

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Kukovec, B., 2013. Analiza projektov preskrbe prebivalcev s pitno vodo na desnem bregu Mure-Sistem C. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentor Uršič, M.): 70 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Kukovec, B., 2013. Analiza projektov preskrbe prebivalcev s pitno vodo na desnem bregu Mure-Sistem C. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisor Uršič, M.): 70 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
VODARSTVA IN
KOMUNALNEGA
INŽENIRSTVA

Kandidatka:

BARBARA KUKOVEC

**ANALIZA PROJEKTOV PRESKRBE PREBIVALCEV S
PITNO VODO NA DESNEM BREGU MURE-SISTEM C**

Diplomska naloga št.: 207/VKI

**ANALYSIS OF DRINKING WATER SUPPLY FOR
INHABITANTS OF THE RIGHT BANK OF MURA
RIVER PROJECTS - SYSTEM C**

Graduation thesis No.: 207/VKI

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Predsednik komisije:

doc. dr. Dušan Žagar

Somentor:

asist. dr. Matej Uršič

Član komisije:

prof. dr. Franc Steinman

Ljubljana, 05. 07. 2013

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVE

Podpisana Barbara Kukovec izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»Analiza projektov preskrbe prebivalcev s pitno vodo na desnem bregu Mure – Sistem C«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice UL FGG.

Ljubljana, junij 2013

Barbara Kukovec

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.1.033(282.24)(043.2)
Avtor:	Barbara Kukovec
Mentor:	Prof. dr. Boris Kompare
Somentor:	Asist. dr. Matej Uršič
Naslov:	Analiza projektov preskrbe prebivalcev s pitno vodo na desnem bregu Mure – Sistem C
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	70 str., 22 pregl., 25 sl.
Ključne besede:	Oskrba s pitno vodo, Sistem C, analize, opustitev črpališča, zajem vode iz reke, tehnološki postopki.

Izvleček:

Nemoteno oskrbo z zdravo pitno vodo je v Pomurju na desnem bregu Mure, t.j. na območju Sistema C, težko zagotoviti, saj zaradi obstoječih hidrogeoloških razmer in druge rabe prostora (poselitve, prometa in intenzivnega kmetijstva) onesnaženja ni mogoče v celoti nadzorovati niti preprečiti. Poleg tega se ta prostor sooča z zastarelim vodovodnim omrežjem, ni zagotovljene požarne varnosti, veliko je manjših vaških zajetij brez nadzora, Slovenske gorice in Goričko pa še danes nimata razvite javne oskrbe s pitno vodo. Na podlagi teh dejstev je bil izdelan projekt Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C z možnostjo dokončne izgradnje do leta 2015. Izbrani so bili 4 večji vodni viri Segovci, Podgrad, Lukavci in Mota za oskrbo s pitno vodo, ki se bodo med seboj povezovali. Ker so za območje okrog črpališča Segovci značilna intenzivna kmetijska območja in območja razpršene poselitve, sem predlagala opustitev črpališča. Manjkajočo kapaciteto vode iz črpališča prevzame črpališče Podgrad z neposrednim zajemom surove vode iz reke Mure. Ker so za reko Muro značilne povišane vsebnosti suspendiranega materiala in mikrobiološka onesnaženost, le te odpravimo s pravilno izbiro tehnoloških postopkov, ki so prikazani v treh variantah. Na podlagi primerjave in grobe finančne ocene sem izbrala tehnološki postopek, ki kaže najboljše rezultate.

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	628.1.033(282.24)(043.2)
Author:	Barbara Kukovec
Supervisor:	Prof. Boris Kompare, Ph.D.
Co-advisor:	Assist. Matej Uršič, Ph.D.
Title:	Analysis of drinking water supply for inhabitants of the right bank of Mura river projects – System C
Document type:	Graduation Thesis - University studies
Notes:	70 p., 22 tab., 25 fig.
Keywords:	Drinking water supply, System C, Analysis, Pumping station abandonment, Obtainment of raw water from river, Technological procedures

Abstract:

Undisturbed drinking water supply is hard to provide on System C area, because there are difficulties to prevent or entirely control the pollution due to existant hydrological conditions and other land use (settlement, traffic and intensive agriculture). Aside from that the land is facing with outdated water supply system, lacking fire safety, uncontrolled small village acquirements of water, and additionally up to today Slovenske Gorice and Goričko still lack developed public drinking water supply. Based on this a project named Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C has been made with possibility of finalizing the construction until 2015. Following the project analysis four bigger water sources have been chosen for drinking water supply and will be connected between each other: Segovci, Podgrad, Lukavci and Mota. Because the area around pumping station Segovci is used for intensive agriculture and has dispersed settlement, the station is subjected to abandonment. The missing volume of water from the pumping station Segovci will be provided by pumping station Podgrad with direct obtainment of raw water from Mura river. Because elevated amounts of suspended material and microbiological pollution are typical for Mura river, we eliminate them with the right selection of technological procedures, that are shown in three variants. Resulting from comparison and rough financial assessment I have chosen the technological procedure, that shows the best results.

Ta stran je namenoma prazna.

ZAHVALA

"Včasih moraš iti skozi pekel, da bi prišel do nebes." Dean Karnazes

In končno je prišel tudi čas za zahvalo.

Najprej bi se rada zahvalila mentorju prof. dr. Borisu Komparetu in asist. dr. Mateju Uršiču za strokovno usmeritev in napotke, ki so me pripeljali do cilja.

Posebna zahvala gre Občini Ljutomer, še posebej Janezu Rožmarinu, brez katerega teoretičnega dela diplomske naloge ne bi bilo.

Zahvala gre tudi JKP Ormož, še posebej Bogdani Kolbl in Milanu Obranu za vso strokovno pomoč in pripravljenosti odgovarjanja na številna vprašanja v zvezi z diplomsko nalogo.

Ne smem pozabiti na ARSO, ki mi stoji ob strani že nekaj let. Iskrena hvala! Zahvaljujem se celotnemu oddelku za Hidrologijo, še posebej Vladu Saviću.

Ker sem tip človeka, ki si stežka predstavlja objekte, še posebej inženirskega krova, se iz srca zahvaljujem podjetjem Hidroinženiring d.o.o., INTER MINERAL d.o.o., MF PLUS d.o.o., ki so si vzeli čas zame in mi predstavili določene naprave za pripravo pitne vode.

Zahvaljujem se tudi občini Apače za lep sprejem in predstavitev projekta Revitalizacija 11 - mlinskega potoka in Vizjakovega kanala v občini Gornja Radgona.

Iz srca hvala tudi Ziti Flisar-Novak za vse dragocene strokovne nasvete pri oblikovanju vodovarstvenih območij.

Največja zahvala pa gre moji družini, ki so mi omogočili študij in mi z vso ljubeznijo in potrpežljivostjo stali ob strani, v lepih in slabih trenutkih.

Zahvala gre tudi mojemu Mihi Žlindra za moralno podporo in pomoč pri študiju ter izdelavi diplomske naloge.

Ob vsem tem ne smem pozabiti na prijatelje, še posebej na Anito Voh in Tamaro Šumi za spodbudne besede in razumevanje tekom diplomske naloge ter na Gregorja Vernika in njegovo pomoč pri ponovnem učenju acadia. Hvala vam!

X

Kukovec, B. 2012. Analiza projektov preskrbe prebivalcev s pitno vodo na desnem bregu Mure – Sistem C.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za okoljsko gradbeništvo.

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	6
2.1	Oskrba s pitno vodo.....	6
2.1.1	Požarna varnost	9
3	GEOGRAFSKE, GEOLOŠKE IN HIDROLOŠKE ZNAČILNOSTI	11
3.1	Osnovne geografske značilnosti	11
3.2	Geološke značilnosti.....	11
3.2.1	Apaško polje.....	11
3.2.2	Mursko - Ljutomersko polje.....	12
3.3	Hidrološke značilnosti	13
3.3.1	Količinsko stanje.....	13
3.3.1.1	Reka Mura.....	13
3.3.1.2	Podzemna voda.....	15
3.3.2	Kakovostno stanje	19
3.3.2.1	Reka Mura.....	20
3.3.2.2	Podzemna voda.....	21
4	ANALIZA OBSTOJEČIH VODNIH VIROV	23
4.1	Vodni viri na Apaškem polju.....	23
4.2	Vodni viri na Mursko - Ljutomerskem polju.....	26
4.2.1	Vodni vir Lukavci	27
4.2.2	Vodni vir Mota.....	28
5	ANALIZA BODOČEGA STANJA	29
5.1	Predvidena oskrba s pitno vodo.....	29
5.2	Predvideni posegi na vodnih virih	30
5.2.1	Vodni vir Segovci.....	30
5.3	Stroški predvidenih posegov.....	35
6	IDEJNA ZASNOVA DIREKTNEGA ZAJEMA SUROVE VODE IZ REKE MURE	36
6.1	Splošno	36
6.2	Tehnološki postopki priprave pitne vode.....	37
6.2.1	Izračun objektov	39
6.2.1.1	Zajem surove vode iz reke Mure.....	39

6.2.1.2	Dimenzioniranje hidrociklona	40
6.2.1.3	Dimenzioniranje horizontalnih grobih filtrov.....	43
6.2.1.4	Ozračevanje vode na kaskadah.....	49
6.2.1.5	Infiltracija delno očiščene rečne vode v podtalnico.....	50
6.2.1.6	Dimenzioniranje ultrafiltracijske linije.....	54
6.3	Opisi posameznih variant priprave pitne vode.....	55
6.3.1	Primerjava variant priprave pitne vode.....	58
7	ZAKLJUČEK.....	63
VIRI	65

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Predvideni projektni stroški izgradnje pomurskega vodovoda.....	3
Preglednica 2: Prikaz največjih porabnikov vode v gospodarstvu leta 2010	7
Preglednica 3: Pregled vodooskrbe v območju Sistema C	7
Preglednica 4: Pregled vodostajov, pretokov in temperature na reki Muri za leto 2010 na postajah Gornja Radgona in Petanjci.....	14
Preglednica 5: Podatki o pretoku in suspendiranem materialu v Muri (Petanjci) med 1956 in 1965.....	15
Preglednica 6: Kakovost podzemne vode na zajetjih Segovci, Podgrad, Lukavci in Mota	21
Preglednica 7: Karakteristika vodonosnika na zajetjih Segovci in Podgrad	23
Preglednica 8: Tehnični podatki zajetij Segovci in Podgrad	24
Preglednica 9: Sedanji režim odvzema vode na črpališčih Segovci in Podgrad	24
Preglednica 10: Karakteristike vodonosnika na zajetju Lukavci.....	27
Preglednica 11: Karakteristike vodonosnika na zajetju Mota.....	28
Preglednica 12: Pregled porabe pitne vode vseh občin skupaj leta 2016	29
Preglednica 13: Izbrane dimenzije filterskega medija.....	45
Preglednica 14: Račun hidravličnih izgub pri začetnem stanju filtracijskega ciklusa.....	46
Preglednica 15: Račun hidravličnih izgub pri stanju sredi filtracijskega ciklusa	47
Preglednica 16: Račun hidravličnih izgub pri končnem stanju filtracijskega ciklusa	47
Preglednica 17: Dimenzioniranje cevovoda za delno očiščeno vodo iz Mure	53
Preglednica 18: Primerjava med zajemom vode iz reke in obrežnega filtrata reke	59
Preglednica 19: Primerjava tehnoloških postopkov pri predčiščenju surove vode	59
Preglednica 20: Primerjava med variantami priprave pitne vode.....	60
Preglednica 21: Ocene variant.....	62
Preglednica 22: Ponderiranje.....	62

