjše specifične teže kot jo ima spodnji sloj. Podporni sloji pod filtrnim medijem, ki so običajno iz grobega peska, imajo nalogo, da preprečijo iznos finega filtrnega materiala v drenažni sistem. Preglednica št. 7 prikazuje odvisnost granulacijske sestave, debeline sloja in hitrosti filtracije od števila slojev.

Preglednica 7: Odvisnost granulacijske sestave, debeline sloja in hitrosti filtriranja od števila slojev v filtru.

Tip filtra	Karakteristike filtrskega sloja				Debelina sloja (m)	Računska hitrost	Dopustna hitrost
	Granulacijska sestava			filtriranja pri normalnem režimu v (m/h)		filtriranja pri forsiranem režimu v (m/h)	
	presek zrna (mm)	koeficient heterogenosti, Kh					
	min	max	ekv				
Hitri filter polnjen z različnimi granulacijami	0.5	1.2	0,7-0,8	2-2,2	0.7	6	7.5
	0.7	1.5	0,9-1	1,8-2	1,2-1,3	8	10
	0.9	1.8	1,1-1,2	1,5-1,7	1,8-2	10	12
Hitri filter z dvoslojnim polnjenjem							
pesek	0.5	1.2	0.8	2	0,4-0,5	10	12
antracit	0.8	1.8	1.1	2	0,4-0,5	10	12

Pri debelini filtrskega sloja moramo upoštevati tudi globino prodiranja mikroorganizmov.

Po končanem obdobju filtriranja, ki ga imenujemo filtrni cikel, se filter zamaši z odstranjeno nesnago in ga je potrebno čistiti. Hitre filtre čistimo s povratnim pranjem s hitrim tokom vode. Počasne filtre pa čistimo tako, da postrgamo zamašen sloj s površine [Cleasby, Longsdon, 1999]. Dobro učinkovitost filtriranja dosežemo s predčiščenjem (koagulacija, flokulacija in sedimentacija) in pravočasnim pranjem filtrov. Vsaka motnja pa se takoj pokaže v kvaliteti filtrirane vode.

4.3.2 Hitri peščeni filtri

Pri hitrih filtrih sta kvaliteta filtrirane vode in čas obratovanja odvisna od lastnosti surove vode, hitrosti filtracije in sestave filtrskih plasti. Najboljši učinek čiščenja je v finih peskih. Ti omogočajo učinkovito precejanje vode in velike kontaktne površine. Povprečna hitrost filtriranja je 5 m/h, iz varnostnih razlogov pa moramo zagotoviti hitrosti do 10 m/h. S predhodno kemično koagulacijo lahko dosežemo, da v peskih z nizkim faktorjem enakomernosti penetracija nesnage ni globlja od 0,1 – 0,15 m, potrebna debelina filtra pa manjša od 0,6 m. Pri filtrih brez predhodnega čiščenja je globina filtrskega sloja 0,8 – 1,2 m [Rismal, 1995].

Hitri filtri po navadi predstavljajo zadnjo stopnjo v procesu čiščenja vode, pri čemer se zahteva zmanjšanje motnosti na manj kot 0,4 NTU z zgornjo mejo 1 NTU. V zadnjem času pa je zahtevana izstopna motnost 0,1 NTU zaradi učinkovitejšega odstranjevanja *Giardije* in *Cryptosporidiuma* [Cleasby, Longsdon, 1999].

Pri dimenzioniranju filtrov se uporablja razmerje:

$$H/d_e \quad [6]$$

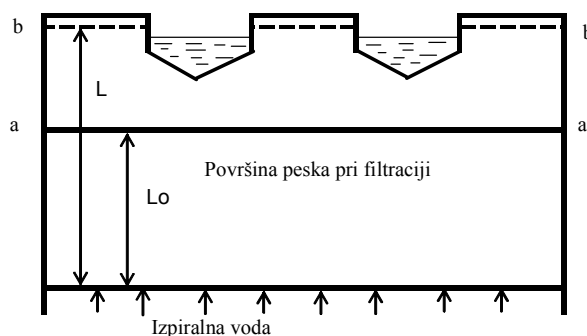
kjer je H globina filtrnega sloja in d_e efektivna velikost zrna. Za različne filtre veljajo naslednja razmerja:

- $H/d_e \geq 1\,000$ za običajne peščene in dvoslojne filtre (pesek in antracit),
- $H/d_e \geq 1\,250$ za troslojne filtre (pesek, antracit in granat),
- $H/d_e \geq 1\,250$ za globoke enoslojne filtre ($1,0 < d < 1,0$ mm),

- $H/d_e = 1\,250 - 1\,500$ za zelo globoke enoslojne filtre ($1,5 < d < 2,0$ mm) [Cleasby, Longsdon, 1999].

4.3.3 Pranje filtrov

Ko se gladina vode nad filtrom dvigne nad določen nivo t.j., ko pridejo tlačne izgube do vnaprej določene vrednosti, je potrebno filter oprati. Pranje se izvede s povratnim tokom vode, pri čemer se odstranijo nečistoče, ki so se nabrale v in na filtrnem sloju. Zrna peska je potrebno temeljito oprati, po končanem izpiranju pa morajo zavzeti isti položaj kot pri obratovanju. Tok povratnega pranja mora biti dovolj močan, da se filtrski sloj razširi in zagotovi zadostno medsebojno trenje zrn. Z izpiranjem z zrakom lahko zagotovimo zadostno medsebojno trenje peščenih zrn in bistveno zmanjšamo potrebne količine pralne vode, glede na količine, ki so potrebne, če se filtri izpirajo samo z vodo. Iz ekonomičnosti je v večini primerov smiselno pranje filtrov z mešanico vode in stisnjenega zraka. Pri pranju samo z vodo se lahko zgodi, da porabimo za pranje do 20 % očiščene vode, pri istočasnem pranju z vodo in zrakom pa so količine pralne vode tipično 5 % [Rismal, 1995].



Slika 13: Dvig filtrne mase med pranjem: L_0 – debelina sloja filtrnega materiala med obratovanjem, L – debelina razširjenega filtrnega sloja med pranjem [KBT-KP Velenje, 2004].

Slika št. 13 prikazuje dvig filtrne mase med pranjem. Če površina filtrnega sloja med obratovanjem zavzema položaj a - a, bo pri izpiranju masa dosegla položaj b – b. Višina dviga

peska je odvisna od hitrosti vode oz. intenzitete izpiranja in tudi od temperature vode. Pri večji viskoznosti vode se delci peska pri izpiranju dvignejo višje. Tako je poraba izpiralne vode manjša pozimi kot poleti [KBT-KP Velenje, 2004]. Preglednica št. 8 prikazuje razširitev določenih premerov zrn peska.

Preglednica 8: Razširitev peska pri pranju v odvisnosti od intenzitete in časa izpiranja.

Polnitev v filtru	Relativna razširitev polnjenja (%)	Intenziteta izpiranja l/sek*m2 (20oC)	Čas izpiranja (min)
Presek peska			
0,7-0,8	45	12-14	6-5
0,9-1	30	14-16	6-6
1,1-1,2	25	16-17	6-7
Dvoslojna polnitev	50	13-15	7-6

Po povratnem pranju nastopi krajše obdobje, ki traja okoli 15 – 60 minut, ko je motnost še visoka. To je zaradi preostanka pralne vode, ki še vsebuje odstranjene delce in zaradi manjše sposobnosti odstranjevanja delcev sveže opranega filtra. Možnosti s katerimi lahko manjšamo rizik tega efekta so, ali da vodo prvih 15 – 60 minut ponovnega delovanja speljemo v odtok odpadne vode oz. jo vrnemo v proces filtriranja, ali da pustimo filter stati do okoli 30 minut (t.i. »zakasnitveni zagon«), ali da pustimo filter nekaj časa »zoreti« s tem, da ga zaženemo pri nizki hitrosti (t.i. »počasen zagon«), ali pa s kombinacijo teh možnosti. Vse te izvedbe lahko delujejo avtomatsko kot del zaporedja pranja po pogojem, da je filter primerno dimenzioniran [Twort, Ratnayaka, Brandt, 2000].

4.3.4 Dimenzioniranje hitrih filtrov

Obstoječa peščena filtra sta dotrajana in potrebna zamenjave. Pri varianti ČN1 sem se odločila, da bo filtracija izvajana v dveh visoko obremenjenih filterih (Schwerkraftfilter), v katerih se voda pretaka gravitacijsko skozi plast hidroantracita, kremenčevega peska in na dnu skozi plast grobega peska. Pretok se regulira s pomočjo elektromotornega ventila. Filtrirana voda teče skozi filterne šobe v spodnji prostor s čisto vodo. Od tu teče najprej skozi sistem

povezovalnih cevi v rezervoar pralne vode. Hkrati teče tudi po cevi za odvod čiste vode. Ko doseže čista voda določeno višino, začne odtekati v vodohran. Ko hidravlični upor doseže določeno stopnjo, nivo surove vode v filterni komori naraste. V tem trenutku se prekine dotok surove vode in vgrajena natega samodejno potegne vodo, tako da se filter protitočno opere. Voda za pranje filtra se pretaka protitočno iz rezervoarja pralne vode, preko sistema povezovalnih cevi in skozi šobe in filtrno maso. Pri tem pride do dviga filtrne mase in do odstranjevanja nečistoč. Odpadna pralna voda teče po cevi natege v bazen odpadne vode. Pranje se izvaja izmenično, tako da se filtriranje izvaja samo na enem filtru, medtem ko se drugi pere.

Karakteristike filtra:

- pretok 90 l/s (en filter)
- premer 8 m
- višina 6,5 m
- skupna površina filtrov 100,5 m²
- površinska obremenitev:

$$v_o = \frac{Q}{S} = \frac{90 \cdot 3600}{100,5 \cdot 1000} = 3,2 \text{ m/h}$$

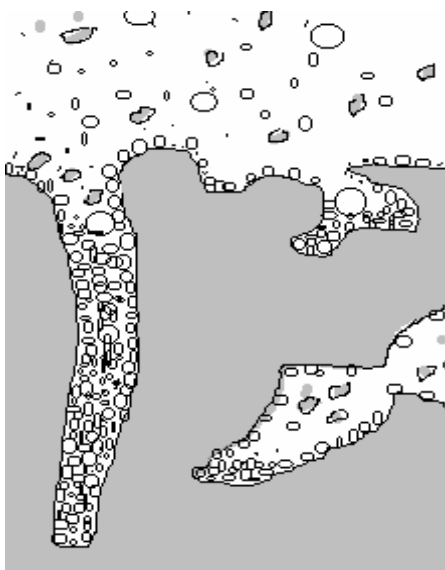
Vrednost površinske obremenitve je sprejemljiva. Filtra bosta postavljena na isti lokaciji kot obstoječa.

4.4 Adsorpcija z aktivnim ogljem

4.4.1 Teoretične osnove

Adsorpcija je proces, pri katerem določene snovi privlačijo na svojo površino ione ali molekule, ki so razpršeni v vodi. Snov, ki se koncentrira, se adsorbira in se imenuje adsorbat. Adsorpcijska faza oz. material pa se imenuje adsorbent. Primer vezanja snovi prikazuje slika št. 14. Če so vezi med adsorbatom in adsorbentom trdne, je proces v glavnem nereverzibilen. Če pa vezi niso tako trdne in temeljijo na fizikalni osnovi (medmolekularne privlačne sile), je

proces večinoma reverzibilen. Pomembne karakteristike adsorbenta so njegova specifična površina, razporeditev in velikost por ter kemijske lastnosti. Velikost por je zelo različna. Ločimo mikropore s premerom manj kot 2 μm in makropore s premerom več kot 50 μm . Mikropore imajo večjo adsorpcijsko kapaciteto za manjše molekule, makropore pa za večje [Roš, Simonič, Turk, 2005].



Slika 14: Prikaz vezanja nečistoč na aktivno oglje [Drev, 1999].

Proces adsorpcije poteka v treh fazah:

1. prenos snovi (molekul) skozi sloj vode, ki obdaja adsorbent,
2. difuzija skozi pore do mesta, kjer poteče adsorpcija,
3. vezava adsorbata na površino adsorbenta (ta faza poteče zelo hitro).

V večini primerov je hitrost adsorpcije odvisna predvsem od 1. in 2. faze.

Z adsorpcijo lahko odstranjujemo:

- snovi, ki povzročajo vonj in okus,
- trihalometane,
- pesticide,
- mineralna olja,

- fluor,
- fenole,
- detergente,
- sintetične organske kemikalije,
- delno mikroorganizme,
- naravno organsko snov (angl. NOM), s tem se preprečuje kasnejše nastajanje stranskih produktov dezinfekcije,
- ozon [Snoeyink, Summers, 1999].

Najbolj razširjeno adsorpcijsko sredstvo je aktivno oglje. Odlikuje ga velika specifična površina (600 – 1200 m²/g) in sprejemljiva cena. Poznamo več tipov aktivnega oglja, kot prikazuje preglednica št. 9. Pridobiva se iz šote, lignita, bitumna, lesa, lupin kokosovega oreha itd. Proizvaja se s fizičnim ali kemičnim postopkom, ki vsebuje karbonizacijo in aktivacijo materiala [Snoeyink, Summers, 1999]. Z njim se iz vode uspešno odstranjuje:

- hlapne snovi,
- fluor,
- fenole,
- detergente,
- pesticide.

Preglednica 9: Aktivne površine za posamezne vrste aktivnega oglja.

Tip aktivnega oglja	Material za izdelavo	Aktivna površina (mg ² /g)
Chemviron SGL	bitumen	1 000-1 200
Filtrisorb 200	bitumen	1 000-1 200
Chemviron BPL	bitumen	1 200-1 400
Chemviron PAC RB	bitumen	800-1 000
Chemviron SC II	lupine kokosovega oreha	1 150-1 250
Chemviron SC XII	lupine kokosovega oreha	900-1 100
Darco S 51	lignit	500-550
Darco G 60	lignit	750-800
Darco KB	les	950-1 000
Hydro Darco	lignit	550-600
Norit (variuus)	les	700-1 400

Čeprav se na aktivnem oglju adsorbirajo praktično vse v vodi raztopljene organske snovi, se adsorpcija na aktivnem oglju uporablja predvsem za odstranjevanje organskih snovi, ki imajo visoko molekulsko maso in so neparne. Aktivno oglje se uporablja za čiščenje vod z nizko vsebnostjo nečistoč (manj kot 50 – 100 mg/l). Tako se pogosto uporablja za terciarno odstranjevanje nečistoč [Roš, Simonič, Turk, 2005].