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO SLIK

Slika 1: Vodna bilanca Pomurja	3
Slika 2: Predvidena oskrba s pitno vodo v občinah Sistema C	4
Slika 3: Prikaz skupne količine vode za gašenje glede na število prebivalcev	10
Slika 4: Geomorfološka slika Apaškega polja in okolice	12
Slika 5: Mursko – Ljutomersko polje z okolico	12
Slika 6: Prikaz povprečnega srednjega mesečnega pretoka Mure	14
Slika 7: Prikaz poteka hidroizohips in smer toka podzemne vode	16
Slika 8: Hidrogeološke značilnosti in mreža merilnih mest v Murski kotlini	16
Slika 9: Prikaz napajanja vodonosnikov na desnem bregu Mure 1971 – 2011	17
Slika 10: Prikaz nivoja podzemne vode v vodnjaku Črnci med 1981 in 2010	18
Slika 11: Prikaz nivoja podzemne vode v vodnjaku Zgornje Krapje med 1981 in 2010.....	19
Slika 12: Temperatura Mure med leti 2007 in 2010 na različnih merilnih mestih	20
Slika 13: TOC v Muri med leti 2007 in 2010 na različnih merilnih mestih.....	20
Slika 14: Vodna vira Segovci in Podgrad z VVO	23
Slika 15: Vsebnost nitrata v vzorcih vod odvzetih med raziskavami v letu 2012.....	25
Slika 16: Vodna vira Lukavci in Mota z VVO	26
Slika 17: Celovita priprava pitne vode – Varianta 1	37
Slika 18: Celovita priprava pitne vode – Varianta 2	38
Slika 19: Celovita shema priprave pitne vode – Varianta 3	38
Slika 20: Prečni prerez tipičnega hidrociklona.....	42
Slika 21: Sestavni deli filtra	43
Slika 22: Shema horizontalnih grobih filtrov	44
Slika 23: Prikaz pokritih horizontalnih grobih filtrov	44
Slika 24: Shema drenažnega sistema	48
Slika 25: Tipična shema poteka ultrafiltracije	54

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Slovenija velja za eno najbolj namočenih držav ne samo Evrope, ampak tudi sveta. Kot glavni problem se pojavlja izredno neenakomerna časovna in prostorska razporejenost zalog površinskih voda in precejšnje nihanje vodnih zalog podzemnih voda. Suše so stalnica le v obalno primorskem delu in v Prekmurju (MOP, 2006).

Majhna količina padavin in intenzivno izhlapevanje vplivata na izdatnost lokalnih virov in s tem na nemoteno preskrbo s pitno vodo. Zaradi tega v Pomurski regiji najdemo malo večjih sistemov za oskrbo in veliko manjših sistemov, ki z vodo oskrbujejo manj kakor tisoč ali celo manj kakor sto prebivalcev, kar pa predstavlja manjšo zanesljivost oz. varnost glede kvalitete vode (Pavšek in Cuderman, 2011).

Po navedbi Blažeke (2009) se kar 21,6% prebivalcev Pomurja oskrbuje z vodo neustrezne kakovosti, 17% prebivalcev pa se oskrbuje z vodo, ki ni nadzorovana. Voda se zajema iz vodnih virov (lendavski, ljutomerski, murskosoboški, radgonski ... vodonosnik), ki so povezani s podtalnico.

Na najbolj nerazvitih delih Slovenije, na Goričkem in Slovenskih goricah še danes ni razvite javne oskrbe s pitno vodo (ni vodnega vira, nerazvitost območja). Prebivalstvo se oskrbuje z vodo iz individualnih vaških vodnih virov.

Čeprav ima Pomurje največ zalog podzemne vode v Sloveniji, bi potrebovali za črpanje zdrave pitne podzemne vode velike površine vodovarstvenih območij (v nadaljevanju VVO) za zaščito pred konservativnimi onesažili (nitrati, pesticidi). Za sedanje manjše lokalne vodovode pa teh ni mogoče zagotoviti in še manj nadzorovati (Rismal, 2011).

Kljub strogim okoljskim standardom, vodni viri niso zaščiteni pred onesnaženji zaradi več vzrokov:

- Na VVO, kjer velja državna uredba, so kmetje upravičeni do odškodnin, kjer pa velja občinski odlok pa ne.
- Meje VVO niso zarisane po parcelnih mejah, kar otežuje kmetovanje.
- Najožja VVO se razprostirajo po velikih površinah (tudi do 50 ha), medtem ko so že v sosednji državi, v Avstriji, velika do 5 – 10 ha.
- Nitratna direktiva, ki opredeljuje celotno območje Slovenije kot potencialno ogroženo za onesnaževanje z nitrati iz kmetijskih virov, od kmetov zahteva, da se držijo pravil

in omejitev kmetovanja na celotnem VVO in izven njega. To pa je pretirano, druge države imajo določena le delna območja omejitev.

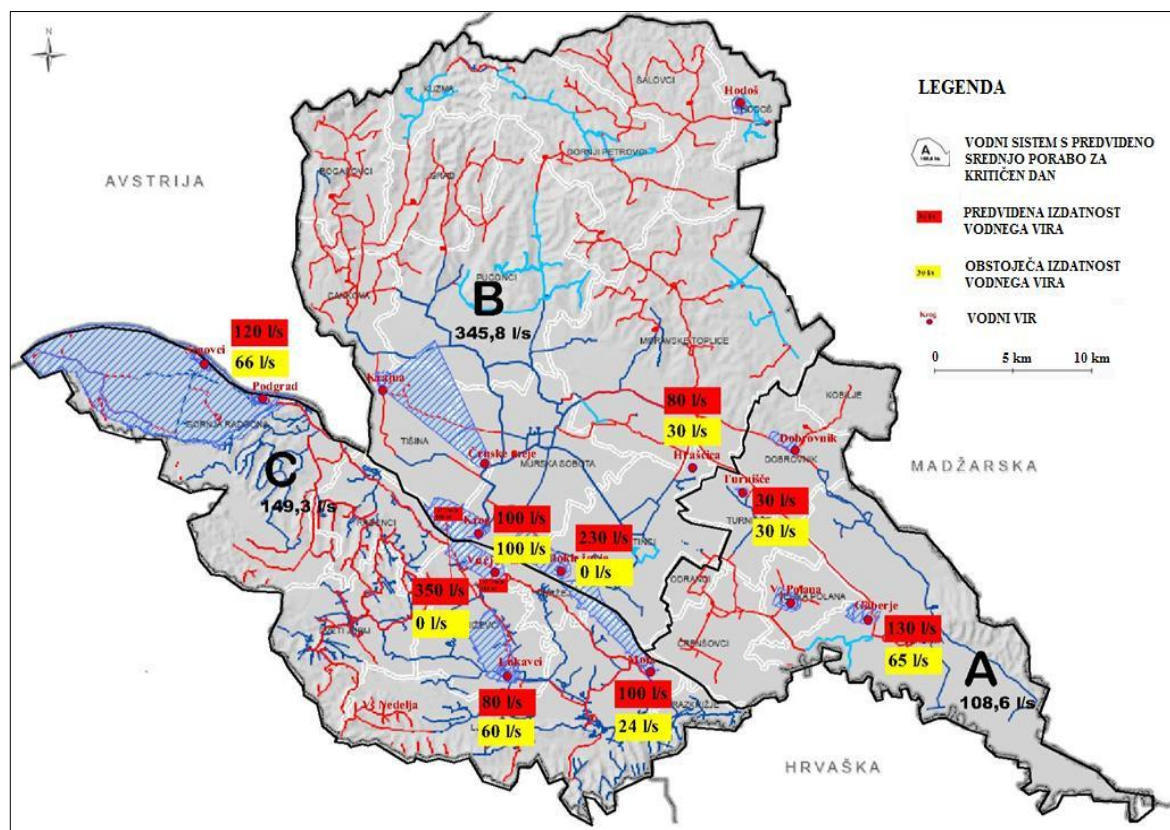
- Slovenija še nima razvite kmetijsko – okoljske svetovalne službe za VVO, ki bi kmetom svetovala in uveljavljala nove tehnologije. Trenutno delujejo na tem področju splošni kmetijski svetovalci (Novak, F., 2012). Razlika med organizacijo in svetovalci je dokaj očitna. Kmetijsko svetovanje na lokalni ravni je npr. na Bavarskem bolj razvejano kot pa pri nas v Sloveniji, kar pomeni, da imajo večji nadzor, funkcija se opravlja bolj strokovno. Pri vsem tem pa še imajo razvito posebno vejo, oddelek za financiranje, ki se financira iz namenskih pristojbin ali davkov, iz evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja, iz članarine itd., ki ga pa pri nas nimamo (Berglung in Dworak, 2010).

Vse to močno otežuje nadzor nad kakovostjo zajete vode iz posameznega vodnega vira. Oteženo pa je tudi izvajanje vzdrževanja in sanacije vodovodnih omrežij (Pavšek in Cuderman, 2011).

Za realizacijo vizije vodooskrbe SV Slovenije do leta 2065 je v teku Projekt za oskrbo s pitno vodo Pomurja (Prestor in sod., 2012). Leta 2009 je državni zbor sprejel Zakon o razvojni podpori v Pomurski regiji v obdobju 2010 – 2015 (Uradni list RS, št.87/2009), v katerem je med drugim tudi določena razvojna pomoč pri oskrbi s pitno vodo Pomurske regije v okvirni višini 98 mio EUR (IEI, 2012).