Za kakšno vrsto aktivnega oglja se odločimo, je odvisno od vrste polutanta, od možnosti uporabe aktivnega oglja in od zahtevane stopnje čiščenja. Aktivno oglje lahko kombiniramo z ozonom, kar se je do sedaj pokazalo kot uspešen postopek v zaključni fazi obdelave vode.

4.4.2 Pranje in regeneracija filtrov

Ko se aktivno oglje zasiti, ga je potrebno prati oz. regenerirati. Pranje se izvaja s povratnim tokom vode, kateri se lahko doda tudi zrak. S povratnim pranjem pa se odstrani le del adsorbiranega materiala. Po daljši uporabi se tako pore zamašijo in adsorpcijski material je potrebno zamenjati. Pri regeneraciji pa se adsorbirane snovi s površine adsorbenta odstranijo pri zvišani temperaturi in pri znižanem tlaku. Aktivno oglje se lahko regenerira tudi s termično regeneracijo v posebnih pečeh. Ti postopki pa so zahtevni in dragi. Iztrošen adsorpcijski material je potrebno po zamenjavi odpeljati na posebno deponijo.

Snovi, ki zmanjšujejo učinkovitost adsorpcije, so anorfanske snovi, predvsem kalcijev karbonat, ki se nabira na aktivnem oglju in s tem hitreje maši pore.

4.4.3 Dimenzioniranje

Pri varianti ČN1 sem predvidela odstranitev deklorinatorjev, saj sem za dezinfekcijo predvidela uporabo klorovega dioksida, zato nista več potrebna. S tem sem pridobila več razpoložljivega prostora za povečanje vodohrana.

4.5 Dezinfekcija

Dezinfekcija vode pomeni uničenje vseh bolezenskih (patogenih) klic in hkrati reduciranje števila vseh ostalih klic. Pravilnik, ki določa kolikšno število klic in katere sploh so še lahko prisotne v vodi, je Pravilnik o pitni vodi (UL RS, št.: 19/04 in 35/04). Z dezinfekcijo tako preprečujemo pojave bolezni, ki jih povzročajo patogeni mikroorganizmi v vodi. Te bolezni imenujemo hidrične bolezni. Mikroorganizmi so prisotni v vseh vodah, ki niso dovolj dobro filtrirane, kar pomeni, da vsebujejo parazite vse vode razen podtalnice iz finih naplavinjskih peskov. V Sloveniji imamo takšnih vodnih virov le okoli 50 %, ostalo so podzemne vode v razpoklinskih vodonosnikih, kraške vode in površinske vode. Tudi analize kraških voda so pokazale na razširjenost parazitov ter posledično na nujnost primerne dezinfekcije [Kompare, Ravnikar, 2005].

Dezinfekcijsko sredstvo naj bi imelo naslednje lastnosti:

- zagotovilo naj bi hitro in učinkovito uničevanje ali deaktivacijo patogenih klic in njihovih vegetativnih oblik v času delovanja dezinfekcijskega sredstva,
- zmožnost obstanka v distribucijskem sistemu in zagotovitev bakteriološke kakovosti vode. Ta proces zajema tako bakteriostatski učinek (oviranje rasti in razmnoževanja bakterij) proti preživelim mikroorganizmom kot tudi bakteriocidni učinek (uničevanje vegetativne oblike bakterij in spor) ob slabih polucijah v cevovodih,
- imeti bi morale tudi algicidni (uničevanje alg) in fungicidni (uničevanje gliv) učinek ter zmožnost inaktivacije virusov, t.j. imeti bi morale širok spekter delovanja na vse viruse,
- v uporabljenih koncentracijah ne bi smelo biti toksično za ljudi,
- ne bi smelo biti škodljivo (korozivno) za opremo vodovodnega sistema,
- pri uporabljenih koncentracijah ne bi smelo spremeniti okusa in vonja vode,
- imeti bi morale oksidativni učinek na različne organske substance v vodi, pri tem pa se ne bi smeli tvoriti koprodukti,
- v vodi bi morale biti obstojno,
- morale bi biti poceni in enostavno za uporabo [Roš, Simonič, Turk, 2005].

Dezinfekcijskega sredstva, ki bi imelo vse te lastnosti, ne poznamo. Izberemo pa tistega, ki je primeren za naš tip vode in ki tvori najmanj škodljive stranske produkte oz. jih sploh ne proizvaja.

Največji problem pri uporabi določenih dezinfekcijskih sredstev so tako predvsem stranski produkti dezinfekcije (DBP – Disinfection By – Products), ki pri tem procesu nastajajo. Ti produkti so posledica reakcij dezinfekcijskega sredstva z organskimi in/ali anorganskimi snovmi in so mnogokrat toksični in s tem zdravju škodljivi (glej preglednico št. 10). Veliko jih je celo kancerogenih.

Preglednica 10: Stranski produkti dezinfekcije in njihovo učinkovanje na človeka .

Spojina	Možni zdravstveni problemi	Viri onesnaženja pitne vode
bromat	rak	stranski produkt ozonizacije
bromodiklorometan	rak, jetra, ledvice in reprodukcijski problemi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
bromoform	rak, živčni sistem, problemi z jetri in ledvicami	stranski produkt ozonizacije, klorinacije in kloraminacije pitne vode
klorit	slabokrvnost	stranski produkt dezinfekcije s klorovim dioksidom
kloroform	rak, jetra, ledvice in reprodukcijski problemi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
dibromoklorometan	živčni sistem, jetra, ledvice in reprodukcijski problemmi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
dikloroacetilna kislina	rak in drugi problemi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
haloacetilna kislina	rak in drugi problemi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
trikloroacetilna kislina	možnost raka in reprodukcijskih problemov	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode
trihalometani	rak in drugi problemi	stranski produkt klorinacije in kloraminacije pitne vode

Pri dezinfekciji uporabljamo različna sredstva:

- klor,
- kloramine,
- klorov dioksid,
- ozon,
- UV svetlobo,
- prekuhanje (le v primeru naravnih nesreč ali okvar),
- ultra- ali nanofiltracijo.

Na tehnologijo in proces dezinfekcije vpliva:

- vrsta prisotnih mikroorganizmov,
- vrsta, razporeditev in produkti reakcije dezinfektanta v vodi,
- pH in temperatura vode,
- kvaliteta surove vode,
- kontaktni čas [*Rismal, 1995*].

V svetu se čedalje bolj uporablja večstopenjska dezinfekcija vode s kombinacijo različnih tehnologij. Pri tem ločimo primarno in sekundarno dezinfekcijo. Primarna dezinfekcija pomeni onesposobitev mikroorganizmov, sekundarna pa zagotavlja rezidual v vodovodnem omrežju. S sekundarno dezinfekcijo preprečimo naknadno onesnaženje v vodovodnem sistemu, do katerega lahko pride zaradi vdora okoliške vode v sistem, srkov na iztočnih mestih ali naknadne zarasti. Pri sekundarni dezinfekciji je potrebno zagotoviti tolikšno koncentracijo dezinfekcijskega sredstva, da je le ta prisoten do zadnjega odjemalca v sistemu in potreben kontaktni čas, da potečejo vsi procesi (reakcije), s čimer dezinfekcijsko sredstvo doseže svoj učinek [*Horvat, 2007*]. Vse več pa se kot primarna dezinfekcija uporabljajo predvsem fizikalni postopki, kamor spada ultrafiltracija. Ti procesi pa imajo predvsem eno veliko prednost in ta je, da ne tvorijo stranskih produktov. Proces ultrafiltracije je posebej opisan v nadaljevanju.

4.5.1 Klor

Klor spada med halogene elemente s kemijsko formulo Cl_2 . Pri normalni temperaturi in pritisku je zeleno – rumen plin in zelo karakterističnega neprijetnega vonja. Je močan oksidant z dezinfekcijskimi in belilnimi sposobnostmi. Je zelo lahko topen v vodi in ob prisotnosti vlage reagira z večino elementov. Tekoči klor se zato shranjuje v jeklenkah. Zaradi svojih dezinfekcijskih sposobnosti se široko uporablja za dezinfekcijo vode. Štiri glavne značilnosti klora za uporabo v proizvodnji pitne vode so:

- učinkovito onesposablja vrsto patogenov, ki se običajno nahajajo v vodi,
- v vodi ustvarja rezidual, ki se ga lahko meri in kontrolira,
- je ekonomičen,
- znan je po uspešni uporabi v procesih izboljšanja kvalitete vode.

Vseeno pa se pojavljajo določene skrbi v zvezi z uporabo klora, kot so:

- klor reagira z mnogimi v vodi prisotnimi organskimi in anorganskimi snovmi, pri se tvorijo nezaželeni DBP,
- tveganja v povezavi z uporabo klora, še posebej plinskega klora, zahtevajo posebne postopke priprave in odzivne programe,
- velike doze klora lahko povzročijo neprijeten vonj in okus,
- premajhne količine nimajo primerne dezinfekcijskega učinka.

Zaradi njegove oksidativne sposobnosti pa se poleg dezinfekcije uporablja tudi za:

- kontrolo okusa in vonja,
- preprečitev rasti alg,
- vzdrževanje čistega filtrnega medija,
- odstranjevanje železa in mangana,
- beljenje določenih organskih barvil,
- vzdrževanje kvalitet vode v distribucijskem sistemu,
- vzpostavljanje in ohranjanje kapacitete cevovoda [USEPA, 1999].

Klor se običajno uporablja v eni od treh oblik: plinski klor, natrijev hipoklorit, kalcijev hipoklorit.

Plinski klor hitro hidrolizira v hipoklorovo kislino (HOCl) kot kaže enačba št.7:



Pri čemer je obstojnost klorove (I) kisline odvisna od temperature in predvsem od pH vode. Dezinfekcija s plinskim klorom je učinkovitejša pri višjih temperaturah in nižjim pH. Pri vrednostih pH pod 5 in nad 10, klorova (I) kislina popolnoma razpade na kloratni (I) ion OCl^- , ki je dosti slabše dezinfekcijsko sredstvo.

Natrijev hipoklorit nastane pri reakciji plinskega klora z natrijevim hidroksidom:



Raztopina natrijevega hipoklorita vsebuje približno 12,5% razpoložljivega klora. Reakcija natrijevega hipoklorita z vodo pa poteka po sledeči enačbi:



Enačba kaže, da reakcija natrijevega hipoklorita in vode tvori hipoklorasto kislino, podobno kot hidroliza plinskega klora. Vendar pa se pri tej reakciji tvori hidroksidni ion, ki povečuje pH vode.

Kalcijev hipoklorit nastane pri raztapljanju plinskega klora v raztopini kalcijevega oksida in natrijevega hidroksida. Znat kalcijev hipoklorit običajno vsebuje 65% razpoložljivega klora. Reakcija kalcijevega hipoklorita z vodo poteka po naslednji enačbi:



Podobno kot pri reakciji natrijevega hipoklorita z vodo, se tudi tukaj tvori hidroksidni ion.

Preglednica št. 11 prikazuje uporabo klora in doziranje za odstranjevanje določenih komponent.

Preglednica 11: Uporaba in doziranje klora .

Parameter	Tipične doze	Optimalen pH	Reakcijski čas	Učinkovitost	Posebnosti
železo	0,62 mg/mg Fe	7,0	manj kot 1 ura	dobra	
mangan	0,77 mg/mg Mn	7 - 8	1 - 3 ure	slaba kinetika	reakcijski čas se poveča pri nižjih pH
biološka rast	1 - 2 mg/l	6 - 8		dobra	tvorba DBP
okus/vonj	različne	6 - 8	različne	različna	učinkovitost je odvisna od vrste komponente, ki povzroča vonj/okus
obarvanost	različne	4,0 - 6,8	različne	dobra	tvorba DBP

Učinkovitost kloriranja se poveča s podaljševanjem kontaktnega časa. Večja obstojnost klora pa se zagotovi z dodajanjem amoniaka, pri čemer nastajajo kloramini, ki delujejo počasneje, so manj bakteriocidni, njihova obstojnost v vodi pa je večja [Rismal, 1995].

Prednosti in slabosti uporabe klora. Prednosti:

- oksidacija topnega železa, mangana in žvepla,
- odstranjevanje barve, okusa in vonja,
- lahko poveča stopnjo koagulacije in filtracije za določeno onesnažilo,
- je učinkovit biocid,
- je najenostavnejša in najcenejša dezinfekcijska metoda ne glede na velikost sistema,
- je najpogosteje uporabljeno dezinfekcijsko sredstvo in zato najbolj poznan,
- je razpoložljiv kot kalcijev in natrijev hipoklorit. Uporaba teh raztopin je v prednosti pri manjših sistemih, ker sta lažji za uporabo, varnejši in potrebujeta manj opreme kot plinski klor,
- tvori rezidual.

Slabosti:

- lahko povzroči poslabšanje učinkovitosti koagulacije/filtracije raztopljenih organskih snovi,
- tvori DBP,
- obdelana voda ima lahko neprijeten vonj in okus, odvisno od kvalitete vode in doziranja,
- plinski klor je nevaren, koroziven plin,
- shranjevanje plinskega klora zahteva posebne skladiščne prostore in nevtralizacijske naprave,
- natrijev in kalcije hipoklorit sta običajno dražja od plinskega klora,
- natrijev hipoklorit s časom in ob prisotnosti svetlobe razpada,
- natrijev hipoklorit je korozivna kemikalija,
- kalcijev hipoklorit je potrebno shranjevati v hladnem, suhem prostoru zaradi njegove hitre reakcije z vlago in toploto
- v raztopini kalcijevega hipoklorita se lahko tvori oborina zaradi možnih nečistoč, zato je potrebno dodati kemikalije za preprečitev nastajanja oborin,
- visoke koncentracije hipokloritne raztopine so nestabilne in tvorijo klorat kot stranski produkt,
- je manj učinkovit pri visokih pH,
- tvori oksidirane stranske produkte, ki so biorazgradljivi in lahko povečujejo biološko rast, če se ne vzdržuje rezidual [USEPA, 1999].

Učinkovitost dezinfekcije s klorom se zmanjšuje v odvisnosti od vrste mikroorganizmov. Najbolj je učinkovita pri odstranjevanju bakterij, nato virusov in nazadnje praživali. Vendar pa je klor med vrstami bakterij manj učinkovit proti cistam *Giardie*, oociste *Cryptosporidiuma* pa so zelo odporne na klor.