Pri koncipiranju vodooskrbe v Pomurju je vodooskrbi sistem regije razčlenjen na tri sisteme (Slika 1):

- Sistem A (Črenšovci, Dobrovnik, Lendava, Odranci, Turnišče, Velika Polana in Kobilje),
- Sistem B (Murska Sobota, Tišina, Beltinci, Hodoš, Moravske toplice, Šalovci, Cankova, Gornji Petrovci, Grad, Kuzma, Puconci in Rogašovci) in
- Sistem C (Apače, Gornja Radgona, Radenci, Sveti Jurij ob Ščavnici, Križevci, Ljutomer, Veržej in Razkrižje).



Slika 1: Vodna bilanca Pomurja
(Blažeka, 2009: str. 21)

Projektne stroški izgradnje Pomurskega vodovoda znašajo približno 133 mio EUR (Preglednica 1). Financiranje projekta je predvideno s sredstvi kohezijskega sklada, državnega in občinskih proračunov.

Preglednica 1: Predvideni projektne stroški izgradnje pomurskega vodovoda (Blažeka, 2009: str 22)

Sistem	Transportni vodovodi [m]	Primarni vodovodi [m]	Vodovodi skupaj [m]	Objekti	Vrednost investicije z 20 % DDV
A	43.984	37.641	81.622	17	21.502.495
B	103.097	30.394	133.495	34	64.012.367
C	44.936	86.511	131.447	13	47.520.987
SKUPAJ:	192.017	154.546	346.564	64	133.035.849

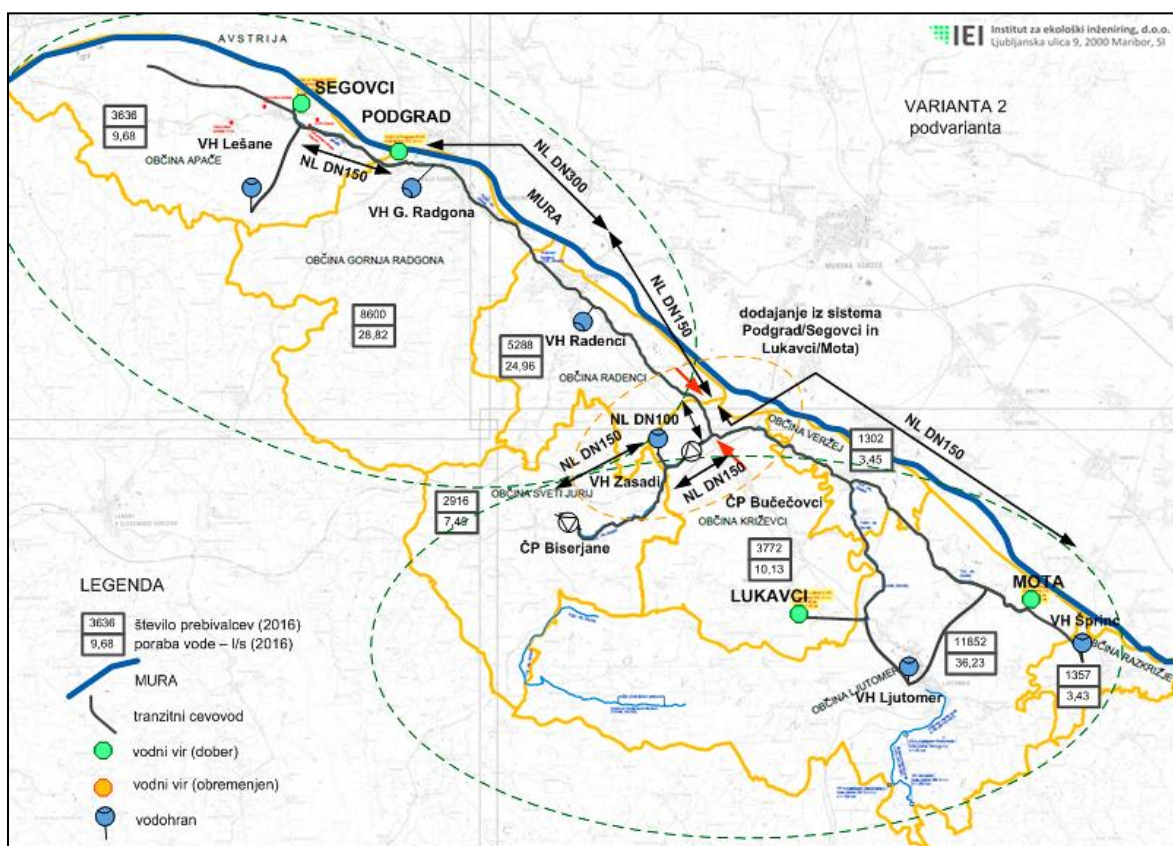
Dolgoročna 50 letna predvidena poraba vode na danem območju bi znašala na območjih Sistema A 110 l/s, Sistema B 345 l/s in Sistema C 150 l/s (Slika 1) (Blažeka, 2009).

Ker pa je raziskava območij vodooskrbe v sami regiji preobširna, smo se odločili za preučitev le te na desni strani porečja Mure, ki sestavlja Sistem C.

Sistem C, ki zajema 8 občin, se trenutno oskrbuje z okoli 100 l/s pitne vode, ki jih črpajo predvsem na območju vodnih virov Segovci, Podgrad, Lukavci in Mota. Poleg teh zasledimo še več manjših vaških zajetij, med drugim tudi črpališča Žihlavo, Terbegovci, Malo Nedeljo ...

Maksimalna potreba z rezervno količino vode je za prihodno plansko obdobje ocenjena na 185 l/s (Pavšek in Cuderman, 2011). Vodni vir vodovoda je podzemna voda, ki je izpostavljena onesnaženju zaradi kmetijstva in poselitve, problem pa predstavljajo tudi hidrogeološke lastnosti tal. Za zaščito podzemne vode bi bilo treba zaradi plitvega vodonosnika in slabe krovne plasti odvzeti kmetijstvu velike površine plodnih tal. Zato so črpališča podzemne vode predvidena znotraj protipoplavnih nasipov ob reki Muri na območju, ki je že zavarovano zaradi krajine ter dragocenega vodnega in obvodnega biotopa (Rismal, 2011).

Projekt Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C sloni na postopnem izključevanju lokalnih vodnih virov, ki se nadomestijo z večjimi vodnimi viri, kot so Segovci, Podgrad, Mota in Lukavci (Slika 2).



Slika 2: Predvidena oskrba s pitno vodo v občinah Sistema C (IEI, 2012)

Ti vodni viri bodo med seboj povezani. Občini Sveti Jurij ob Ščavnici in Križevci (obe na meji med zahodnim in vzhodnim delom Sistema C) se bosta oskrbovali tako iz smeri Podgrada, kot iz smeri Mote. Tisti lokalni vodni viri, kjer je voda neoporečna, pa se bodo vključili v rezervne vodne vire, za primer izrednih razmer (suša, poplava, izlitje nafte ...) (IEI, 2012). Koncept medsebojne povezave črpališč namreč daje večjo obratovalno varnost, manjši strošek transportnih cevovodov in manjšo porabo energije (Rismal, 2011).

Poleg tega je cilj projekta vzpostavitev ustrezne kakovosti pitne vode skladno s predpisi o pitni vodi, ustrezna zaščita vodnih virov, odprava pomanjkanja pitne vode v sušnih obdobjih, zagotovitev zadostne količine pitne vode za vse namene javne uporabe, zagotavljanje požarne varnosti ... (IEI, 2012).

Diplomska naloga zajema analizo projektov oskrbe s pitno vodo Pomurja - Sistem C, znotraj katerega preučimo obstoječo vodooskrbo in njene poglobitve probleme, pregledamo osnovne geografske, geološke in hidrološke značilnosti obravnavanih črpališč ter analiziramo bodoče stanje vodooskrbe danega prostora. Naš namen je ugotoviti, ali bodo vodni viri zagotovili varno preskrbo s pitno vodo v bodoče glede na demografski, gospodarski, okoljski in prostorski trend predvidevanj ter na podlagi ugotovitev podati svoje mnenje. Opomniti je potrebno, da lahko poleg podtalnice predstavlja vodni vir pitne vode tudi površinska voda, v našem primeru reka Mura.

Namen diplomske naloge je predstaviti javnosti strokovno najzahtevnejši in ekonomsko največji projekt za pitno vodo v Sloveniji, ki se trenutno izvaja ter najti ustrežnejši tehnološki postopek za pripravo pitne vode, ki bi najbolj ustrezal kakovostnim in ekonomskim kriterijem oskrbe s pitno vodo v bodoče.

2 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

2.1 Oskrba s pitno vodo

Sistem C se trenutno oskrbuje z okoli 100 l/s pitne vode. Pitna voda se zajema iz štirih večjih vodnih virov, in sicer iz Segovcev, Podgrada, Lukavcev in Mote ter manjših vaških zajetij. Večja vaška zajetja najdemo v Vučji vasi, Žihlavi in Terbegovcih (Pavšek in Cuderman, 2011).

Preglednica 1: Prikaz vodooskrbe prebivalcev Sistema C za leto 2010 (IEI, 2012)

Občina	Število prebivalcev	Število oskrbovanih prebivalcev	Vtok v vodovodni sistem [m ³ /dan]	Količina odvzete vode za uporabnike storitev javne službe [m ³ /dan]	Izgube [m ³ /dan]	Norma porabe [l/os.dan]	Dolžina obstoječih vodovodov [km]
Apače	3.637	1.344	266,92	148,59	24,26	110,6	42
Gornja Radgona	9.180	6.069	1.869,02	ni podatka	548,31	120,0	157
Križevci	3.729	3.162	2.694,93	380,10	863,17	120,2	41
Ljutomer	11.805	8.705		905,20		104,0	279
Sv. Jurij	2.894	318		27,76		195,6	27
Veržej	1.287	1.102		129,24		99,4	11
Radenci	5.344	4.628	1.445,97	905,24	188,92	87,3	125
Razkrižje (+ Ljutomer)	1.353	1.161	589,86	115,40	321,56	117,3	26
Skupaj	39.229	26.489				105,8	708

*Opomba: Občine Križevci, del Ljutomera, Sv. Jurij in Veržej odvajajo vodo iz vodnega vira Lukavci, občine Razkrižje in del Ljutomera odvajajo vodo iz Mote, občine Apače, Gornja Radgona in Radenci imajo svoj vodni vir (IEI, 2012b).

Iz Preglednice 1 je razvidno, da je območje raziskave leta 2010 zajemalo 39.229 prebivalcev. Od tega je bilo priključenih v javno vodooskrbo 26.489, 12.740 prebivalcev pa se je oskrbovalo iz lastnih virov pitne vode. Območje Sistema C je bilo istega leta pokrito s 708 km dolgim vodovodnim omrežjem.

Na podlagi določenih norm občin, je bila izbrana povprečna norma porabe 110 l/os.dan (40,15 m³/prebivalca/leto).

Porabniki, ki so v letu 2010 porabili največ vode, so prikazani na Preglednici 2.

Preglednica 2: Prikaz največjih porabnikov vode v gospodarstvu leta 2010 (Pavšek in Cuderman, 2011):

OBČINA	NAJVEČJI PORABNIKI VODE
Apače	TMK Črnci, Marija Koler, Stanovanjska hiša, Fras Martin - hlevi, Fras Janez - hlevi, Tropenauer Oto, OŠ Apače, Vakaj Roman - hlevi, Mizarstvo Tropenauer, Socialno varstveni zavod Hrastovec
Gornja Radgona	Panvita d.d., Reflex d.d., SIM Radenci d.o.o., Radenske Gorice d.d., Arcont d.d., Dom starejših občanov, Pomurski sejem d.d., Elrad International, SGP Tivadar, Elos escada d.d.
Ljutomer	Pomurske mlekarnе d.d., Krka d.d., Dom Lokavci, DSO Ljutomer, Makoter d.o.o., Letno kopališče Ljutomer, Prašičja farma Cven, P&F Jeruzalem Ormož d.o.o., Usnjarna Prinčič d.o.o., Farmatech d.o.o.
Radenci	Radenska d.d., Zdravilišče Radenci d.o.o.

Na podlagi projektne dokumentacije o bodoči vodooskrbi Sistema C je na Preglednici 3 podano trenutno stanje vodooskrbe na obravnavanem območju.

Preglednica 3: Pregled vodooskrbe v območju Sistema C (IEI, 2012)

OBČINA	VEČJI JAVNI VODOVODNI SISTEM	VODNI VIRI	OPOMBA	PROBLEMI
APAČE	JP Prlekija	Segovci		kakovostni problemi
	zasebni vodovod	manjša vaška zajetja		lokalna zajetja niso ustrezna
	Mariborski vodovod (Novi vrh, Vratja vas, Vratji vrh)	Vrbanski plato	Vratja vas in Vratji vrh se bosta z investicijo povezala na Sistem C	kakovostni problemi
GORNJA RADGONA	Komunala Radgona	Segovci in Podgrad		kakovostni problemi
	Mariborski vodovod (Ivanjski vrh, Kunova, Lokavci, Negova, Radvenci)	Vrbanski plato		kakovostni problemi
	zasebni vodovod (Očeslavci, Spodnji Ivanjci, Stavešinski vrh)	manjša vaška zajetja	Lokalna skupnost ne nadzira vaška zajetja.	
RADENCI	SIM Radenci	Segovci, Podgrad		
	zasebni vodovod	manjša vaška zajetja		kakovostni problemi
KRIŽEVCI	JP Prlekija	Lukavci		občasno biološko oporečna voda
	zasebni vodovod (Vučja vas)	manjše vaško zajetje		lokalno zajetje ni ustrezno

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 3

LJUTOMER	JP Prlekija	Lukavci in Mota		kakovostni problemi
	zasebni vodovod (Mala Nedelja in bližnja naselja)	manjše vaško zajetje		lokalno zajetje je neustrezno
LJUTOMER	JVS Ormož (Bodislavci, Cuber, Desnjak, Godemarci, Gresovpčak, Ilovci, Jeruzalem, Mekotnjak, Moravci v Slov.Goricah, Nunska grapa, Plešivica, Podgradje, Presika, Radomerje, Radomerščak, Radoslavci, Rinčetova grapa, Slamnjak, Železne dveri)	Mihovci	Sedaj vezana naselja na ormoški vodovod, se bosta z investicijo povezala na Sistem C	kakovostni problemi
RAZKRIŽJE	JP Prlekija	Mota		kakovostni problemi
SV.JURIJ OB ŠČAVNICI	Primarno vodovodno omrežje	Žihlava in Terbegovci		Primanjkljaj vode v sušnih mesecih, kakovostni problemi
	JP Prlekija	Lukavci		
	JVS Ptuj	Skorba		
	zasebni vodovod	manjša vaška zajetja		
VERŽEJ	JP Prlekija zasebni vodovod	Lukavci Podzemna voda Vučja vas		kakovostni problemi

Vsem tem občinam je skupno staro omrežje z majhnimi preseki ter delno zagotovljena požarna varnost (katere kriteriji za varno vzpostavitev so opredeljeni v 2.1.1 Požarna varnost).

Za večino teh sistemov je značilno občasno pomanjkanje vode v sušnih mesecih, vodni viri so plitvi in neustrezno zavarovani, kontrola nad pitno vodo pa ni v skladu z zahtevami Pravilnika o pitni vodi (Podlipnik in Jurič, 2006).

Poleg tega, da se čista pitna voda ne zagotavlja v ustrezni kvaliteti, tudi količinsko ni omogočena vsem prebivalcem. Kar 32,48 % vseh prebivalcev občin Sistema C ni priključenih na javno vodovodno omrežje (IEI, 2012).

Na Apaškem polju, Spodnji Ščavnici, Ščavniški dolini ter Slovenskih goricah od Godemarcev do Moravcev pa vse do Male Nedelje najdemo več manjših razdrobljenih lokalnih vodovodnih sistemov, ki oskrbujejo manj kot 1.000 prebivalcev ter individualnih zajetij, ki so večinoma plitvi in brez ustrezne priprave pitne vode (Pavšek in Cuderman, 2011). Pod pojmom lokalno vaško zajetje namreč razumemo lastno vodooskrbo, ki ni vključena v letni državni monitoring pitne vode in je v privatni lasti (Korže, V., 2011).

Poleg vsega tega predstavljajo problem tudi nepopolne evidence izgube vode, velika razpršenost upravljavcev, kadrovska zasedba pa je pri večjih upravljavcih pomanjkljiva (Pavšek in Cuderman, 2011).

Zaradi obstoječega stanja infrastrukture je nujno potrebna izvedba ureditve neoporečne oskrbe s pitno vodo na obravnavanem območju (IEI, 2012).

2.1.1 Požarna varnost

Predpisi glede požarne varnosti, ki se nanašajo na oskrbo s pitno vodo:

- Zakon o varstvu pred požarom (UI RS št. 71/1993, 87/2001, 110/2002-ZGO-1, 105/2006, 3/2007-UPB1, 9/2011, 83/2012),
- Zakon o gasilstvu (UI RS št. 71/1993, 1/1995-CZ, 28/1995, 73/1997 Odl.US: U-I-341/94, 28/2000, 91/2005, 113/2005-UPB1, 120/2008 Odl.US: U-I-61/06-14),
- Pravilnik o preskušanju hidrantnih omrežij (UI RS št. 22/1995, 102/2009),
- Pravilnik o metodologiji za ugotavljanje ocene požarne ogroženosti (UI RS št. 70/1996 (5/1997 popr.), 31/2004),
- Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (UI RS št. 30/1991, 52/2000-ZGPro, 83/2005).

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo v 22. členu določa, da mora upravljavec javnega vodovoda v okviru storitev javne službe, zagotavljati vzdrževanje javnega hidrantnega omrežja in hidrantov, priključenih nanj, v skladu s predpisom, ki na področju varstva pred požari ureja obratovanje vodovodov in hidrantnih omrežij.

V skladu s Pravilnikom o preskušanju hidrantnih omrežij pooblaščen izvajalec opravlja enkrat letno redni tehnični nadzor hidrantnih omrežij. Ustrezen vir za oskrbo z vodo za gašenje je vir, ki z zmogljivostjo in izdatnostjo lahko zagotovi zahtevano količino vode za gašenje take kakovosti, da jo je mogoče uporabiti za gašenje požara.

Poleg javnega vodovodnega sistema služijo kot vir vode za gašenje tudi drugi viri:

- podzemna voda, ki se črpa iz enega ali več vodnjakov in se ne sme znižati za več kot 6 m pod koto terena,
- površinske vode (tekoče in stoječe vode) s pomočjo stalnega postroja na odprtih vodnih tokovih, ki se z ustreznimi napravami zavaruje pred mehanskimi poškodbami (ledu ali večjih odpadkov),

- požarni bazen, ki je lahko vkopan, polvkopan ali nadzemni, mora biti izdelan tako, da se lahko polni in zajema vodo iz njega kadarkoli.

Od vseh teh možnih virov se uporabi najbolj ustrezen vir ali kombinacija virov s tehničnega in ekonomskega vidika ter z vidika zanesljivosti delovanja. Viri pa ne smejo biti oddaljeni več kot 300 m od objekta, ki se ga varuje.

Količina vode za gašenje požarov je odvisna od razpoložljivih količin vode v vodovodnem omrežju, pretočne sposobnosti cevovodov in stanja oskrbe s pitno vodo (Grm in sod., 2005). Ustrezen vir je lahko le na tistem območju, kjer lahko zagotavlja zadosten dotok k hidrantu pri ustreznem tlaku, ki ne sme biti nižji od 1,5 bara na nobenem mestu v omrežju, razen v primerih, ko je omogočeno zanesljivo delovanje vodovodnih sistemov v območju višjih tlakov. Dovoljena razdalja med hidrantoma je največ 80 m znotraj poselitvenih območij, kjer znaša gostota poselitve več kot 10 prebivalcev na hektar oziroma 150 m znotraj poselitvenih območij, kjer znaša gostota poselitve manj kot 10 prebivalcev na hektar. Za poselitvena območja mora vir vode za gašenje zagotoviti dotok skupne količine vode za gašenje, ki so prikazane na Sliki 3 in v trajanju najmanj 2 ur. Na vsakem hidrantnem priključku sistema za oskrbo z vodo za gašenje pa mora biti posamično omogočen odzem 10 l/s.

Razred	Št. preb. v 1000	Skupna količina vode za gašenje [l/s]
1	do 5	10
2	do 10	15
3	do 25	40
4	do 50	50
5	do 100	70
6	do 200	120
7	do 300	135
8	do 400	150

Slika 3: Prikaz skupne količine vode za gašenje glede na število prebivalcev
(Steinman in sod., 2004, str 65)

Premeri cevi vodovodnega sistema, ki služijo kot vir vode za gašenje, cevi razdelilnega cevovoda v omrežju hidrantov in cevi za posamezen hidrant morajo imeti premer glede na hidravlični izračun, vendar ne manjši od 100 mm. V primeru, če so dinamični tlaki v sistemu in zunanjem hidrantnem omrežju višji, takrat je lahko premer cevi tudi 80 mm (Steinman in sod., 2004).

3 GEOGRAFSKE, GEOLOŠKE IN HIDROLOŠKE ZNAČILNOSTI

3.1 Osnovne geografske značilnosti

Najpomembnejši vodotok na obravnavanem območju je 465 km dolga reka Mura, ki izvira v Nizkih Turah v Avstriji, na nadmorski višini 1898 m (Brilly in sod., 2011). Reka deli Pomursko regijo na levi in desni breg porečja. Levi breg sestavlja Prekmurje z 19 občinami, desni breg pa Prlekija z 8 občinami (Podlipnik in Jurič, 2006).