4.5.2 Klorov dioksid

Klorov dioksid (ClO_2) dezinficira z oksidacijo in je zelo dobro topen v vodi. Je približno 10 – krat bolj topen od klora. Pod pritiskom in v kontaktu z zrakom je eksploziven, zato se ga ne

shranjuje kot plin temveč se ga proizvaja iz različnih raztopin (NaClO_2 , NaClO_3). Generatorji klorovega dioksida delujejo tako, da proizvedejo maksimalno količino ClO_2 (več kot 95%), da se zmanjša tvorba prostega klora in ostalih oksidantov. V generatorju se ClO_2 tvori pri reakciji NaClO_2 s Cl_2 , HOCl ali HCl :



Tipične doze klorovega dioksida za dezinfekcijo pitne vode se gibljejo med 0,07 do 2,0 mg/l. Običajno se uporablja za kontrolo okusa in vonja, ki ga povzročajo alge in odmrle vegetacija. V konvencionalnih čistilnih napravah je priporočljiva točka doziranja ClO_2 med procesom sedimentacije. Če je motnost surove vode nizka (manj od 10 NTU), se lahko dozira na začetku sistema.

Lahko se uporablja za oksidacijo železa in mangana. Reagira z raztopljenimi oblikami železa in mangana, pri tem se tvori oborina, ki se izloži v procesu sedimentacije in filtracije. 1,2 mg/l ClO_2 odstrani 1,0 mg/l Fe in 2,5 mg/l ClO_2 odstrani 1,0 mg/l Mn. Za visoke koncentracije železa in mangana je uporaba klorovega dioksida omejena na proizvodnjo 1,0 mg/l kloratnega iona [USEPA, 1999].

Na učinkovitost dezinfekcije s klorovim dioksidom vplivajo pH, temperatura in suspendirani delci. V primerjavi s klorom, ima v pH območju od 6 – 8,5 veliko manjši vpliv na inaktivacijo patogenov s ClO_2 . Potrebne pa so še nadaljnje raziskave, da se bolj natančno razišče kako natančno pH vpliva na učinkovitost dezinfekcije s ClO_2 . S temperaturo se učinkovitost ClO_2 manjša, podobno kot pri kloru.

Suspendirani delci vplivajo na učinkovitost ClO_2 tako, da predstavljajo oviro med mikroorganizmi in ClO_2 . Vendar pa je tudi ob njihovi prisotnosti klorov dioksid učinkovit proti *E. Coli* in *Bacillus anthracoides* pri dozah od 1 – 5 mg/l. Učinkovitost dezinfekcije je bila dokazana kot enaka ali večja od dezinfekcije s klorom za inaktivacijo *Giardie*. Pri

kontaktnem času 60 minut, temperaturi od 1 – 25°C in pH od 6 – 9, klorov dioksid v koncentracijah od 1,5 – 2,0 mg/l onesposobi do 3 – log *Giardie*. V odvisnosti od temperature in pH je *Cryptosporidium* 8 – 16-krat bolj odporen na ClO₂ kot *Giardia*. Študije so pokazale, da je ClO₂ tudi učinkovit virucid, njegova učinkovitost pa se poveča, kadar virusi niso združeni v kosme/združbe [USEPA, 1999].

Pri skladiščenju ClO₂ moramo upoštevati naslednje:

- skladiščenje in napajanje se vrši v določenem prostoru,
- uporabo negorljivih materialov, kot je beton, za objekt,
- skladiščenje v čistih, zaprtih in neprosojnih kontejnerjih. Izpostavljanje sončni, UV svetlobi ali visoki temperaturi zmanjša moč delovanja ClO₂,
- izogibati se moramo gorljivih ali reaktivnih materialov, kot so kisline ali organski materiali, v območju skladiščenja NaClO₂,
- ob skladišču je potrebna greznica za primer ekstremnega razlitja,
- potrebno je imeti zalogo vode v bližini skladišča za potrebe čiščenja,
- priporočljiva uporaba inertnih materialov, ki prihajajo v stik z močnimi oksidanti in/ali raztopinami kislin,
- urediti je potrebno zadostno ventilacijo skladiščnih prostorov in izvajati meritve zraka,
- zunaj območja kemikalij morajo biti nameščene plinske maske, komplet prve pomoči,
- potrebno merjenje pretoka na vseh dovodih,
- kontakt zraka s klorovim dioksidom se mora kontrolirati, da se prepreči morebitne eksplozivne koncentracije ClO₂ v zraku (ne več kot 8 – 10% volumna zraka) [USEPA, 1999].

Proizvodnja ClO₂ vključuje naslednje osnovne komponente:

- skladišče in napajalni sistem (črpalke) raztopine hipoklorita,
- skladišče in napajalni sistem NaClO₂,
- skladišče in napajalni sistem kislin,
- skladišče in napajalni sistem klora,
- generator klorovega dioksida,

- naprave za napajanje in disperzijo ClO_2 .

Prednosti in slabosti uporabe klorovega dioksida. Prednosti:

- je bolj učinkovit od klora in kloraminov pri onesposabljanju virusov, *Cryptosporidiuma* in *Giardie*,
- oksidira železo, mangan in sulfide,
- lahko stopnjuje proces bistrenja,
- z njim kontroliramo okus in vonj, ki ga povzročajo alge in odmrle rastline, kot tudi sestavine fenolov,
- ob ustrezni proizvodnji (brez presežka klora) se halogenirani DBP ne tvorijo,
- enostavno ga je proizvajati,
- ustvarja rezidual.

Slabosti:

- v procesu se tvorita klorit in klorat,
- lahko pride do presežka klora in s tem halogeniranih DBP,
- stroški, povezani z usposabljanjem delavcev, vzorčenjem in laboratorijskim testiranjem klorita in klorata, so visoki,
- oprema se običajno najame in cena NaClO_2 je visoka,
- ClO_2 v obliki plina je eksploziven, zato se mora proizvajati na mestu,
- se razgradi na sončno svetlobo.

4.5.3 Stranski produkti dezinfekcije

Klor

Ko klor z organskimi snovmi (NOM – natural organic matter), se tvorijo halogenirane organske snovi – trihalometani (THM), ki spadajo v skupino nevarnih snovi s skupnim imenom adsorbiljivi organski halogeni (AOX). Tvorba THM je večja pri višjem pH (9,4) in manjša pri nižjem pH (5,0). Prav tako je tvorba THM odvisna od celotnega organskega ogljika (TOC – total organic carbon). DBP se lahko kontrolirajo na več načinov. Študije so

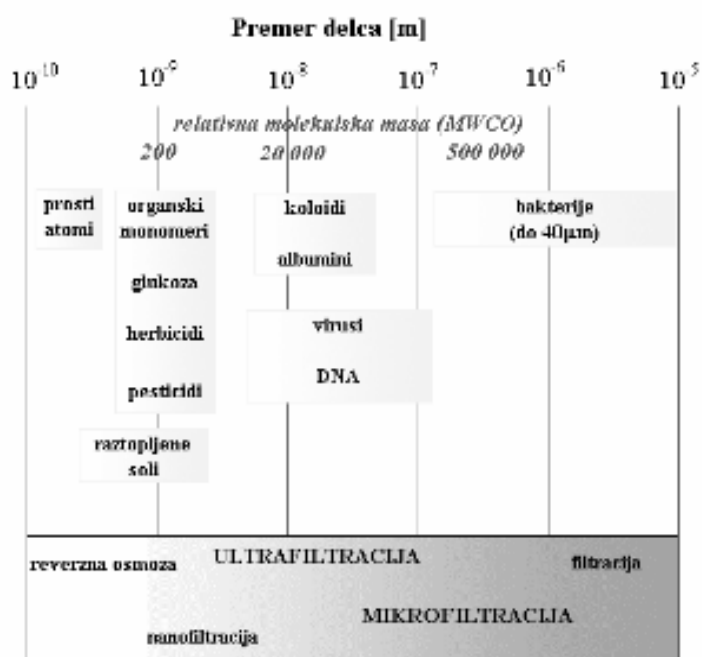
pokazale, da je odstranjevanje znanilcev oz. pokazateljev THM pripomoglo k znižanju možnosti nastajanja drugih DBP. S prestavitvijo točke kloriranja dolvodno v procesu čiščenja vode, na mesto po sedimentaciji, se znatno zmanjša tvorba THM. Torej je uspešno odstranjevanje snovi organskega izvora pred kloriranjem zelo pomembno za zmanjšanje tvorbe DBP.

Klorov dioksid

DBP pri uporabi klorovega dioksida so klorit, klorat in organski DBP. Trenutne redoks (reakcije redukcije in oksidacije) reakcije z NOM igrajo glavno vlogo pri tvorbi klorita. Doza 2,0 mg/l ClO_2 tvori od 1,0 – 1,4 mg/l klorita. Klorit je relativno stabilen ob prisotnosti organskih snovi, vendar se lahko oksidira v klorat s prostim klorom kot sekundarnim dezinfekcijskim sredstvom. ClO_2 običajno tvori malo organskih DBP, vendar pa to še ni bilo dovolj raziskano. Pričakuje se, da se pri uporabi ClO_2 tvorijo iste vrste oksidiranih DBP kot pri ozonizaciji [USEPA, 1999].

4.6 Ultrafiltracija

Ultrafiltracija spada med procese membranske filtracije, kjer se polprepustna membrana uporablja za fizično ločevanje delcev. Glede na sposobnost odstranjevanja različnih velikosti delcev se med membransko filtracijo uvrščajo mikrofiltracija (MF), ultrafiltracija (UF), nanofiltracija (NF) in reverzna osmoza (RO). Spektri delovanja posameznih membran so prikazani na sliki št. 15.



Slika 15: Prikaz razpona delovanja posameznih membranskih procesov [Stephenson et al., 2001, ct. po Kompare, Ravnikar, 2005].

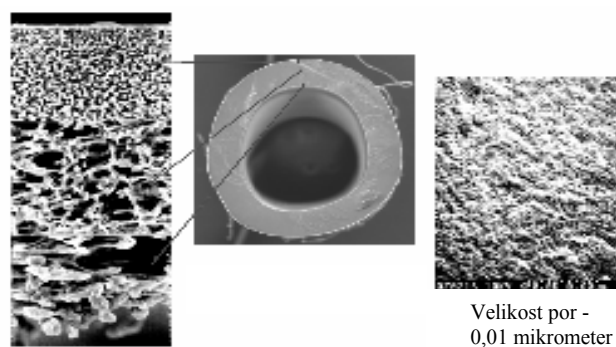
To poglavje je osredotočeno na delovanje ultrafiltracije, saj je ta proces najbolj primeren za čiščenje in dezinficiranje površinskih voda.

Ultrafiltracijske membrane vsebujejo mikropore in odstranjujejo delce s fizičnim ločevanjem. Je proces, ki deluje pod nižjim tlakom kot RO in NF. Karakteristike membran in njihovo delovanje so značilne za posamezno membrano s specifično velikostjo por. UF membrane imajo nominalno velikost por od 0,1 – 0,02 μm. Običajno so klasificirane na podlagi relativne molekulske teže (MWCO – Molecular Weight Cut – Off), ki je definirana kot najmanjša molekulska teža delca, katerega membrana odstrani v 90% in je izražena v daltonih (1D = 1/12 mase atoma ogljika). Procent odstranjevanja delcev določimo kot $x - \log$:

$$x - \log = 100(1-10^{-x})\% \quad [14]$$

UF zagotavlja konstantno izhodno motnost manj od 0,1 NTU, ne glede na nihanje vstopne motnosti. Odstranjevanje mikroorganizmov je več kot 5 – log za *Giardia* in 4 – log za viruse. UF sistem zagotavlja torej celovito dezinfekcijo, vendar pa je zaradi možnosti prehajanja

mikroorganizmov pri okvarjenih membranah potrebna sekundarna dezinfekcija (klor, klorov dioksid), da se ustvari rezidual [Twort, Ratnayaka, Brandt, 2000].



Slika 16: Prerez votle cevčice ("hollow-fibre") [Kurihara, 2003].

Obstajajo številni tipi materialov, modulov in sistemov delovanja, ki določajo posamezno vrsto membranske filtracije. Materiali, iz katerih so zgrajene membrane, so običajno sintetični polimeri, vendar so na razpolago tudi membrane iz keramike in jekla. Trenutno so membrane, namenjene za čiščenje pitne vode, večinoma narejene iz polimernih materialov, saj so znatno cenejši. Pri izbiri materialov pa moramo biti zelo pozorni, saj ti lahko zelo vplivajo na proces filtriranja. Na primer, polimerni materiali, ki reagirajo z oksidanti, se naj ne bi uporabljali pri klorirani vodi.

Membranski modul predstavlja najmanjšo enoto v membranskem sistemu. Konstrukcija modula vsebuje model, v katerega je vgrajen membranski material, ki tvori značilno strukturo, kot so votle cevčice (slika št. 16). Takšni moduli so namenjeni za dolgoročno uporabo. Delujejo lahko na dva načina: »inside – out« (iz notranjosti proti zunanosti) ali »outside – in« (iz zunanosti proti notranjosti) [USEPA, 1999].

Večina sistemov z votlimi cevčicami deluje na principu »dead – end« oz. po principu direktnega filtriranja (temu pravimo »čelna filtracija«).

Takšni sistemi vključujejo periodično povratno pranje, ki odstrani nakopičene nečistoče. Pomembno pri takih sistemih je, da so membrane v modulu cele, tako da voda prehaja samo skozi prepustno površino. V primeru, da kakšna od membran počí, jo je potrebno zamašiti s posebno smolo. Postopek kontrole modulov pa je potrebno izvajati večkrat letno.

Primer postavitve UF naprave prikazuje slika št. 17.



Slika 17: Primer večjega sistema z ultrafiltracijo ($5\,000\text{ m}^3/\text{dan}$, za cca 20 000 ljudi)
[Kurihara, 2003].

4.6.1 Predčiščenje

Predčiščenje se izvaja pred vstopom vode v membranski sistem. Uporablja se za odstranjevanje večjih suspendiranih delcev, določenih raztopljenih snovi, izboljšanje učinkovitosti in produktivnosti sistema, podaljšanje življenjske dobe membran in preprečevanje fizičnih okvar na membranah. Z membranskim procesom se lahko kombinirajo različni načini predčiščenja, odvisno od tipa surove vode.

4.6.1.1 Prefiltracija

Prefiltracija se običajno uporablja za odstranjevanje večjih delcev. Lahko se izvaja pred celotnim membranskim sistemom ali pa pred vsako posamezno membransko enoto. Velikost por predfiltrov je odvisna od vrste membranskega sistema in kvalitete surove vode. Za sistem z votlimi cevčicami in načinom delovanja »inside – out« se velikosti por predfiltrov gibljejo med $100 - 300\ \mu\text{m}$, za način »outside – in« pa med $300 - 3\,000\ \mu\text{m}$ *[USEPA, 2005].*

4.6.1.2 Adsorpcija

Za adsorpcijska sredstva se uporablja aktivno oglje v prahu ali železov oksid. Z adsorpcijo pred UF izboljšamo odstranjevanje raztopljenih organskih snovi, barve, vonja, okusa, DBP, pesticidov in sintetičnih spojin.

4.6.1.3 Koagulacija

Koagulanti se dodajajo za izboljšanje odstranjevanja TOC, raztopljenih organskih snovi, THM, DBP, barve, vonja, okusa, delno tudi totalne organske halogene. S tem se izboljša učinkovitost in produktivnost UF sistema. Pri izbiri kemikalij moramo biti pozorni, da ne vplivajo na membranski material, da ga ne poškodujejo ali uničijo [USEPA, 2005].

4.6.2 Pranje in čiščenje UF membran

Proces povratnega pranja membran je v principu podoben povratnemu pranju konvencionalnih (peščenih) filtrov. Namen tega pranja je, da se odstranijo nečistoče, ki se naberejo na površini membran. Vsaka membranska enota se pere ločeno od ostalih, v različnih časih, zato da se čim manj enot pere istočasno. Cikel pranja se izvaja s povratnim tokom vode in traja od 30 sekund do 3 minut, v intervalih na 15 do 60 minut. Izgube vode zaradi pranja znašajo od 5 do 10% prefiltrirane vode v ciklu filtracije [USEPA, 2005].

Povratno pranje se prične, ko tlak pred membrano doseže določeno vrednost, lahko pa je pranje določeno s programom, kar pride v poštev pri stalni kvaliteti surove vode. V nekaterih sistemih se pri pranju dodaja zrak, da se zmanjša poraba vode. Dodaja pa se tudi klor (če to dovoljuje membranski material), ki izboljša splošno učinkovitost pranja.

S kemičnim čiščenjem preprečimo biološko razrast in odstranimo delce, ki jih s povratnim pranjem nismo uspeli. Kemično čiščenje se izvaja v vsaki posamezni enoti ob različnih časih kot pri pranju. Za čiščenje membran se uporabljajo različne kemikalije, ki odstranjujejo različne snovi. Na primer, kisline se uporabljajo za raztapljanje anorganskih snovi, baze se

uporabljajo za raztapljanje organskih snovi, detergenti pa za odstranjevanje organskih in trdnih delcev, še posebej tistih, ki se težko raztopijo.

Za preprečevanje nastanka biofilma se lahko uporabijo tudi koncentrirani dezinfektanti. Glede na raznolikost snovi, prisotnih v surovi vodi, je potrebno uporabiti kombinacijo teh kemikalij, da dosežemo učinkovito čiščenje. Kemično čiščenje je omejeno za membrane, ki ne prenašajo oksidantov in/ali ekstremne pH vrednosti. O uporabi kemikalij se moramo posvetovati s proizvajalcem membran, da ne pride do nepotrebnih poškodb.

Pri procesu čiščenja čistilna raztopina kroži v membranskem sistemu z visoko hitrostjo in povišano temperaturo. Po stopnji kroženja nastopi faza namakanja, na koncu pa se membranski sistem temeljito izpere. Ta proces lahko ponavljamo z uporabo različnih kemikalij, da dosežemo zahtevano stopnjo čistosti. Kemično čiščenje se običajno izvaja po potrebi, na 1 do 6 mesecev, traja pa od 2 do 24 ur [USEPA, 2005].

4.6.3 Primerjava UF s klasičnimi postopki

Velika prednost UF je, da pri procesu ne prihaja do tvorbe DBP in sama po sebi ni toksična, kot je to pri kloru, ozonu in drugih. Ob izbiri prave velikosti por je učinkovitejša od vseh do sedaj znanih kemičnih dezinfekcijskih sredstev [Kompare, Ravnikar, 2005]. Kvaliteta očiščene vode je konstantna, ne glede na kvaliteto surove vode. Pri klasičnih postopkih pa je doziranje kemikalij (koagulantov, dezinfektantov) odvisno od parametrov surove vode. Pri tem je zelo pomembno optimiziranje procesa (izbira vrste in koncentracije kemikalij, pH, kontaktni čas, mešalni pogoji, tvorba reziduala). Če ti procesi niso usklajeni, lahko delci prehajajo skozi filtrni material, lahko pride do presežka koagulanta in/ali dezinfektanta in tvorbe DBP. Pri UF se kemikalije uporabljajo le za čiščenje in obdelavo odpadne vode ter za ustvarjanje reziduala dezinfekcijskega sredstva v distribucijskem sistemu. Kemikalije za čiščenje membran se v veliki meri (90%) lahko tudi reciklirajo [USEPA, 2005]. Tako je UF ugodna tudi z vidika varovanja okolja. Prednost UF je tudi v tem, da je konstrukcijska zasnova gradbenih objektov enostavnejša, zato lahko več sredstev vložimo v tehnološko opremo. Po pranju UF membran so te takoj pripravljene za nadaljno uporabo, medtem ko moramo pri peščenih filtrih vodo prvih 15 – 60 minut ponovnega delovanja speljati v odvod

odpadne vode oz. vrniti v proces filtriranja. Po drugi strani pa je pranje UF potrebno izvajati pogosteje, zaradi česar je dodatna oprema (zasuni, črpalke. itd.) bolj obremenjena in zahteva več vzdrževanja in primerno usposobljene delavce oz. avtomatiko.

4.6.4 Dimenzioniranje

Dele UF tehnologije se izdelava v tovarni in nato dostavi v čistilno napravo. Pri dimeznioniranju variante ČN2 sem si pomagala s prospektom podjetja Norit X-Flow. Izbrala sem napravo XIGA, ki je lahko sestavljena iz 1 ali več linij. Za pretok 180 l/s sem izbrala dva sklopa po 21 tlačnih cevi.

En sklop je dimenzij 7,0 x 2,7 x 4,5 m, postavljena sta vzporedno, med njima pa je 1,5 m prostora. Volumen bazena za nevtralizacijo je 30 m³. Pralna voda se dovaja iz vodohrana s črpalko in odvaja v obstoječ bazen pralnih voda.

Shema delovanja variante ČN2 je prikazana v prilogi 2.

5 VIRI FINANCIRANJA GOSPODARSKIH JAVNIH SLUŽB

Z gospodarskimi javnimi službami (GJS) se zagotavljajo materialne javne dobrine kot proizvodi in storitve, katerih trajno in nemoteno proizvodnjo v javnem interesu zagotavlja Republika Slovenija, oziroma občina ali druga lokalna skupnost zaradi zadovoljevanja javnih potreb, kadar in kolikor jih ni mogoče zagotavljati na trgu. GJS se določajo z zakoni s področja energetike, prometa in zvez, komunalnega in vodnega gospodarstva, varstva okolja ter z zakoni, ki urejajo druga področja gospodarske infrastrukture [Rakar, 1994].

Ko govorimo o virih financiranja GJS je potrebno najprej ločiti izvajanje GJS oziroma obveznosti za investiranje v infrastrukturo. V okviru izvajanja GJS je mogoče opredeljevati zgolj izvajanje storitev upravljanja in vzdrževanja obstoječe infrastrukture, medtem ko investicije v infrastrukturne objekte niso sestavni del izvajanja GJS [Naveršnik, 2006].

5.1 Možni viri financiranja

Ločujemo vire financiranja izvajanja GJS in vire financiranja investicij v infrastrukturne objekte in naprave. Pri tem je potrebno upoštevati, da sta izvajanje GJS in financiranje investicij tesno soodvisni in so posledično določeni viri medsebojno povezani oziroma lahko služijo tako financiranju izvajanja GJS kot financiranju investicij. Med možnimi viri financiranja pa spadajo tudi viri financiranja investicij v sredstva javnih podjetij.

Del virov financiranja izvajanja GJS se lahko preko obračuna amortizacije pojavi kot vir financiranja investicij v infrastrukturne objekte. Amortizacija je eden izmed sestavnih delov cene GJS in ni vir za izvajanje teh služb. Se pa zbira (krije) iz virov financiranja izvajanja GJS in je kot taka vir financiranja investicij v infrastrukturo.

Med viri financiranja izvajanja GJS tako poznamo:

- subvencije države ali občin k cenam izvajanja GJS,
- subvencije države ali občin za pokrivanje izgube pri izvajanju GJS [Naveršnik, 2006].

Možni finančni viri za izvedbo investicij v skladu z nacionalnim programom varstva okolja so:

- sredstva zbrana iz cen komunalnih storitev kot osnovni in primarni vir, ki se ne formirajo na način, ki je uveljavljen v EU, čeprav je z ustreznim odlokom o oblikovanju cen storjen odmik od togega administrativnega določanja cen na državni ravni,
- sredstva amortizacije, ki so namenjena za enostavno reprodukcijo,
- sredstva zbrana ob ceni komunalnih storitev, ki so namenjena za razširjeno reprodukcijo,
- dobiček kot vir sredstev za razširjeno reprodukcijo,
- subvencije občin in države,
- sredstva zbrana iz naslova takse za obremenjevanje vode in takse za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov kot namenska sredstva državnega proračuna za izgradnjo investicijskih projektov za zmanjševanje onesnaževanja vodnih virov,
- občinske takse,
- dotacije občin,
- proračunska sredstva RS, ki so namenjena izgradnji komunalne infrastrukture, izvajanju nalog proračunskih uporabnikov ali pa so lastna sredstva kot udeležba pri projektih, sofinanciranih preko programov za pridobivanje tujih finančnih sredstev,
- nepovratna sredstva EU, namenjena pridruženim članicam za implementacijo evropske zakonodaje. Obstajajo različni programi, za katere pa morajo biti zagotovljena tudi sredstva sofinanciranja na namenskih postavkah RS,
- kreditna sredstva bank, skladov in drugih, namenjena v vlaganja v infrastrukturne objekte,
- kombinirani način financiranja [*Naveršnik, 2006*].

Za financiranje investicij v lasti javnih podjetij pa se lahko uporablja:

- amortizacija osnovnih sredstev v lasti podjetja,
- dobiček podjetja (če se ne razporedi lastnikom),
- najeta posojila,
- nepovratna sredstva države ali občin za financiranje sredstev v lasti podjetja.

5.1.1 Posebnosti posameznih virov

Cene gospodarskih javnih služb

Cene GJS bi morale biti v skladu z načelom »povzročitelj plača« glavni vir financiranja tako izvajanja GJS kot financiranja investicij v infrastrukturo (preko amortizacije in ustvarjenega dobička). Ker pa država že od osamosvojitve zaradi brzdanja inflacije cene storitev GJS uporablja kot eno izmed pomembnejših sider inflacije (Uredba o predhodni prijavi cen komunalnih storitev in Navodilo za oblikovanje cen storitev v GJS skladno z Zakonom o kontroli cen), pa te cene večinoma precej zaostajajo za dejanskimi stroški izvajanja posamezne GJS. Zato se je pojavilo tudi zaračunavanje določenih storitev, ki velikokrat služijo tudi za izogibanje omejitvam pri povišanju cen GJS (npr. števnina) ter uveljavitev drugih oblik zbiranja virov financiranja investicij v infrastrukturi od uporabnikov storitev GJS (npr. okoljske dajatve za obremenjevanje vode, okoljske dajatve za obremenjevanja okolja zaradi odlaganja odpadkov, občinske takse, ipd.) [*Naveršnik, 2006*].

Amortizacija v javnih podjetjih

Pri izračunu amortizacije je potrebno poznati:

- vrednost osnovnega sredstva,
- dobo njegovega trajanja,
- vrednost velikih popravil,
- preostalo vrednost na koncu dobe trajanja osnovnega sredstva [*Naveršnik, 2006*]
- model obračunavanja amortizacije (običajno je linearni).

V Sloveniji se pojavlja problem ugotavljanja vrednosti pri objektih in napravah za izvajanje GJS zaradi neizdelanih katastrov infrastrukture in neustreznim računovodenjem osnovnih

sredstev v preteklosti, kar vpliva na nepopolne evidence teh sredstev in neustrezno izkazane vrednosti teh sredstev.

Sredstva zbrana za razširjeno reprodukcijo

Ta sredstva so namenjena financiranju infrastrukture in ne smejo postati dobiček podjetja. Zato se ta del cene GJS izkazuje med stroški izvajanja dejavnosti kot »upravičena cena« in povečuje obveznosti do občine oziroma prihodke občinskih proračunov. Tako zbrana sredstva podjetje ločeno evidentira in jih namenja po potrjenih programih posameznih občinskih svetov v naložbe skladno z veljavno zakonodajo [Naveršnik, 2006].

Subvencije občin ali države

Država izvajanja GJS, ki sodijo v pristojnost lokalne samouprave, običajno ne subvencionira. V primerih, ko izvajalec z izvajanjem GJS ustvarja izgubo, bi jo morala pokriti občina, saj je ona tista, ki določa pogoje izvajanja GJS. Občine se za subvencioniranje izvajanja GJS odločijo šele, ko izguba presega obračunano amortizacijo infrastrukture.

Takse – okoljske dajatve na ravni državi

Pri izvajanju obveznih GJS se kot vir za financiranje infrastrukture na lokalni ravni obračunavata: taksa za obremenjevanje vode in akša za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov. Niti izvajalec GJS niti občina pa teh sredstev ne more prosto uporabljati, saj so predpisani ukrepi, s katerimi se omogoči porabo teh sredstev zgolj za investicije v infrastrukturo, ki omogočajo zmanjševanje obremenitev okolja.

Občinske takse

Občinske takse imajo enak pomen kot takse, ki jih predpisuje država, torej zbiranje sredstev za financiranje novih investicij v infrastrukturne objekte. Prednost občinskih taks z vidika občin je v tem, da ni neposrednega nadzora za kakšen namen se sredstva porabijo, ter da je mogoče ta sredstva zbirati za večje investicije v več obračunskih obdobjih [Naveršnik, 2006].