Poleg Mure je za sam prostor pomembna tudi reka Ščavnica s pritoki, ki sprejema vode iz Radgonsko – Kapelskih in Ljutomerskih Goric (Grubar, 2009).

Zaradi celinskega podnebja, rodovitne prsti in ravninskega reliefa je značilno intenzivno kmetijsko gospodarstvo, predvsem poljedelstvo in mešana rastlinska predelava (Bricelj, 2009).

Ker se zajetja pitne vode nahajajo na Apaškem in Mursko - Ljutomerskem polju, sta ta dva vodonosnika tekom naloge podrobno obravnavana.

3.2 Geološke značilnosti

Območje Sistema C pripada v ožjem geotektonskem pogledu Murski depresiji. V širšem geotektonskem kontekstu pa je v okviru Murske depresije del geotektonske enote imenovane Panonski bazen. V strukturno - tektonskem pogledu se območje Murske depresije intenzivno pogreza, južno obrobje Murske depresije pa strmo dviga (Prestor in sod., 2012).

3.2.1 Apaško polje

Apaško polje je ravnica, širine do 5 km in dolžine do 15 km, ki leži med Cmurekom na zahodu in Gornjo Radgono na vzhodu. Na severu jo obrobja reka Mura, na jugu pa obronki Slovenskih goric (Slika 4) (HGEM, 2011).

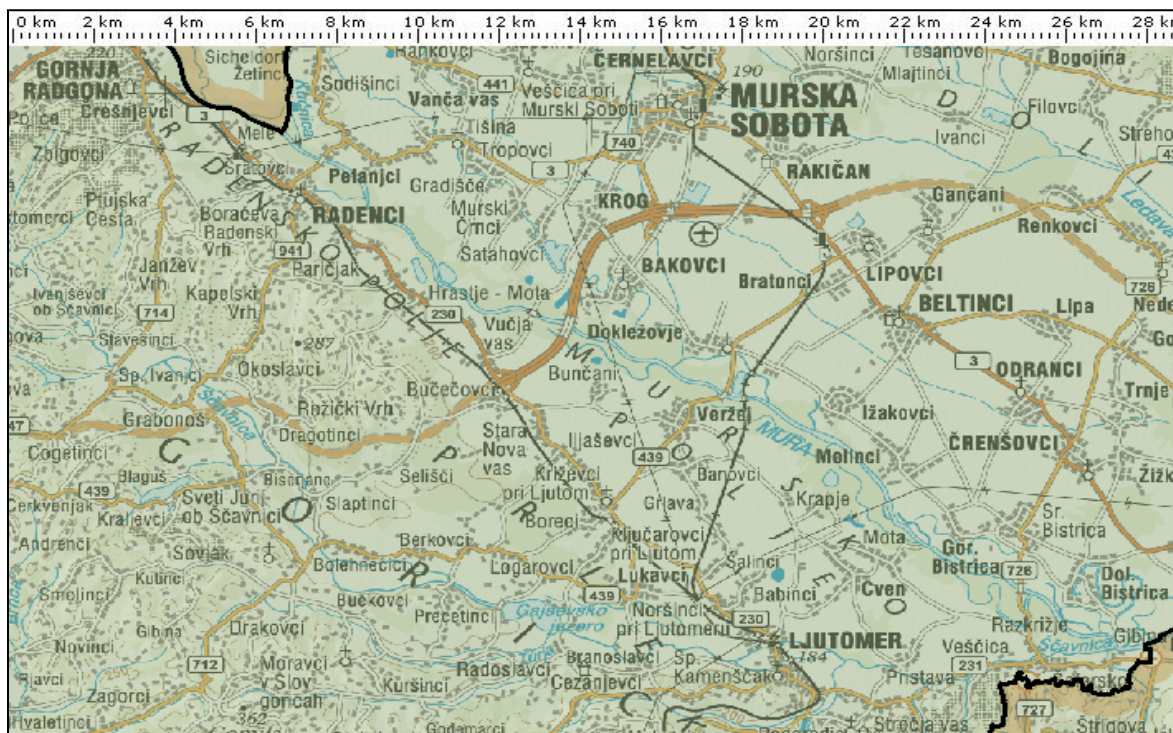
Površje ravnice enakomerno pada v smeri toka Mure. V kvartarnem peščeno prodnem zasipu se ločita nizki peščeno prodnati zasip in višji terasni zasip. Površji zasipov položno padata v smeri vzhoda – jugovzhoda. Podlago zasipa tvori za vodo praktično neprepusten pliocenski lapor (Prestor in sod., 2012).



Slika 4: Geomorfološka slika Apaškega polja in okolice
(Prestor in sod., 2012: str 17)

3.2.2 Mursko - Ljutomersko polje

Mursko - Ljutomersko polje meji med Vučjo vasjo na zahodu in Razkrižjem na vzhodu ter vse do juga Slovenskih Goric pri Ljutomeru. Območje sestavljata dve terasi, nizka in visoka. Ti dve trasi sta najbolj izraziti med Gornjo Radgono, Radenci, Vučjo vasjo in Križevci (Slika 5).



Slika 5: Mursko – Ljutomersko polje z okolico
(Atlas okolja, 2012)

Nizka terasa zajema pas vzdolž rečnega korita in položno pada v smeri toka reke Mure. Visoka terasa pa se proti jugozahodu in zahodu naslanja na severovzhodne obronke Slovenskih Goric in začne padati od Radgone proti Vučji vasi pa vse do Lukavcev, kjer se spusti na nizko teraso (Prestor in sod., 2012).

Za ravnino Mursko – Ljutomerskega polja je značilen murski prod (prod, pomešan s peskom), ki se razprostira od Radencev proti Ljutomeru. Nanj je ponekod odložena peščena glina, ki se izkorišča za opekarsko surovino (Ključarovci). Na starih opuščeni rečnih koritih, poplavnih ravninah in mrtvicah pa najdemo tudi barjanske sedimente (meljaste glinaste frakcije s pogosto organsko primesjo) (HGEM, 2011).

3.3 Hidrološke značilnosti

3.3.1 Količinsko stanje

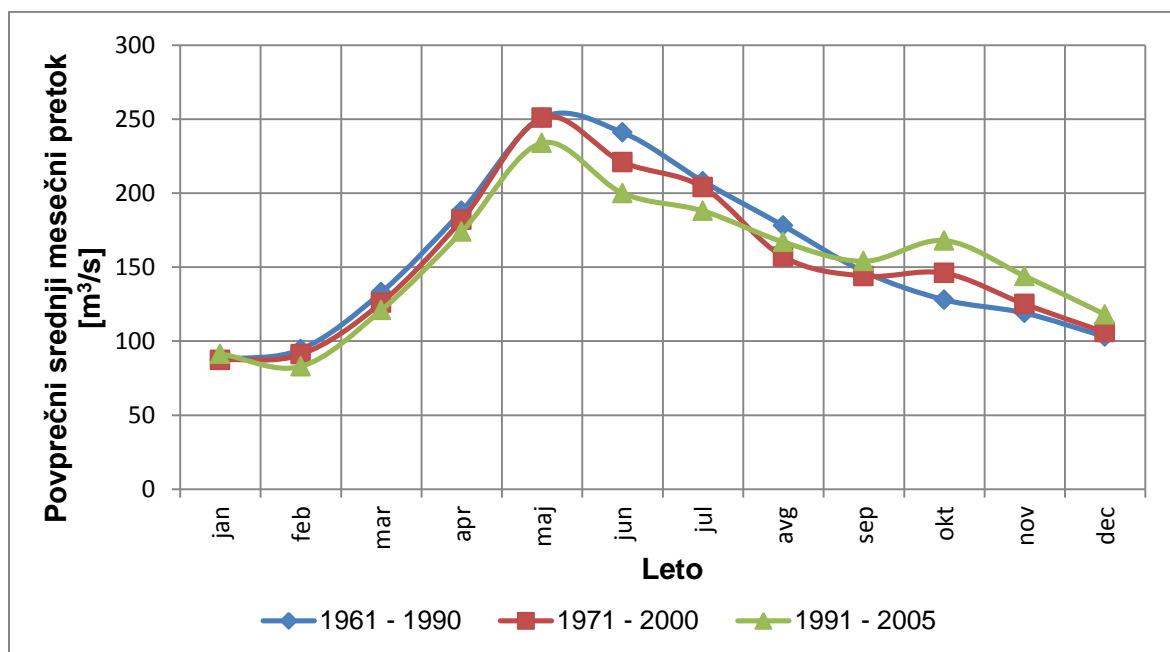
3.3.1.1 Reka Mura

Hidrološki režim reke Mure se je v zadnjih letih po izgradnji hidroelektrarn v Avstriji, precej spremenil. Zaradi prekinitve prodonosnosti reke je prišlo do procesa poglobljanja struge (Bukovnik in sod., 2004). Poleg tega vplivajo na hidrološke značilnosti vodotoka tudi velika podnebna nihanja.

V dolgoletnem povprečju je v obdobju med 1991 in 2009 v Pomurju padlo 776 l/m² dežja letno, v Sloveniji pa v povprečju 1.278 l/m² (Pavšek in Cuderman, 2011). Največ padavin v porečju prejme predel Slovenskih goric, okrog 1.000 mm letno, od tam pa se padavine proti vzhodu postopoma zmanjšujejo.

V primerjavi z manjšo količino padavin na obravnavanem območju predstavlja delež izhlapevanja obratno sorazmernost. Letno v regiji izhlapi kar 693 mm vode iz tal. Zato večina padavin izhlapi, zelo majhen delež pa jih odteče. Preko 300 mm jih letno odteče iz območja Slovenskih Goric, od tam pa se proti vzhodu količina odtoka zmanjšuje.

Od letne razporeditve padavin in temperatur ter od trajanja snežne odeje so v veliki meri odvisni pretočni režimi Mure. Na pretok ima največji vpliv taljenje snega in ledu v Alpah. Tako je zanjo značilen snežno dežni režim, za katerega veljata dva viška (Slika 6). Prvi višek predstavljajo snežne padavine v času od maja do julija ter vedno bolj izrazitejši višek dežnih padavin v poznem jesenskem času (oktobra) (Bricelj, 2009).



Slika 6: Prikaz povprečnega srednjega mesečnega pretoka Mure za različna časovna obdobja (merilno mesto Gornja Radgona) (Frantar, 2009)

Preglednica 4: Pregled vodostajev, pretokov in temperature na reki Muri za leto 2010 na postajah Gornja Radgona in Petanjci (ARSO, 2013)

REKA MURA	VODOSTAJJ		PRETOK		TEMPERATURA	
	H [cm]		Q [m³/s]		[°C]	
Leto 2010						
Mesec \ Postaja	Gornja Radgona	Petanjci	Gornja Radgona	Petanjci	Gornja Radgona	Petanjci
jan	83,16	153,77	90,43	95,47	2,84	3,09
feb	85,75	156,61	96,98	102,48	3,35	3,57
mar	99,29	170,90	120,89	123,45	6,85	7,16
apr	100,40	173,97	125,67	127,32	10,65	11,03
maj	140,26	218,16	208,92	211,16	12,46	12,84
jun	151,67	230,10	235,79	239,71	15,04	15,43
jul	103,52	177,26	132,06	133,38	19,62	20,06
avg	106,77	182,32	138,98	143,13	18,01	18,45
sep	136,10	215,10	202,19	210,71	13,41	13,83
okt	102,61	179,94	130,38	137,84	9,88	10,28
nov	109,27	187,13	144,22	151,95	7,64	8,04
dec	111,55	188,55	148,86	154,50	2,39	2,77

Na Preglednici 4 je prikazan pregled vodostajev, pretokov in temperatur reke Mure v letu 2010, in sicer na merilnih postajah: Gornja Radgona in Petanjci. Iz preglednice je razvidno, da je bil v vseh mesecih leta 2010 na postaji Petanjci izmerjen višji pretok kot pa na postaji Gornja Radgona. Iz tega sklepamo, da je več vode v spodnjem delu toka kot pa v zgornjem, kar pa je tudi razumljivo, saj se na odseku med Gornjo Radgono in Petanjci v Muro priključi kar nekaj vodotokov. Ker so pritoki v tem delu Mure močno onesnaženi, je tudi temperatura reke povišana.

Preglednica 5: Podatki o pretoku in suspendiranem materialu v Muri (Petanjci) med 1956 in 1965 (EVON, 2013)

Merilno mesto: Petanjci (1956 – 1965)			
Podatki o pretoku	Q_n	58,4	m ³ /s
	Q_s	173	m ³ /s
	Q_v	612	m ³ /s
	Letni odtok	5458,6	m ³ /leto
	Letni specifični odtok	523.829,00	m ³ /kg ² /leto
Podatki o suspendiranem materialu	S_n	0,17	kg/s
	S_{sr}	26,22	kg/s
	S_v	1006	kg/s
	Letni transport	830.598,00	t/leto
	Letni specifični transport	79,7	t/km ² /leto
	Srednja koncentracija (ρ_{sus})	0,152	kg/m ³

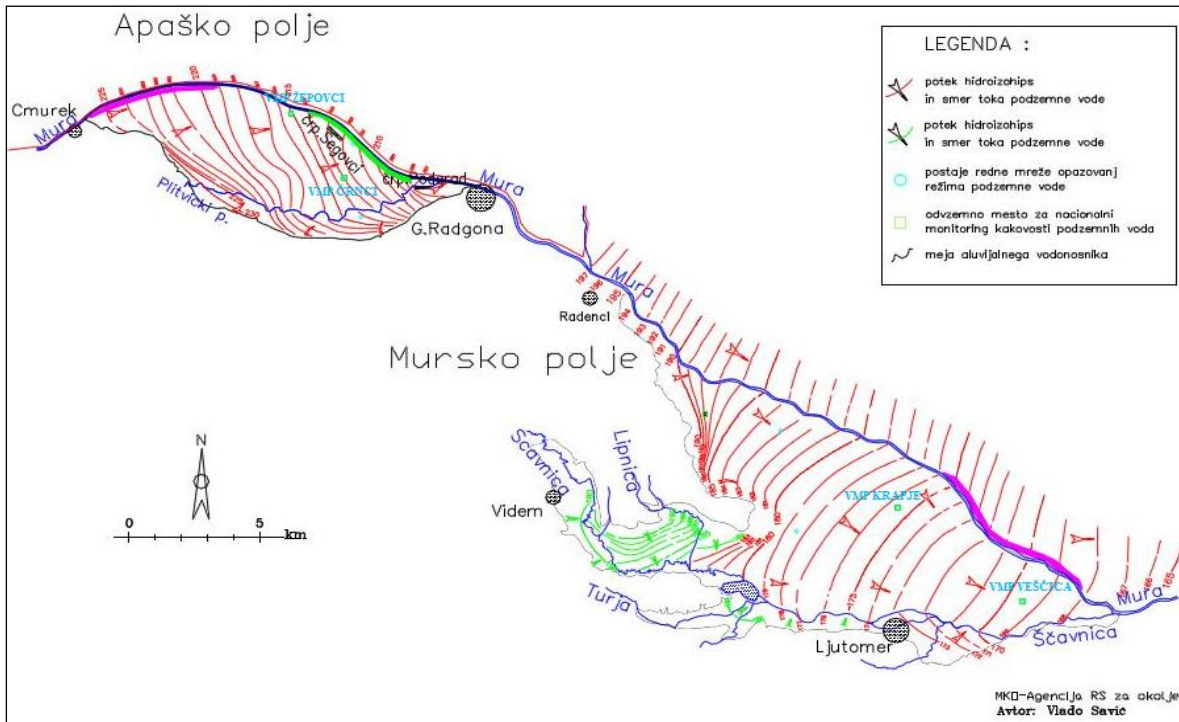
Preglednica 5 prikazuje podatke o pretoku in suspendiranem materialu v reki Muri na merilnem mestu Petanjci za obdobje med 1956 in 1965. Če primerjamo pritoke na merilnem mestu Petanjci iz obdobja 1956 – 1965 z letom 2010 (glej Preglednico 4), ne opazimo večjih sprememb. Iz podatkov je tudi razvidna manjša vsebnost suspendiranih snovi na danem območju.

3.3.1.2 Podzemna voda

Podzemna voda se napaja iz meteorne vode, majhnih potokov in izvirov iz obrobne gričevja ter delno iz reke Mure (Pavšek in Cuderman, 2011). Ker napajanje podzemne vode iz površinskih vodotokov predstavlja premajhen delež precejanja vode skozi celotno polje, so glavni in najpomembnejši vir napajanja padavine (HGEM, 2011).

Gladina podzemne vode je nagnjena v smeri toka reke Mure, prav tako je tudi njen strmec približno enak strmecu reke Mure (Slika 7). Zaradi neravnega reliefa je podzemna voda različno globoko pod površjem (Pavšek in Cuderman, 2011).

Območje Sistema C zajemajo štiri vodonosni sistemi, in sicer: Apaško polje (48,88 km²), Mursko – Ljutomersko polje (65,27 km²), Gornje Radgonsko polje (28,02 km²) ter Slovenske gorice – Severni in vzhodni del (307,58 km²). Celotno območje zajema 449,75 km² površine (ARSO, 2012d).



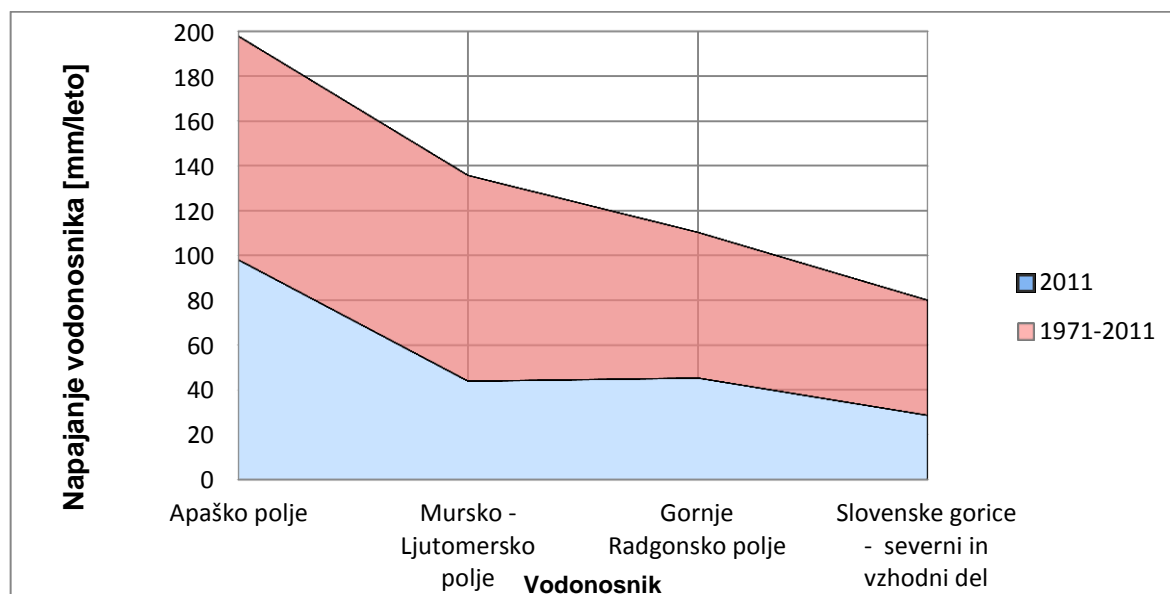
Slika 7: Prikaz poteka hidroizohips in smer toka podzemne vode (Savič, 2012)

Zaloga podzemnih voda je omejena na vodonosnike z medzrnsko poroznostjo, ki se nahajajo v ravninskem delu ob reki Muri na Apaškem in Mursko – Ljutomerskem polju (Slika 8) (ARSO, 2012a).



Slika 8: Hidrogeološke značilnosti in mreža merilnih mest v Murski kotlini (ARSO, 2012a: str 184)

Na osnovi izračunov iz programa GROWA je na Sliki 9 prikazana povprečna količina napajanja zgoraj omenjenih vodonosnikov za obdobje med 1971 in 2011.