Sofinanciranje iz državnega proračuna

Država mora še posebej zaradi izpolnjevanja pogojev, ki smo jih sprejeli v postopkih pridružitve EU, poskrbeti da bodo do določenih rokov izgrajeni zahtevani infrastrukturni objekti. Problemi se pojavljajo predvsem pri urejenih odlagališčih odpadkov in čistilnih napravah. Za doseganje tega cilja, določena sofinancirana sredstva zagotovi država. Državna sredstva se podeljujejo preko javnih razpisov, pri katerih so postavljeni pogoji za pridobivanje sredstev. Ministrstvo za okolje in prostor na podlagi razpisov vsako leto sofinancira gradnjo komunalne infrastrukture. Osnova za sofinanciranje investicij v komunalno infrastrukturo je sprejet Nacionalni program varstva okolja (NPVO) [Naveršnik, 2006].

Sredstva EU namenjena financiranju komunalne infrastrukture

Za financiranje je poleg domačih na voljo več tujih virov sredstev, namenjenih za uresničevanje programov in naložb za sektor vodnega gospodarstva in gospodarjenja za odpadki. To so nepovratna sredstva EU, namenjena pridruženim članicam za implementacijo evropske zakonodaje. Obstajajo različni programi, za katere pa morajo biti zagotovljena tudi sredstva sofinanciranja na namenskih postavkah RS [Naveršnik, 2006].

Tuja sredstva – krediti

Pri vlaganjih v komunalne in druge dejavnosti GJS gre ponavadi za velike zneske, ki jih posamezna javna podjetja težko zmorejo zagotoviti sama. Za vlaganja v infrastrukturne objekte je možno pridobiti tudi različna posojila z ugodnimi posojilnimi pogoji. Taka posojila je mogoče pridobiti bodisi od nekaterih domačih skladov, ki so bili ustanovljeni z namenom financiranja takih naložb (Ekološko razvojni sklad, Sklad za regionalni razvoj, ipd.) in od domačih ter tujih bank [Naveršnik, 2006].

Koncesije

Lokalna skupnost lahko del strokovno – tehničnih in razvojnih nalog, ki so sicer v njeni pristojnosti, dodeli za to usposobljeni organizaciji ali podjetju. Te naloge lahko opravljajo tudi osebe zasebnega prava. Gre za naloge s področja:

- razvoja, načrtovanja in pospeševanja GJS
- investicijsko načrtovanje in gospodarjenje z objekti in napravami, potrebnimi za izvajanje GJS.

Koncesija se lahko dodeli na več načinov:

- oddajanje del osebam zasebnega prava preko javnega razpisa: gre za vrsto del, ki nimajo trajnega značaja in se izvajalca išče, ko nastopijo potrebe po takih delih,
- podelitev koncesije za opravljanje določenih del, ki so trajnega značaja: v tem primeru ostane lokalna skupnost lastnik objektov in naprav in ustanovi za izvajanje komunalnih dejavnosti celo režijski obrat ali javno podjetje; na tretjo osebo, torej privatnika, pa prenese s koncesijsko pogodbo izvajanje posameznih storitev znotraj dejavnosti,
- podelitev koncesije za zagotavljanje določenih dobrin in storitev ter za ohranjanje obratovalne in funkcionalne sposobnosti komunalnih oskrbovalnih sistemov: v tem primeru lokalna skupnost v zvezi z izvajanjem komunalne dejavnosti obdrži upravno in razvojno funkcijo, tehnično funkcijo pa v celoti prepusti tretji osebi, torej zasebnemu podjetniku ali delniški družbi,
- »BOT« model (Build, Operate, Transfer): v tem primeru lokalna skupnost najame lastnika zasebnega kapitala, da pripravi projekte, zgradi objekte in skrbi za njihovo nemoteno obratovanje v prvih treh do osmih letih; po preteku te dobe investitor prenese objekte in naprave na lokalno skupnost,
- Podelitev polne koncesije: gre za dodelitev lastniku kapitala lastnost investitorja, graditelja in upravitelja določenih komunalnih objektov in naprav za dobo 20-30 let, kar ustreza življenjski dobi teh objektov [Rakar, 1994].

5.1.2 Uporaba posameznih virov

Gospodarske javne službe lahko ločimo glede na naravo GJS na:

- individualno komunalno rabo in
- kolektivno komunalno rabo.

Tako lahko posamezne vire uporabimo za financiranje izvajanja individualne in kolektivne komunalne rabe.

V okvir individualne komunalne rabe uvrščamo tiste dejavnosti, pri katerih je mogoče določiti individualnega uporabnika in količino storitev ki jih je porabil, posledično pa se račun za opravljeno storitev izstavi uporabniku. Primarni vir financiranja izvajanja GJS je tako cena storitve GJS, ki jo plačujejo uporabniki, v posameznih primerih pa lahko tudi subvencija države k ceni izvajanja teh storitev pziroma subvencija za kritje nastale izgube z izvajanjem GJS. Med GJS individualne komunalne rabe tako štejemo: oskrbo z vodo, odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih in padavinskih voda, ravnanje z odpadki, pogrebno in pokopališko dejavnost, oskrbo s plinom, daljinsko ogrevanje, mestni potniški promet, ipd. *[Naveršnik, 2006].*

V okvir kolektivne komunalne rabe pa sodijo tiste dejavnosti, katerih porabe ni mogoče razporediti na posamezne uporabnike, temveč je interes za izvajanje teh dejavnosti na lokalni skupnosti, zaradi česar tudi račune za izvajanje teh dejavnosti plačuje lokalna skupnost iz proračunskih virov. Edini vir financiranja teh GJS pa je cena za izvajanje GJS, ki se plačuje neposredno iz občinskega ali državnega proračuna. Med dejavnost kolektivne komunalne rabe pa sodijo: javna razsvetljava, vzdrževanje cest, čiščenje in vzdrževanje javnih površin, ipd. *[Naveršnik, 2006].*

5.2 Slovenija in evropski denar

Sredstva iz EU je mogoče pridobiti kot nepovratna sredstva in posojila. Med področji dejavnosti, za katera se dodeljujejo nepovratna sredstva, najdemo regionalno politiko.

Osnovna ideja je v tem, da se poveže regija, ki je manj razvita, država v kateri je ta regija in Evropska komisija in da se skozi dogovorjene finančne instrumente in programe pospešuje razvoj te manj razvite regije. Poglavitni elementi regionalne politike EU so:

- štirje strukturni skladi (Evropski sklad za regionalni razvoj, Evropski socialni sklad, Evropski kmetijski jamstveni in usmerjevalni sklad in Finančni instrument za ribištvo),
- kohezijski sklad,
- iniciative (Interreg, Equal) [*Naveršnik, 2006*].

Glede posojil v evropskem prostoru deluje več mednarodnih finančnih institucij, ki v skladu s svojimi ustanovitvenimi akti financirajo različne panoge. Te institucije bodisisodelujejo z državnimi institucijami ali pa preko kredibilnih posredniških bank, ki so jim odobrene kreditne linije za nadaljnje financiranje investicijskih projektov svojih komitentov. Krediti, ki jih odobravajo, so strogo namenski in v skladu z določili vsake posamezne kreditne pogodbe s tujimi kreditorji. Krediti iz teh sredstev so ugodnejši od osnovne ponudbe financiranja bank [*Naveršnik, 2006*].

5.2.1 Kako do sredstev EU?

Pridobivanje sredstev EU poteka po naslednjih korakih:

- iskanje finančnih virov – dotacij ali podpor,
- analiza razpisa,
- optimizacija projektne predloga,
- priprava prijave.

Zbiranje informacij o možnih virih financiranja projektov začnemo pred objavo razpisov za financiranje projektov iz različnih finančnih virov. Dobimo jih iz objav strategij, proračunov in finančnih okvirov programskih dokumentov. Ko najdemo tak finančni vir, ki bi bil primeren za črpanje sredstev, preverimo, ali naš projekt izpolnjuje pogoje za pridobitev teh sredstev. Najpomembneje pri tem je, da je skladen z namenom strateškega ali programskega dokumenta in seveda z namenom finančnega vira. V vsakem razpisu so navedeni tudi kriteriji za izbor projektov. Na podlagi teh kriterijev prilagajamo vsebino projekta.

Že pred razpisom pa se lotimo priprave projekta, saj je od objave razpisa in do njegovega zaključka premalo časa, da bi projekt še pripravljali.

5.2.2 Pridobitev nepovratnih sredstev iz strukturnih skladov EU

Slovenija namerava učinkovito in uspešno uporabljati pomoč iz strukturnih skladov EU. Za nadaljnje približevanje EU glede ravni ekonomske in socialne razvitosti in ob tem za odpravo notranjih nesorazmerij v okviru Slovenije so zastavljeni naslednji glavni cilji:

- povprečna letna rast BPD (bruto domači proizvod): postopno zmanjšanje zaostanka BDP na prebivalca za povprečjem EU,
- rast zaposlenosti: gospodarska rast se mora obdržati tudi pri ustvarjanju novih delovnih mest in ohranjanju obstoječih,
- uravnotežen regionalni razvoj: cilji se bodo uresničevali s prostorsko usmerjenim pristopom, ki naj bi zagotovil, da bosta rast BDP in zaposlenost povečala blaginjo tudi v manj razvitih, pretežno obrobni regijah [*Štancar, 2005*].

Ti cilji so zastavljeni v Enotnem programskem dokumentu, kjer so predvidene tudi aktivnosti, ki sledijo strateškimi razvojnim ciljem Slovenije. Enotni programski dokument izhaja iz Državnega razvojnega programa Republike Slovenije 2001 – 2006, ki predstavlja izvedbeni dokument Strategije gospodarskega razvoja Slovenije kot glavnega strateškega dokumenta države [*Naveršnik, 2006*].

Vloga EU ni omejena le na posredovanje finančnih sredstev niti ne nadomešča sredstev, temveč jih dopolnjuje. Sredstva strukturnih skladov dodeli državam članicam, potem ko te Evropski komisiji predložijo programski razvojni načrt in se o njegovi končni vsebini z njo pogajajo. Načrt vsebuje opis ekonomskega in socialnega stanja države/regije, razvojne prednostne naloge in strategijo, kako bodo strukturni skladi prispevali k doseganju ciljev in podrobno opredelitev finančnih sredstev države članice [*Štancar, 2005*].

5.2.3 Finančna perspektiva 2007 – 2013

Da bi v prihodnje še uspešnejše obladovali izzive, ki jih prinaša globalno stanje, je Evropska komisija leta 2004 predstavila paket kohezijske politike za obdobje 2007 – 2013. paket obsega pet predlogov uredb in sicer:

1. Uredba o splošnih določbah o evropskem skladu za regionalni razvoj, evropskem socialnem skladu ter kohezijskem skladu,
2. Uredba o evropskem skladu za regionalni razvoj: sredstva se bodo namenjala investicijam v infrastrukturo, razvoju endogenih potencialov z ukrepi spodbujanja regionalnega in lokalnega razvoja, podpori in storitvam za mala in srednja podjetja, razvoju in financiranju finančnih instrumentov ter razvoju storitev za prebivalstvo,
3. Uredba o evropskem socialnem skladu: cilji tega sklada so usmerjeni v programe, ko bodo zagotavljali večjo prilagodljivost podjetij in delavcev,
4. Uredba o kohezijskem skladu,
5. Uredba o evropskem združenju za čezmejno sodelovanje [*Naveršnik, 2006*].

6 PRIMERJALNA ANALIZA DVEH RAZLIČNIH VARIANT ČIŠČENJA

Na osnovi rezultatov fizikalno – kemijskih in mikrobioloških analiz surove in obdelane vode ter na osnovi analize obstoječega stanja na čistilni napravi Grmov vrh sem med seboj primerjala dve možnosti čiščenja pitne vode. Med seboj sta primerjani varianti:

1. ČN1 - Obnova čistilne naprave: koagulacija in flokulacija, radialni usedalnik, dva hitra peščena filtra, dezinfekcija s ClO_2 in ClO_2 za rezidual;
2. ČN2 - Novogradnja: predfilter, nadtlačna »dead-end« ultrafiltracija, dezinfekcija s ClO_2 in ClO_2 za rezidual.

Omenjeni varianti sem med seboj primerjala po sledečih kriterijih:

- stroški investicije,
- kvaliteta očiščene vode,
- obratovanje (električna priključna moč, poraba elektrike, poraba kemikalij),
- vzdrževanje in
- ekološki vplivi (hrup, vizualno onesnaženje).

Vsi kriteriji so ocenjeni s + (plus) in – (minus) glede na njihovo pomembnost. V nadaljevanju so v preglednicah opisane tudi prednosti in pomanjkljivosti posamezne tehnologije.

6.1 *Opisi posameznih variant*

6.1.1 **Varianta ČN1 – Obnova obstoječe ČN**

Obstoječa mešalno – reakcijska komora se ohrani in uporabi za doziranje aluminijevega sulfata kot koagulant. Ohrani se tudi obstoječi usedalnik, sanira se zgornja betonska plošča in zamenja mehanske sklope za pobiranje mulja. Ob usedalniku je postavljen objekt za proizvodnjo klorovega dioksida.

V objektu je skladišče za kemikalije, napajalni sistem in generator ClO₂. Obstoječa hitra filtra sta zamenjana z dvema novima, istih karakteristik. Deklorinatorja bosta odstranjena. Vodohran je povečan iz 500 m³ na 600 m³ in prestavljen bliže peščenim filtrom.

Voda v ČN se bo pretakala gravitacijsko, ohrani se tudi bazen pralnih voda. Tloris obnovljene čistilne naprave je prikazan v prilogi št. 1.

6.1.2 Varianta ČN2 – Novogradnja ČN z uvedbo ultrafiltracije

Ultrafiltracija po konceptu XIGA (»dead-end«) je primerna za vode z vsebnostjo suspendiranih delcev < 50 mg/l. Membranski moduli so vgrajeni v tlačne cevi, material pa je PES v PVC ceveh. Velikost por je 0,01 μm, premer cevk pa 0,8 mm. Surova voda teče skozi kapilaro po načinu »outside – in«, kar pomeni, da nečistoče ostajajo na zunanji strani. Očiščena voda se sekundarno dezinficira s klorovim dioksidom. Prečiščena voda bo odtekala v 600 m³ VH in naprej v distribucijo.

Ultrafiltracijska naprava bo sestavljena iz dveh sklopov po 21 tlačnih cevi. Za zaščito membran sta predvidena dva predfiltra z velikostjo por 200 μm. Filter ima elektromotorni pogon, ohišje iz jekla, z zunanjo in notranjo protikorozijsko zaščito. V vsakem sklopu so vgrajeni merilci tlaka, pretoka in ventil za vsako tlačno cev posebej.

Pranje sklopov se bo izvajalo v rednih časovnih intervalih, z občasnim kemičnim čiščenjem. Sklopi se perejo eden za drugim. Pralne vode se odvajajo v obstoječ bazen pralnih vod, vode z dodatkom kemikalij pa v predvidene nevtralizacijske bazene. Kemikalije se bodo dozirale iz skladiščnih rezervoarjev. Glavne kemikalije pa so : 40 % H₂SO₄, 45% NaOH, 15% NaOCl. Odvod pralnih vod je predviden v sedimentacijski bazen v neposredni bližini. Za delovanje sistema je potrebno zagotoviti 200 kW električne moči.

Objekt za pripravo vode je predviden neposredno ob obstoječem, s površino 150 m² in višino 6 m. Naprava bo v celoti delovala avtomatsko, brez prisotnosti osebja. Potrebna bo le občasna kontrola delovanja. Tloris ČN2 je prikazan v prilogi št. 2.

Dovodi komunalnih vodov ostanejo nespremenjeni, prav tako dovozna pot. Napajanje z električno energijo bo urejeno iz obstoječega objekta, za potrebo vgradnje predvidene opreme se izvede prizidek. Med gradnjo objekta bo obratovala obstoječa naprava.

7 TABELARIČNI PRIKAZ VREDNOTENJA VARIANT

V nadaljevanju so v obliki preglednic št. 12 do 14 prikazane naslednje primerjave:

- ocena današnje investicije posamezne tehnologije ČN,
- prednosti in pomanjkljivosti posamezne ČN,
- kriteriji in ocene,

Preglednica 12: Pregled kriterijev za ocenjevanje variant.

Kriteriji	ČN1 - Obnova obstoječe ČN	ČN2 - Novogradnja z UF
Potrebna voda za pranje	5-10%	4-5%
Motnost po čiščenju	< 1 NTU	< 0,1 NTU
Odstranjevanje cist	Ne odstrani	Popolnoma odstrani
Električna priključna moč		200 kW
Letni stroški porabe elektrike		26 600 €
Letni stroški porabe kemikalij	10 000 €	10 220 €
Št. delavcev	3	2
BOD zaposlenih/leto	40 000 €	30 000 €
Letni stroški osnovnega vzdrževanja	Menjava filternih mas na 5 let 23 000 €/leto	Zamenjava UF membran: 25 000 €/leto
Ocena investicije (brez DDV)	3 000 000 €	5 400 000 €

Preglednica 13: Prednosti in pomanjkljivosti posameznih tehnologij za ČN Grmov vrh.

Kriteriji	ČN1 – Obnova obstoječe ČN	ČN2 – Novogradnja z UF
Prednosti	<ul style="list-style-type: none"> - kvaliteta čiščenja je dobra glede na odstranjevanje motnosti - voda se skozi ČN pretaka gravitacijsko - proizvaja električno energijo 	<ul style="list-style-type: none"> - kvaliteta očiščene vode zelo dobra glede na odstranjevanje mikroorganizmov in motnosti - zelo primerna za odstranjevanje nizkih motnosti - zaustavitev in ponovni zagon neproblematična za kvaliteto filtrata - manj obsežno osnovno vzdrževanje - manjši gradbeni poseg - brez vnosa kemikalij - doziranje kemikalij le za potrebe čiščenja membran - konstantna kvaliteta filtrirane vode - dosega čedalje strožje predpise za pitno vodo - avtomatiziran proces
Pomanjkljivosti	<ul style="list-style-type: none"> - tvorba stranskih produktov dezinfekcije - potreben večji gradbeni poseg - večje osnovno vzdrževanje - potrebna stalna prisotnost delavcev - veliki poraba kemikalij - zaustavite in ponovni zagon problematična za kvaliteto filtrata - pogostejše pranje filtrov 	<ul style="list-style-type: none"> - za zamenjavo membran je potrebna večja investicija - velika poraba električne energije - bolj kompleksno krmiljenje - iz vidika varstva pri delu in potrebnih kadrov bolj zahtevna

V razpredelnici št. 14 sta varianti ocenjeni s sedmimi kriteriji in sicer: investicija, kvaliteta očiščene vode, obratovanje, vzdrževanje, poraba kemikalij in ekološki vplivi. Ocenila sem ju s + (plus) in – (minus), pri čemer + pomeni prednost, - pa slabost.

Preglednica 14: Ocenjevanje kriterijev.

Kriterij	ČN 1	ČN 2
Investicija	+	-
Kvaliteta očiščene vode	-	+
Obratovanje (električna priključna moč, poraba elektrike)	+	-
Vzdrževanje	-	+
Poraba kemikalij	-	+
Ekološki vplivi (prostorske omejitve, vizualno onesnaženje, hrup)	-	+

Razpredelnica 14 prikazuje primerjavo med varianto ČN1 in ČN2. Zaradi boljše interpretacije sem uporabila označevanje s plus in minus, saj na primer ocenjevanje od 1 do 10 ne bi dalo primernih rezultatov. Iz razpredelnice je razvidno, da ima varianta ČN2 več prednosti kot varianta ČN1, pri čemer so te prednosti tudi bolj pomembne. Slabosti variante ČN2 so predvsem finančne narave, saj je začetna investicija večja od investicije za varianto ČN1. Vendar pa so ostali kriteriji, kot je na primer kvaliteta očiščene vode, večjega pomena, zato je iz teh vidikov varianta ČN2 boljša.

8 ZAKLJUČEK S PREDLOGI

Trenutno se povsod po Svetu soočajo s problemi oskrbe s pitno vodo. Ponekod prihaja do pomanjkanja vode in do vodnega stresa. Obnovljivih vodnih virov je čedalje manj in so večinoma tudi neprimerno zaščiteni pred onesnaženjem. Potrebno bo razviti politike in strategije razvoja, ki težijo k racionalni rabi pitne vode, zaščititi obnovljivih vodnih virov in zmanjšanju onesnaženja.

V Sloveniji imamo na razpolago relativno veliko vode, podobno kot v ostalih alpskih državah. Težko je kontrolirati onesnaževanje na velikih površinah in za razpršene vodne vire, kar pri lokalnih in manjših javnih vodovodnih sistemih predstavlja stalno grožnjo. V tem pogledu bi bilo mogoče primerno te manjše sisteme združiti v večje, s skupnimi vodnimi viri, pri tem pa zagotoviti zadostne količine vode kontrolirane kakovosti, kar je zapisano tudi v NPVO.

V Šaleški dolini dejavnost oskrbe s pitno vodo zagotavlja Komunalno podjetje Velenje, d.o.o. Oskrbuje okoli 43 500 prebivalcev, kar predstavlja 98% vseh prebivalcev treh občin, in sicer MO Velenje, Občine Šoštanj in Občine Šmartno ob Paki. Najizdatnejši vodni vir v upravljanju KP Velenje je izvir Ljubija, katerega voda se čisti na ČN Grmov vrh. Analize odvzetih vzorcev vode pred vstopom v ČN so pokazale, da je voda občasno neprimerna za pitje, predvsem ob močnejših nalivih je bolj motna. Zaradi kraškega značaja izvira so v vodi prisotni tudi mikroorganizmi, ki so potencialno zdravju škodljivi. Obstoječa ČN po besedah upravljavca in zaradi zastarelosti ne obratuje več optimalno.

Po pregledu primernih načinov čiščenja pitne vode sem v analizi ugotovila, da je za tip vode, ki se čisti na ČN Grmov vrh, najbolj primerna ultrafiltracija. Glede kakovosti očiščene vode je dosti boljša od vseh naštetih standardnih postopkov, kar jo uvršča na sam vrh, pri čiščenju pa se ne uporabljajo kemikalije. Njena slabost je predvsem velika začetna investicija, zahteva pa tudi bolj izobražene kadre za upravljanje in vzdrževanje.

Pri začetni investiciji si lahko pomagamo z denarjem iz EU. Slovenija se uspešno poteguje za pridobitev nepovratnih sredstev iz kohezijskih in strukturnih skladov EU, za ta sredstva pa se poteguje tudi KP Velenje, med drugim za obnovo ČN Grmov vrh.

Iz predhodnih opisov in medsebojnih primerjav lahko ugotovimo, da je z upoštevanjem vseh kriterijev najbolj primerna varianta ČN2. Ta varianta ima več prednosti. Kvaliteta očiščene vode je predvsem iz vidika motnosti zelo dobra, odstranjuje pa tudi mikroorganizme. Delovanje takšne ČN je popolnoma avtomatizirano, zato je sprotno vzdrževanje nezahtevno. V postopku čiščenja se kemikalije ne uporabljajo, naprava zahteva malo prostora in je ekološko bolj primerna. Varianta ČN1 je primernejša le z vidika začetne investicije in porabe elektrike, saj se voda pretaka gravitacijsko. Zagotavljanje varnosti in kvalitete očiščene vode sta glede na čedalje strožje predpise nezadostni, iz tega vidika sem ČN1 postavila na drugo mesto.

Predlogi:

- Najprimernejšo tehnološko linijo priprave pitne vode predstavlja varianta ČN2: predfiltracija, ultrafiltracija, vodohran, sekundarna dezinfekcija.
- Potrebna je zadostna zaščita za primer razlitja kemikalij.
- Potrebno je zagotoviti dovolj izobražen kader za upravljanje kompleksnega krmiljenja.
- Za optimalno delovanje naprave je potrebno redno pregledovanje in sanacija membran.

Navedeni predlogi so vsi uresničljivi in pri tem je potrebno izrecno poudariti, da tudi realni, posebej še ob dejstvu, da ima Komunalno podjetje Velenje bogate izkušnje in dovolj tehničnega in strokovnega znanja tudi pri zagotavljanju nepovratnih sredstev EU, nepovratnih sredstev iz proračuna RS in drugih ugodnih virov za izvedbi podobnih infrastrukturnih projektov kar je tudi že dokazalo z gradnjo CČN Šaleške doline za odpadne vode [Naveršnik, 2006].

UPORABLJENI VIRI

Benčič, M. (ur.). 2006. 75 let oskrbe z vodo v Šaleški dolini, Od štirne in gašperja do Komunalnega podjetja Velenje, d.o.o. Zbornik ob 75-letnici organizirane oskrbe z vodo in 47-letnici daljinske oskrbe s toplotno energijo v Šaleški dolini, Velenje: 128 str.

Brenčič, M., Kranjc, S., Prestor, J. 2005 Pitna voda v Sloveniji – možnosti pridobivanja novih količin. V: Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov. Portorož, 12.-13. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str.: 72-76.

Cleasby, J. L., Longsdon, G. S. 1999. Granular Bed and Precoat Filtration. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 8.1-8.99.

Drev, D. 1999. Čiščenje pitne vode s površinsko aktivnimi snovmi. Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije: 9 str.

Gregory, D., Zabel, T. F., Edzwald, J. K. 1999. Sedimentation and Flotation. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 7.1-7.87.

Horvat, M. 2007. Idejna študija sanacije čistilne naprave za pitno vodo Mrzlek. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 89 str.

IVZ RS. 2007. Monitoring pitne vode 2003. Poročilo o pitni vodi v Republiki Sloveniji. Center za zdravstveno ekologijo.

<http://www.ivz.si/index.php?akcija=podkategorija&p=155> (7.2.2008).

KBT Služba. 2004. Opis delovanja Čistilne naprave Grmov vrh. Priloga 1 k Poslovniku o izvajanju sistema kakovosti HACCP v dejavnosti oskrbe s pitno vodo, Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

Komisija Evropskih Skupnosti 2007. Sporočilo komisije Evropskemu parlamentu in Svetu. Za trajnostno upravljanje voda v Evropski uniji.

<http://ec.europa.eu> (13.11.2007).

Kompare B. 2005. Možnosti uporabe površinskih voda za pripravo pitne vode. V: Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov. Portorož, 12.-13. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 77-86.

Kompare, B., Ravnikar, J. 2005. Problematika dezinfekcije v pripravi pitnih voda. V: Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov. Portorož, 12.-13. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 98-111.

Kurihara, M. 2003. Focus on Membrane Technology for Water Treatment. Toray Industries, Inc.

http://www.toray.com/ir/library/pdf/lib_a101.pdf (15.12.2007).

Letterman, D. R., Amirtarajah, A., O'Melia, R. C. 1999. Coagulation and Flocculation. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 6.1-6.66.

Naveršnik B. 2006. Viri financiranja gospodarskih javnih služb v javnih podjetjih. V: Naveršnik B. Sistemi financiranja komunalnega gospodarstva. Velenje, Šolski center Velenje, Višja strokovna šola: str. 84-121.

Naveršnik, B. 2006. Financiranje izgradnje komunalne infrastrukture ob pomoči EU: Magistrsko delo ob zaključku podiplomskega študija – VIII. Stopnja. Univerza v Mariboru: Ekonomsko poslovna fakulteta Maribor.

Petrovič, A., Gale, I. 2005. Kakovost pitne vode v Sloveniji. V: Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov. Portorož, 12.-13. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 62-72.

Rakar, A. 1994. Komunalno gospodarstvo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Rismal, M. 1995. Čiščenje pitne vode. Ljubljana Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Roš, M., Simonič, M., Šostar Turk, S. 2005. Priprava vode. V: Priprava in čiščenje vod. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo: str. 5-27.

Snoeyink, V. L., Summers, R. S. 1999. Adsorption of Organic Compounds. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 13.1-13.83.

Štancar, M. 2005. Financiranje občinskih projektov s pomočjo strukturnih skladov Evropske unije. Specialistično delo. Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, Ljubljana.

Twort, A. C., Ratanayaka, D. D., Brandt, M. J. 2000. Storage, clarification and filtration of water. V: Twort, A.C., Ratanayaka, D. D., Brandt, M. J. Water Supply. London, Arnold: str.: 267-369.