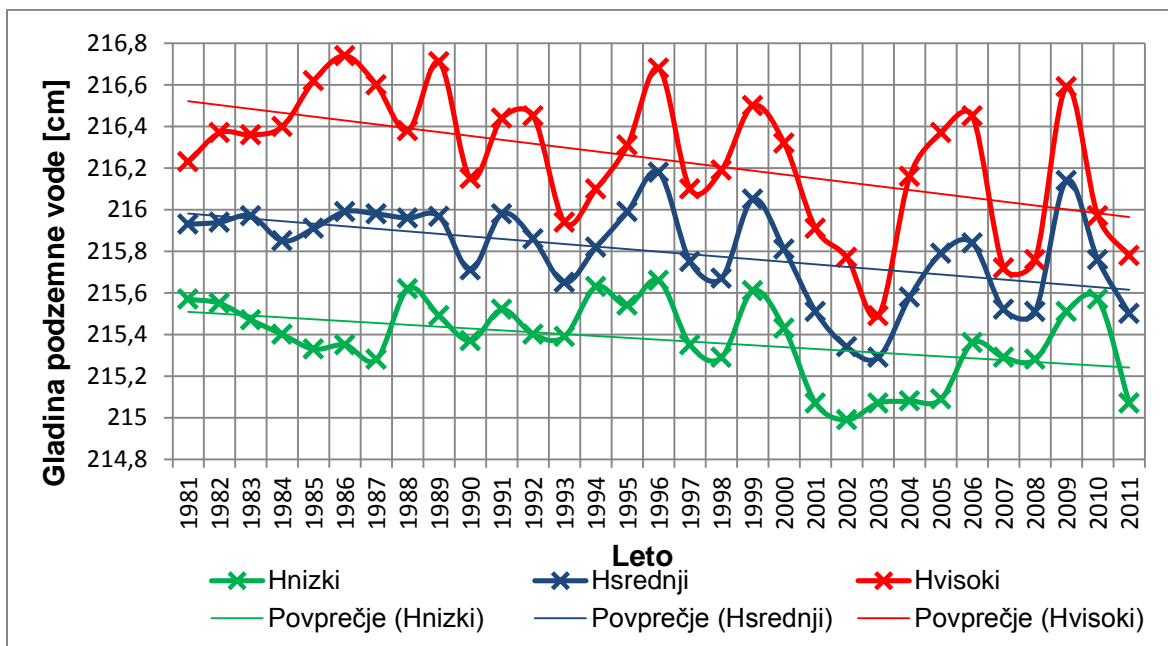
Slika 9: Prikaz napajanja vodonosnikov na desnem bregu Mure 1971 – 2011 (ARSO, 2012d)

Slika 9 prikazuje izrazito pod povprečni trend napajanja vodonosnikov v letu 2011 na podlagi obdobja 1971 – 2011. V 40. letnem obdobju na obravnavanem območju predstavlja Apaško polje vodonosnik z največjim napajanjem, sledijo mu Mursko - Ljutomersko polje, Gornje Radgonsko polje in Slovenske gorice: severni in vzhodni del.

3.3.1.2.1 Apaško polje

Globina podzemne vode je plitva in se pretaka od jugozahodnega roba polja proti osrednjemu delu polja, kjer zavije proti severovzhodu in vzhodu (Slika 7). Režim podzemne vode je močno odvisen od nivoja vode v rečnem koritu. Vodonosnik se napaja iz reke Mure, iz padavin, z infiltracijo Mlinskega potoka, Bizjaka in Plitvice ter delno tudi z dotoki iz gričevnatega zaledja Slovenskih goric. Na osnovi dosedanjih raziskav se ocenjuje, da znašajo dinamične rezerve vodonosnika 190 l/s (Prestor in sod., 2012).

Na podlagi pridobljenih podatkov od ARSO (2012b) je na Sliki 10 prikazano povprečje srednjih gladin podtalnice na vodomerni postaji Črnci za obdobje med 1981 in 2010. Nivo podzemne vode je v vodnjaku Črnci v obdobju med 1981 in 2010 niha med 216,74 cm in 214,99 cm. Razlika med najvišjo gladino podtalnice iz leta 1986 in najnižjo iz leta 2002 znaša 1,75 cm. Na podlagi statističnih obdelav lahko sklepamo, da nivo podzemne vode na tem območju rahlo upada.

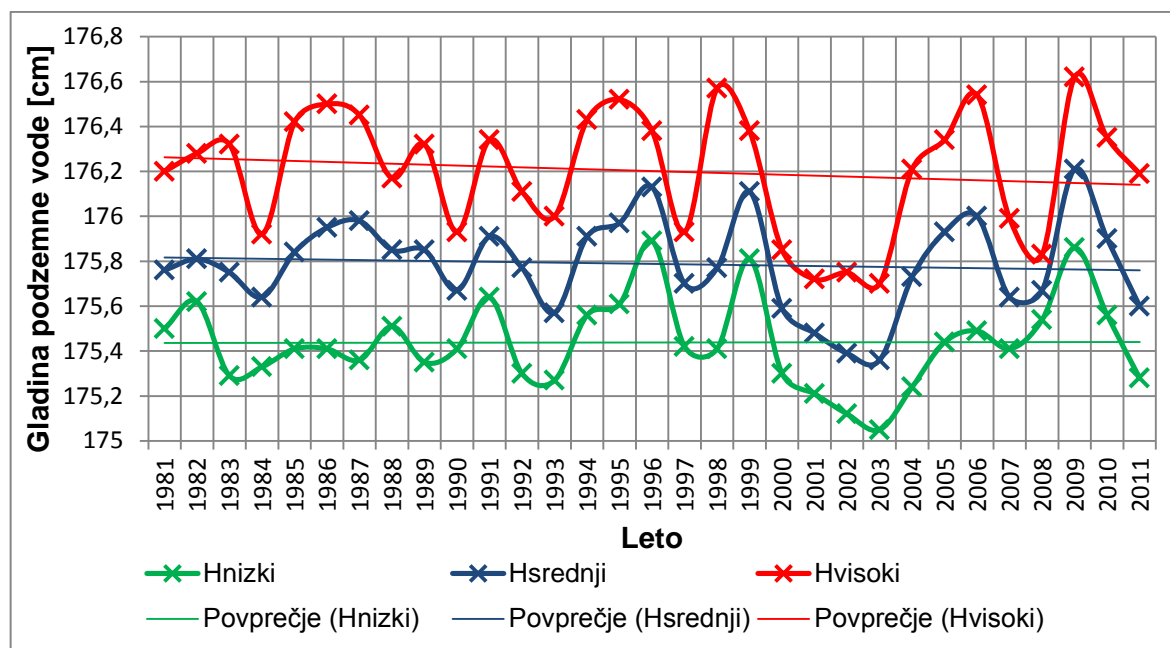


Slika 10: Prikaz nivoja podzemne vode v vodnjaku Črnci med 1981 in 2010 (ARSO, 2012b)

Ker je vodni vir zelo občutljiv na klimatske spremembe, že majhen upad gladine podzemne vode pomembno zmanjša izdatnost vodonosnika in zajetij. To še posebej velja za obdobja sovpadanja nizke gladine reke Mure ob sovpadanju odsotnosti snežnih padavin v njenem širšem zaledju in odsotnosti padavin na ožjem območju Apaškega polja. Na zniževanje gladine podzemne vode imata pomemben vpliv tudi poglobljanje struge Mure ter melioracije, ki so bile nekoč izvedene v porečju Plitvice (Prestor in sod., 2012). Približno do Cmureka je struga reke vrezana v laporjevo osnovo, kjer je proces poglobljanja počasen in manj izrazit. Izrazit proces poglobljanja poteka v prerezu Apač in Lutvercev, kjer se vrednosti poglobljanja gibljejo že med 1,5 m do 2,5 m globine. Zaradi poglobljanja reke Mure in vse bolj izrazitejših hidrološke suše, se vodni viri na obravnavanem območju ne obnavljajo več z napajanjem iz reke ampak prihaja do obratnega procesa, reka drenira podtalnico. Pri tem lahko pride do nevarnosti rudarjenja podzemne vode (Bukovnik in sod., 2004).

3.3.1.2.2 Mursko – Ljutomersko polje

V času nizkih vod se vodonosnik od Radencev do Dokležovja naprej prazen, od Melincev pa do meje s Hrvaško napaja in od meje naprej spet prazen (Slika 7) (HGEM, 2011). Podzemna voda se napaja v glavnem iz padavin, v ozkem pasu tudi iz Mure. Potoki, ki tečejo čez visoko in nizko teraso napajajo, deloma drenirajo podzemno vodo. Ovrednotene dinamične rezerve podzemne vode na Mursko – Ljutomerskem polju znašajo 440 l/s (Prestor in sod., 2012).



Slika 11: Prikaz nivoja podzemne vode v vodnjaku Zgornje Krapje med 1981 in 2010 (ARSO, 2012b)

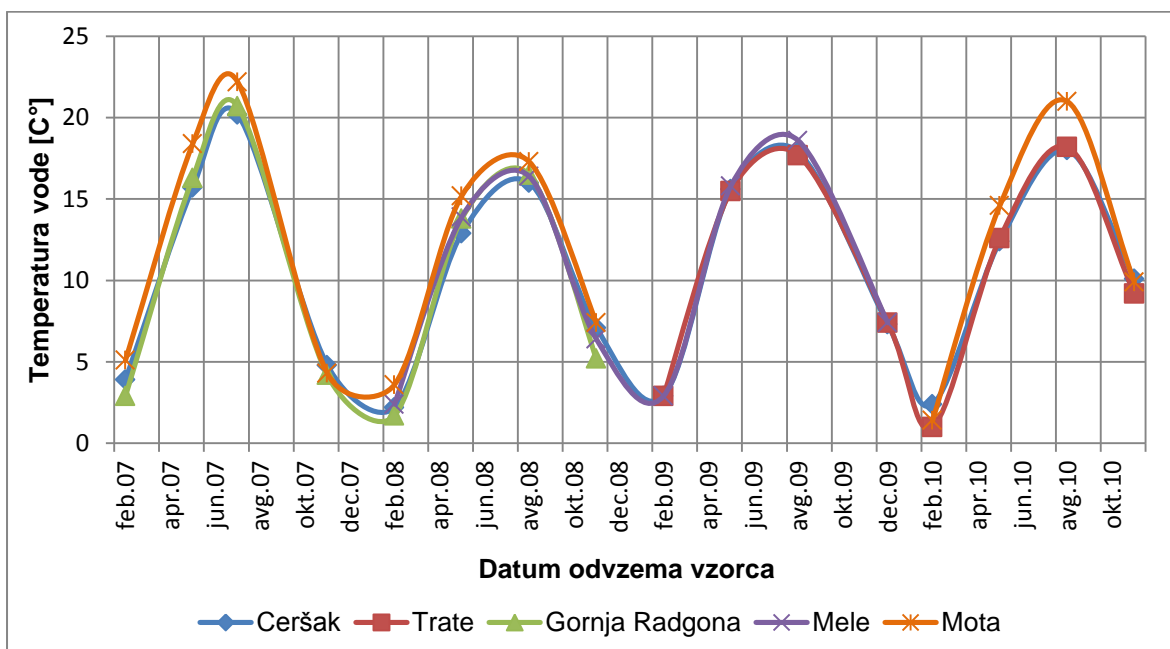
Na podlagi pridobljenih podatkov od ARSO (2012b) je na Sliki 11 prikazano povprečje srednjih gladin podzemne vode na vodomerni postaji Zgornje Krapje za obdobje med 1981 in 2010. Nivo podzemne vode v vodnjaku Zgornje Krapje v obdobju med 1981 in 2010 niha med 176,62 cm in 175,05 cm. Razlika med najvišjo gladino podzemne vode iz leta 2009 in najnižjo iz leta 2003 znaša 1,57 cm. Na podlagi statističnih obdelav lahko sklepamo, da nivo podzemne vode na tem območju rahlo upada.