UNEP. 2002. Freshwater. V: Global Environment Outlook 3 (GEO – 3). <http://www.grida.no/geo/geo3/english/pdf.htm> (5.11.2007): str.: 150 - 179.

USEPA. 1999. Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual. http://www.epa.gov/safewater/mdbp/alternative_disinfectants_guidance.pdf (11.12.2007).

USEPA. 1999. Definitions of enhanced coagulation and enhanced precipitative softening. V: Enhanced Coagulation an Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual. <http://www.epa.gov/safewater/mdbp/coaguide.pdf> (11.12.2007): str.: 2.1-2.12.

USEPA. 1999. Disinfection byproducts rule overview. V: Enhanced Coagulation an Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual. <http://www.epa.gov/safewater/mdbp/coaguide.pdf> (11.12.2007): str.: 1.1-1.6

USEPA. 1999. Secondary effects of enhanced coagulation and enhanced precipitative softening. V: Enhanced Coagulation an Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual. <http://www.epa.gov/safewater/mdbp/coaguide.pdf> (11.12.2007): str.: 6.1-6.34.

USEPA. 2005. Membrane Filtration Guidance Manual. http://www.epa.gov/OGWDW/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_membranefiltration_final.pdf (15.11.2007).

WHO. 2006. Guidelines for drinking water quality. Eletronic version for the web. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/ (11.12.2007).

Wilderer, P.A. 2005. Water supply and sanitation – a major challenge for Europe. V: Vodni dnevi 2005, Zbornik referatov. Portorož, 12.-13. oktober 2005. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: str. 1-10.

OSTALI VIRI

Dular, M., Roš, M., Trontelj, A., Kompare, B., Tišler, T. 1997. Izrazje s področja voda. Ljubljana, Slovensko društvo za zaščito voda: 107 str.

Haas, C. N. 1999. Disinfection. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 14.1-14.60.

Letno poročilo o skladnosti pitne vode in izvajanju notranjega nadzora v vodovodnih sistemih KP Velenje za leto 2005.

<http://www.kp-velenje.si> (3.1.2008).

Letno poročilo o skladnosti pitne vode in izvajanju notranjega nadzora v vodovodnih sistemih KP Velenje za leto 2006.

<http://www.kp-velenje.si> (11.12.2007).

Longsdon, G. S., Hess, A., Horsley, M. 1999. Guide to Selection of Water Treatment Processes. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 3.1-3.26.

MOP 2006. Operativni program oskrbe s pitno vodo.

http://www.mop.gov.si/.../pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_program_i/op_pitna_voda.pdf (3.1.2008).

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za hidrotehniko, Ljubljana.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št.: 19/04 in 35/04.

Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode. Uradni list RS, št.: 46/97, 54/98 in 7/00.

Program monitoringa pitne vode 2006.

http://www.gov.si/pitna-voda/prg/Program_monitoringa_pitne_vode_2006.pdf (2.11.2007).

Rezultati in poročila o kvaliteti pitne vode v Šaleški dolini v obdobju januar-avgust 2007 in ostala obvestila za uporabnike.

<http://www.kp-velenje.si> (13.11.2007).

Stropnik, B. 2007. Sistem kakovosti HACCP v procesu oskrbe s pitno vodo Komunalnega podjetja Velenje. Velenje.

<http://www.kp-velenje.si> (11.12.2007).

Taylor, J. S., Weisner, M. 1999. Membranes. V: Letterman, D. R. (ur.). Water Quality & Treatment. New York, McGraw-Hill: str.: 11.1-11.71.

Zakon o gospodarskih javnih službah. Uradni list RS, št.: 32/93.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS, št.: 67/02.

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov, ki prihajajo v stik z živili (ZZUZIS). Uradni list RS, št.: 54/00.

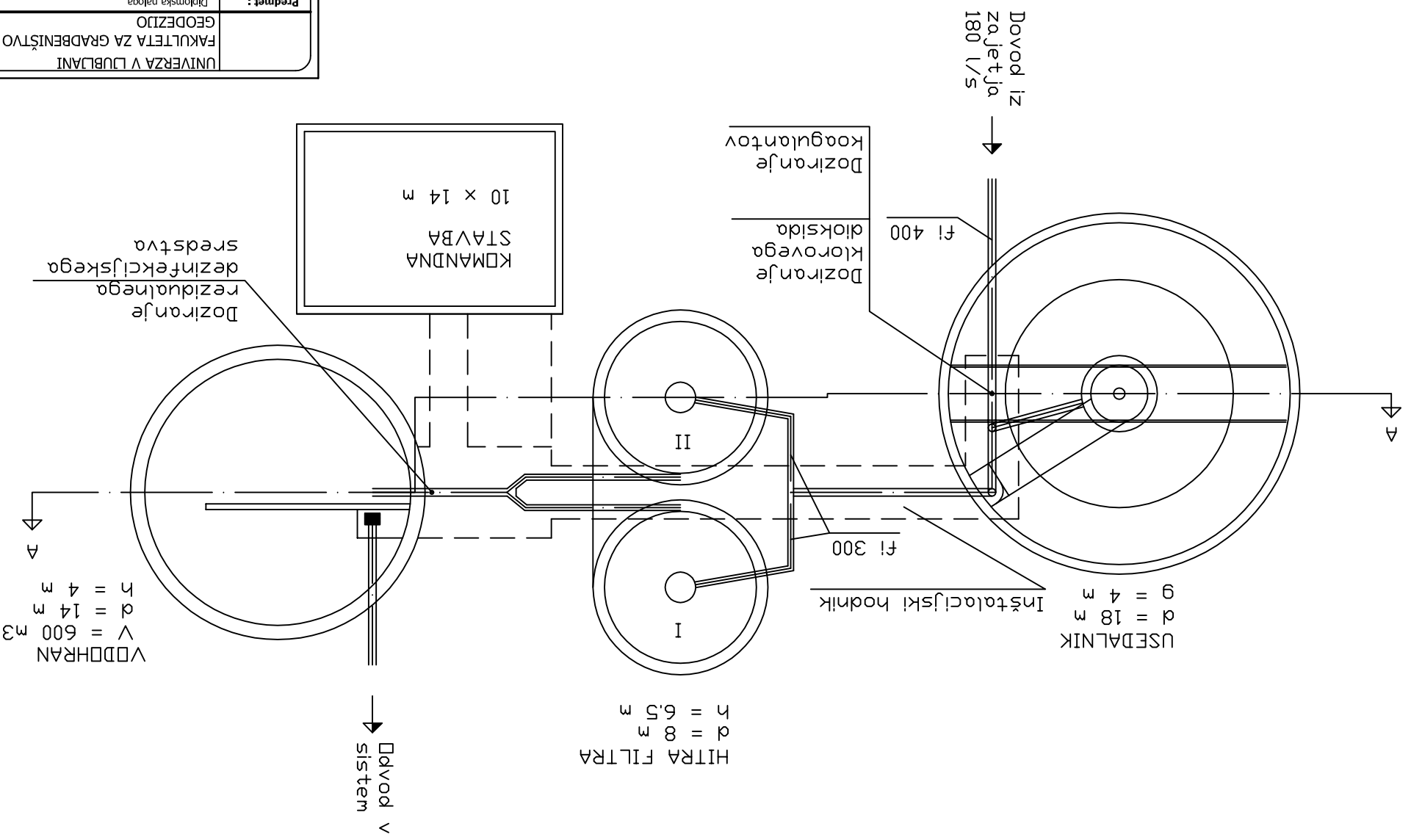
ZZV Celje. Spremljanje kvalitete pitne vode na območju regije Celje.

<http://www.zzv-ce.si/uploads/kvaliteta%20pitne%20vode%202006.pdf> (2.11.2007).

Pirečnik, S. 2008. Vodarna Grmov vrh-analiza delovanja in rekonstrukcija.
Dipl. Nal.-UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

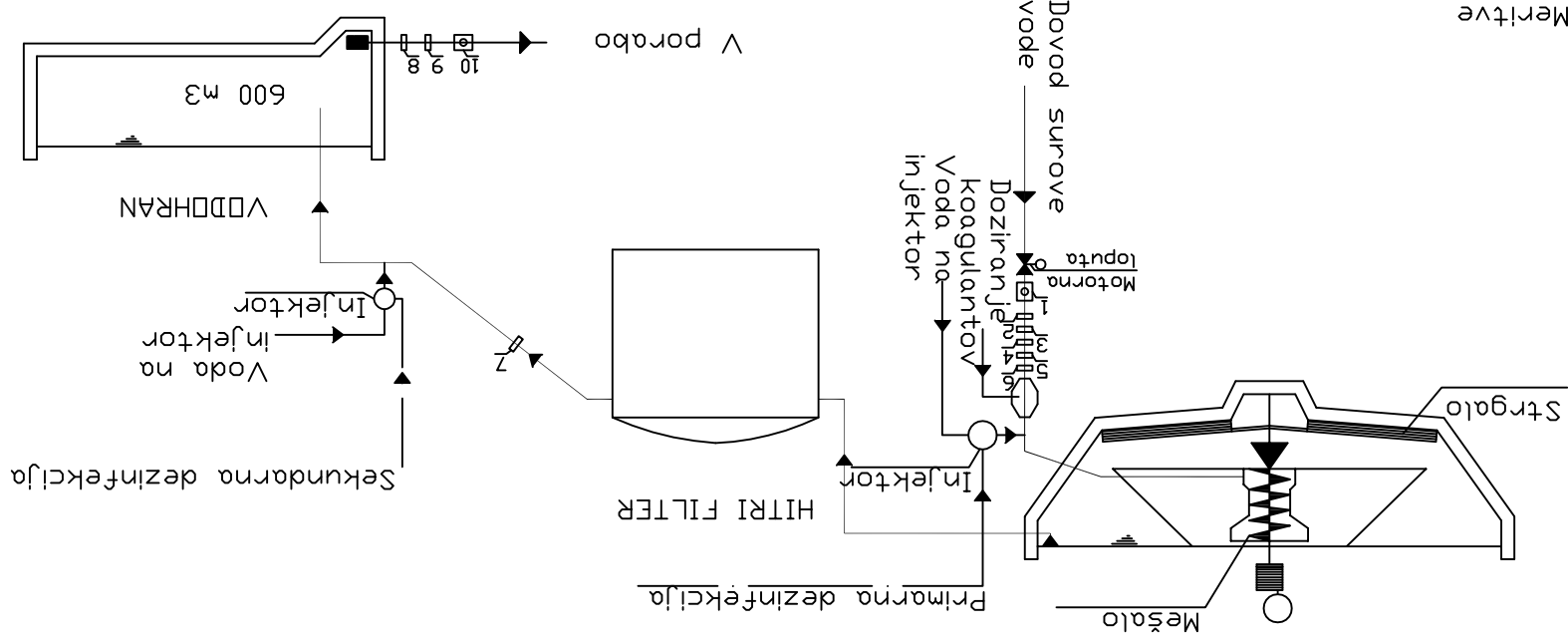
Priloga 1: Varianta ČN1 – risbe

UNIVERZA V LJUBLJANI		FAKULTETA ZA GRADENIŠTVO IN GEODEZIJU	
Predmet: Diplomaska naloga			
Mentor: Izt. prof. dr. Berta Kompare		Mentor: Mag. Branko Navršnik, univ. dipl. ekon.	
Projekt: Rekonstrukcija čistilne naprave Gimov vrh		Nacrt: Varanta CN1 - Totis	
Faza: Idejni projekt		Izdelal: Sonja Pirečnik	
Datum: 15.5.2008		Merilo: 1 : 50	
Stevilka nabe: 1			



PREZ
A - A

USEDALNIK



Meritve

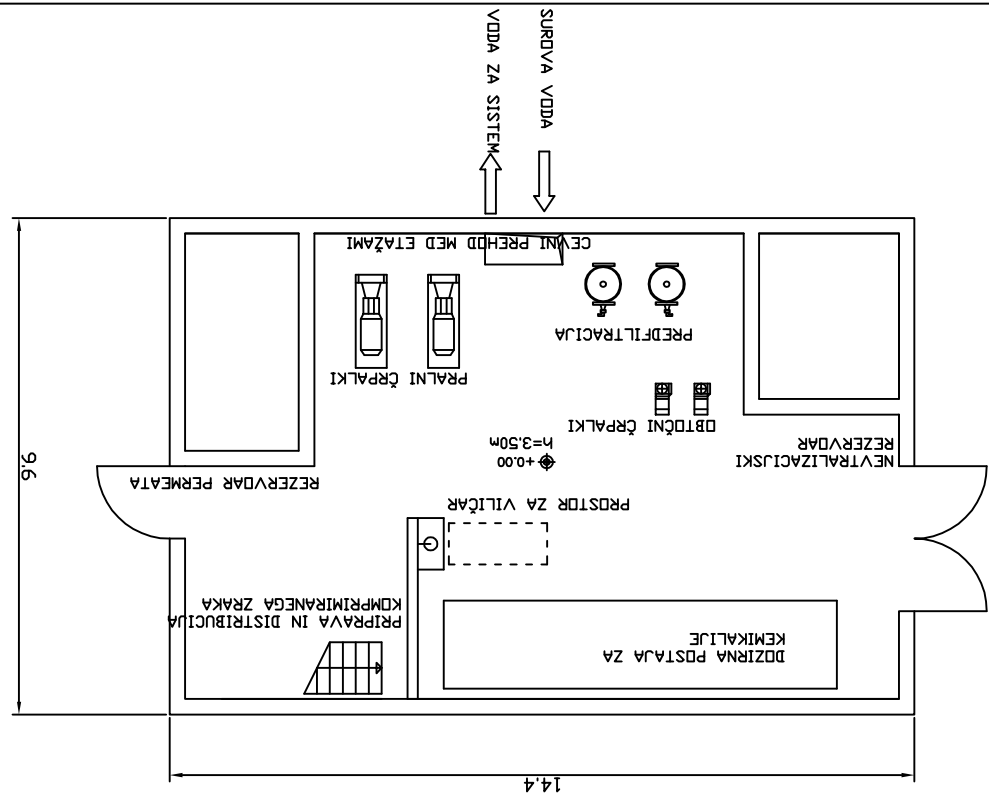
1. merilec pretoka - dovod
2. merilec tlaka
3. merilec motnosti surove vode
4. merilec pH
5. merilec elektroprevodnosti
6. merilec temperature vode
7. merilec motnosti filtrirane vode
8. merilec nivoja v vodohranu
9. merilec rezidualnega klora
10. merilec pretoka - odvod

UNIVERZA V LJUBLJANI FAKULTETA ZA GRADENIŠTVO IN GEODEZIJO		Diplomska naloga	
Predmet:		Izr. prof. dr. Bortš Kompare	
Somentor:		Mag. Branko Navršnik, univ. dipl. inž. ekon.	
Projekt:		Rekonstrukcija čistilne naprave Gmrov vrh	
Nacr:		Varanta CN1 - Prez A-A	
Faza:		Idejni projekt	
Izdajal:		Sonja Pirečnik	
Datum:		15.5.2008	
Merilo:		1 : 50	
Številka risbe:		2	

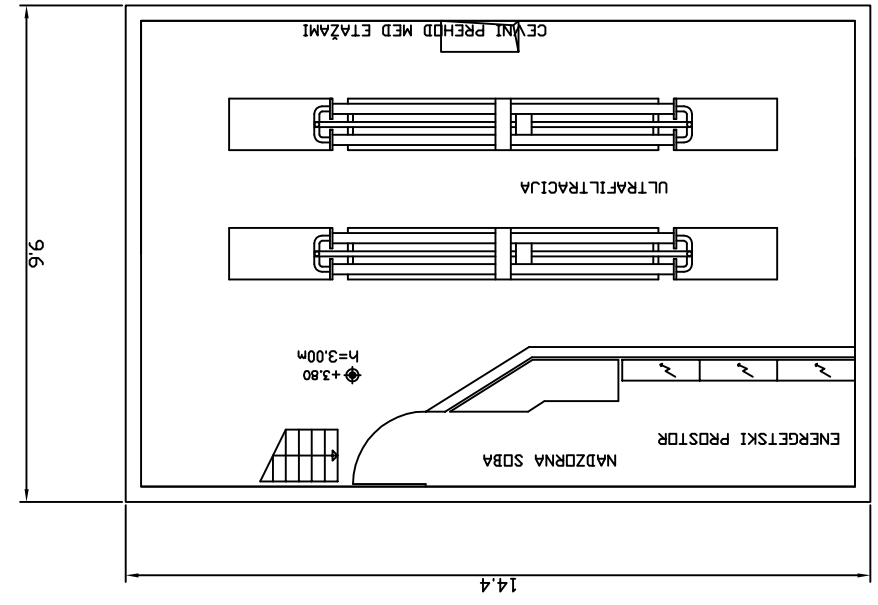
Pirečnik, S. 2008. Vodarna Grmov vrh-analiza delovanja in rekonstrukcija.
Dipl. Nal.-UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

Priloga 2: Varianta ČN2 - risbe

UNIVERZA V LJUBLJANI		FAKULTETA ZA GRADENIŠTVO IN GEODEZIO	
Predmet: Diplomaska naloga			
Mentor: Izt.-prof.dr. Boris Kompare		Somentor: Mag. Branko Navršnik, univ.dipl.ekon.	
Projekt: Rekonstrukcija čistilne naprave Gmrov vrh		Nacrt: Varianta CNZ - Torts-postavitev opreme	
Faza: Idejni projekt		Izdajal: Sonja Pirečnik	
Datum: 15.5.2008		Merto: 1 : 100	
Stevilka risbe: 3			



IZSTOP NEVTRALNEGA KONCENTRATA
 IZSTOP NEVTRALIZIRANEGA
 KEMICNEGA KONCENTRATA
 IZSTOP PRALNE VODE
 PREDFILTROV



Pirečnik, S. 2008. Vodarna Grmov vrh-analiza delovanja in rekonstrukcija.
Dipl. Nal.-UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.

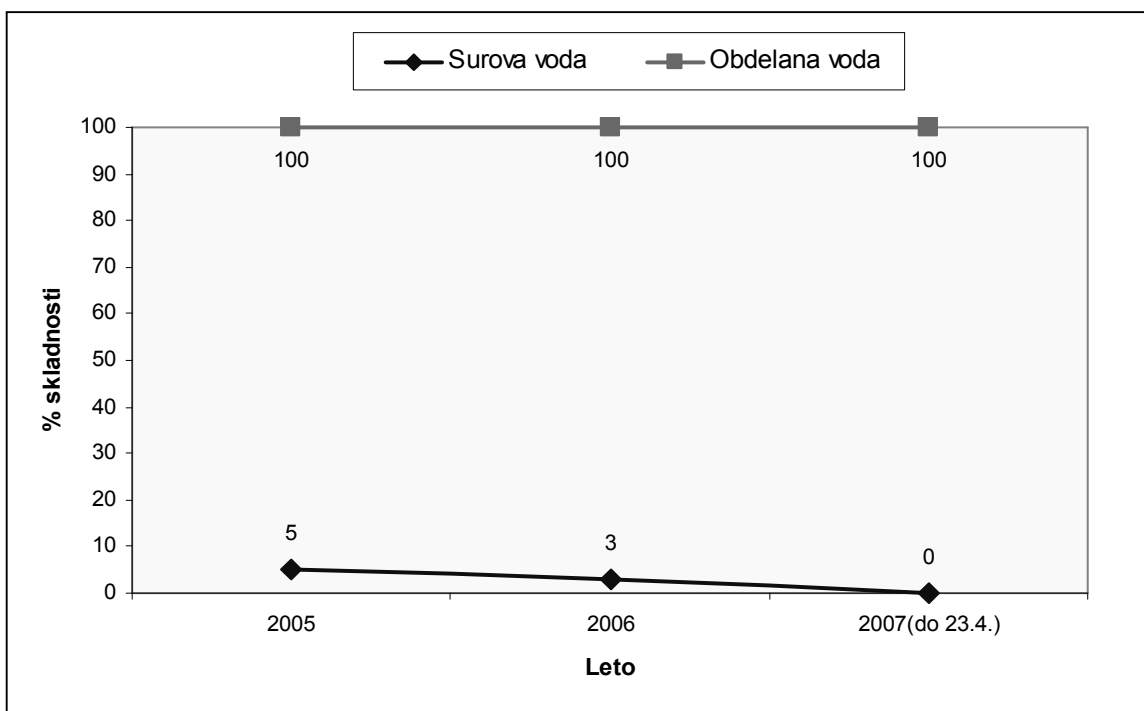
Priloga 3: Biološke in fizikalno – kemijske analize vzorcev

1. Mikrobiološke preiskave

Tabela 1: Skladnost vzorcev mikrobiološke preiskave

MIKROBIOLOŠKE PREISKAVE						
Leto odvzema	SUROVA VODA (pred ČN)			OBDELANA VODA (za ČN)		
	št. vzorcev	skladni	% skladnosti	št. vzorcev	skladni	% skladnosti
2005	21	1	5	21	21	100
2006	39	1	3	39	39	100
2007(do 23.4.)	17	0	0	17	17	100
SKUPAJ	77	2		77	77	

Opomba: Ker je bilo v različnih obdobjih odvzeto različno število vzorcev, lahko med seboj primerjamo samo odstotek skladnih vzorcev.



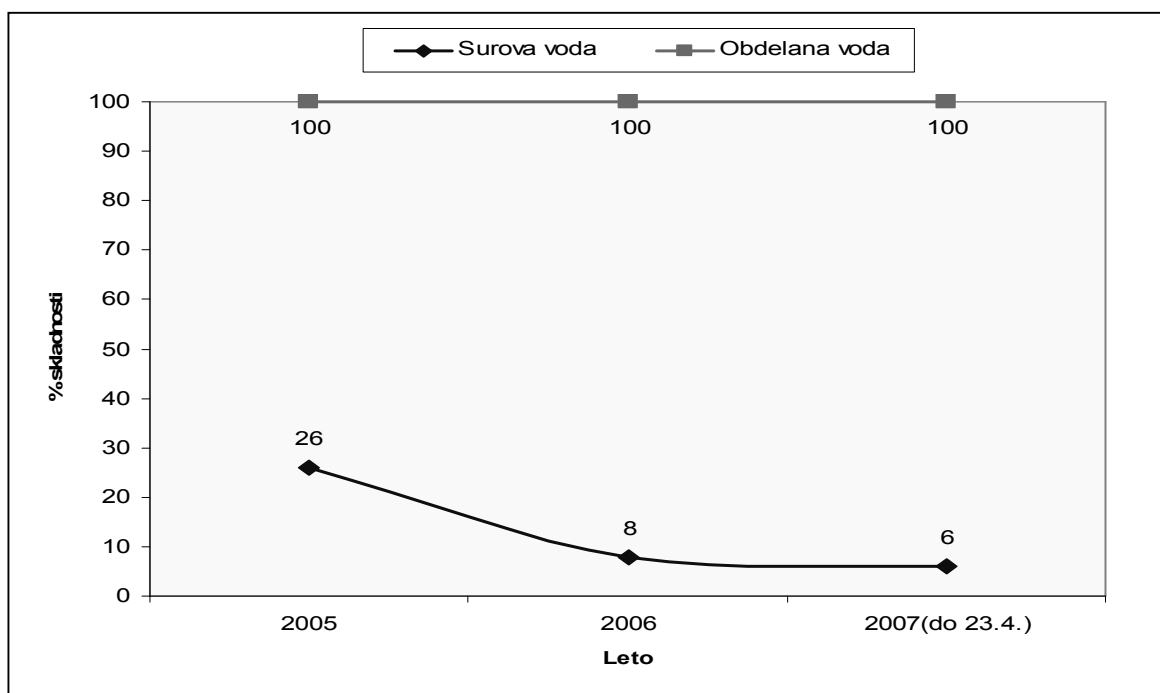
Graf 1: Prikaz skladnosti vzorcev glede na mikrobiološke preiskave

2. Fizikalno-kemijske preiskave

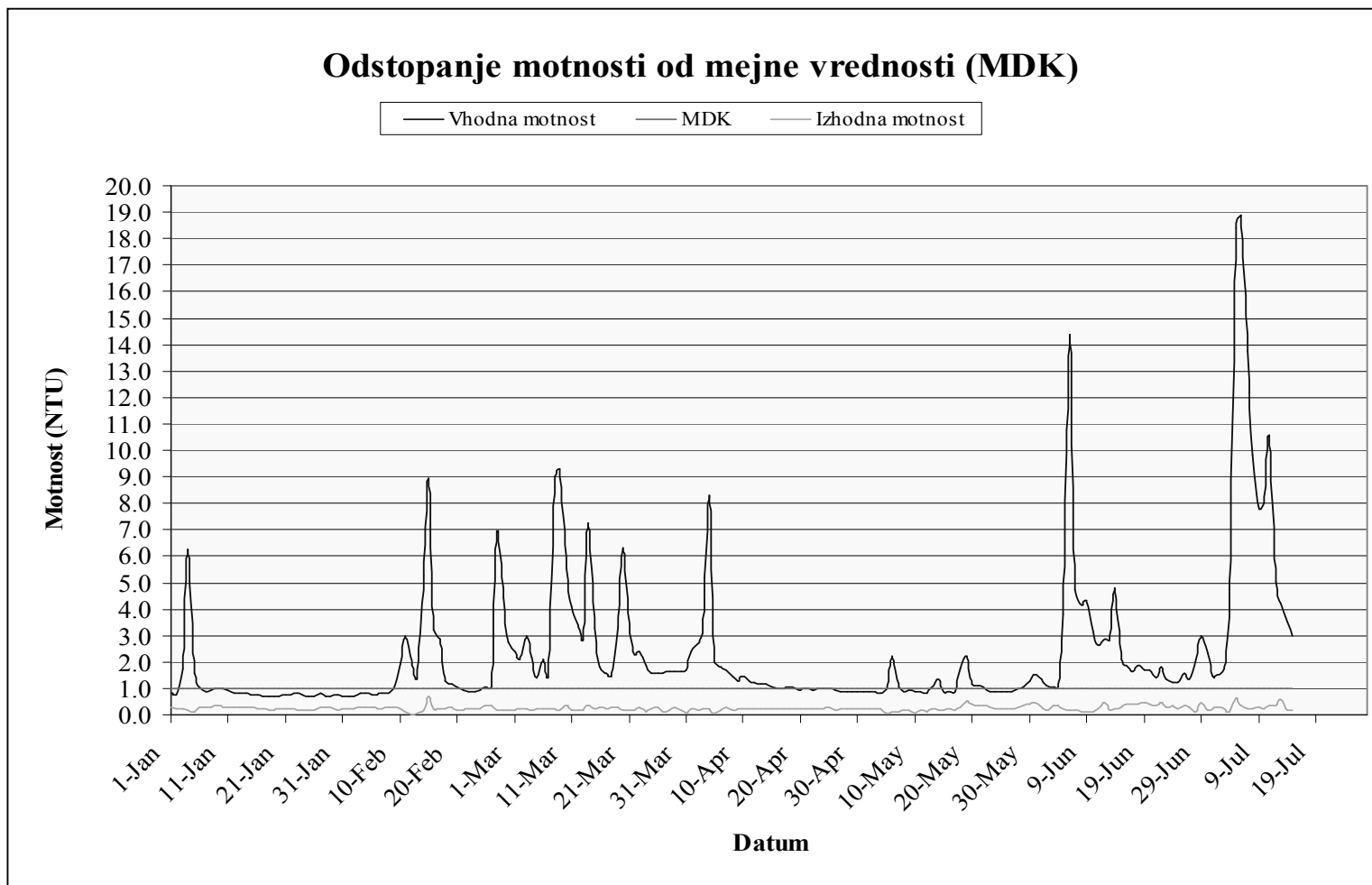
Tabela 2: Skladnost vzorcev fizikalno-kemijske preiskave

FIZIKALNO - KEMIJSKE PREISKAVE						
Leto odvzema	SUROVA VODA (pred ČN)			OBDELANA VODA (za ČN)		
	št. vzorcev	skladni	% skladnosti	št. vzorcev	skladni	% skladnosti
2005	23	6	26	23	23	100
2006	39	3	8	39	39	100
2007(do 23.4.)	17	1	6	17	17	100
SKUPAJ	79	12		79	79	

Opomba: Ker je bilo v različnih obdobjih odvzeto različno število vzorcev, lahko med seboj primerjamo samo odstotek skladnih vzorcev.



Graf 2: Prikaz skladnosti vzorcev glede na fizikalno-kemijske preiskave



Graf 3: Odstopanje motnosti od MDK za obdobje od 1.1 2007 do vključno 16.7.2007