3.3.2 Kakovostno stanje

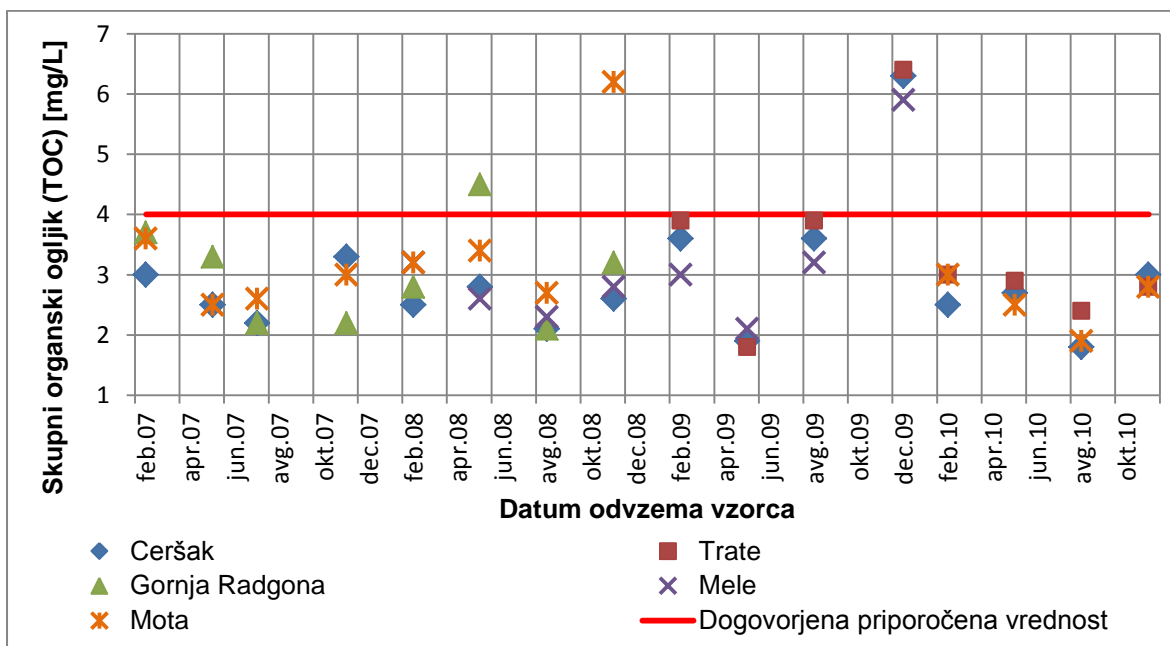
Pravni okvir za področje pitne vode predstavlja zakonodaja RS (zakoni, pravilniki in uredbe) in zakonodaja EU (direktive in uredbe). Kakovost je potrebno nadzirati. Po Pravilniku o pitni vodi (UI RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09) je nadzor dvojen. Enega izvaja upravljalec vodovoda in ga imenujemo notranji nadzor. Ta nadzor mora biti urejen na osnovah HACCP sistema (angleška kratica Hazard Analysis Critical Control Point), kar pomeni, da je potrebno vodo spremljati od zajema do porabe. To pa zagotavlja stalen visok nivo varnosti pitne vode, ki ga s samim vzorčenjem ne bi mogli zagotoviti. Drugi 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.

3.3.2.1 Reka Mura

Reka Mura je kakovostno neprimerna, saj spada v II. – III. kakovostni razred (Rismal, 2011). Iz Slike 12 je razvidno, da je bila temperatura vode v poletnih mesecih (med 2007 in 2010) najvišja leta 2007 na merilnem mestu Mota (23 °C), najnižja pa leta 2008 v Ceršaku (16 °C).



Slika 12: Temperatura Mure med leti 2007 in 2010 na različnih merilnih mestih (ARSO, 2012c)



Slika 13: TOC v Muri med leti 2007 in 2010 na različnih merilnih mestih (ARSO, 2012c)

Iz Slike 13 je razvidno, da so imela vsa merilna mesta v obdobju med 2007 in 2010 povišano vsebnost TOC. Leta 2008 je koncentracija prestopila dogovorjeno priporočeno vrednost na merilnih mestih Gornja Radgona in Mota, leto pozneje pa je bila ta vrednost presežena na merilnih mestih Trate, Ceršak in Mele.

Različno visoke so bile tudi vrednosti nasičenosti s kisikom. Najvišje povprečje je bilo določeno na merilnem mestu Mele (91,4 %), najnižje pa na merilnem mestu Ceršak (83 %). Tudi povprečne vsebnosti nitrata so bile nizke: Ceršak 6,0 mg/l NO₃, Trate 7,5 mg/l NO₃, Gornja Radgona 6,9 mg/l NO₃, Mele 6,8 mg/l NO₃, Mota 9,1 mg/l NO₃. Podatkov o vsebnosti železa in mangana za obdobje 2007 - 2010 še ni bilo, razen za merilno mesto Ceršak za leto 2010. Na merilnem mestu je bila 2.2.2010 presežena vsebnost mangana (72 µg/l Mn od predpisane vrednosti 50 µg/l Mn), medtem ko je vsebnost železa bila na spodnji meji določanja (< 100 mg/l) (ARSO, 2012c).

3.3.2.2 Podzemna voda

Na režim podzemne vode zraven odvisnosti od površinskih voda vplivajo številni kanali, gramoznice, stari rokavi reke Mure in studenčnice (HGEM, 2011).

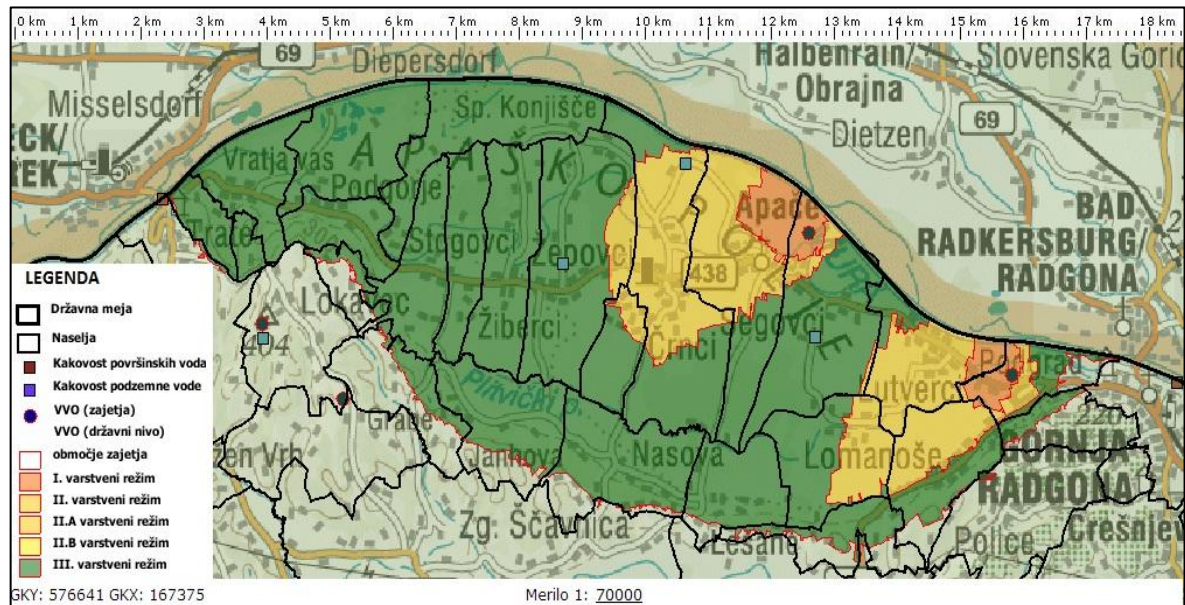
Preglednica 6: Kakovost podzemne vode na zajetjih Segovci, Podgrad, Lukavci in Mota (Prestor in sod., 2012, Hidroinženiring, 2012 in Hidroinženiring, 2012b)

PARAMETRI	SEGOVCI (med 1991 in 2004)	PODGRAD (med 1991 in 2004)	LUKAVCI (med 1991 in 2011)	MOTA (med 1991 in 2004)
pH in elektroprevodnost	stalna in primerljiva	stalna in primerljiva	stalna in primerljiva	stalna in primerljiva
Nitrat	narašča	narašča	nizke	narašča
Organske snovi	ni obremenitev	zmerna obremenitev	ni obremenitev	ni obremenitev
Nitrit	ni prisoten	prisoten, a precej pod normativom	ni prisoten	ni prisoten
Amonij	občasno povišan	občasno povišan	občasno povišan	občasno povišan
Težke kovine		voda ni obremenjena	ni obremenitev	ni obremenitev
Atrazin in desetilatrazin	desetilatrazin presega normativ	upada	Po letu 2010 mejna vrednost desetilatrazina ni bila presežena.	Po letu 2000 mejna vrednost desetilatrazina ni bila presežena.
Drugi pesticidi		pojavi metolaklora in terbutilazina		
Halogenirani ogljikovodiki				občasno povišani

Preglednica 6 prikazuje kakovostno stanje podzemne vode na vodnih zajetjih Segovcih, Podgrad, Lukavci in Mota. Iz preglednice je razvidno, da so v podzemni vodi zajetja Podgrad občasno presežene vsebnosti nitrata in pesticidov, medtem ko je njuna preseženost v podzemni vodi zajetja Segovci skoraj stalna. Na zajetju Lukavci se občasno v pitni vodi pojavljajo povišane koncentracije pesticida metolaklora in njegovih razradnih produktov, medtem ko na Moti predstavljajo problem povečane vsebnosti železa, mangana in amonija.

4 ANALIZA OBSTOJEČIH VODNIH VIROV

4.1 Vodni viri na Apaškem polju



Slika 14: Vodna vira Segovci in Podgrad z VVO
(Atlas okolja, 2012)

Za Apaško polje sta značilna dva večja vodna vira iz katerih se zajema voda. To sta črpališči Segovci in Podgrad (Prestor in sod., 2012). Na ravni zakonodaje ureja varovanje obeh vodnih virov Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaškega polja (Uradni list RS, št. 59/2007, 32/2011). Obstoječa vodna vira sta zaščitena z vodovarstvenimi območji, in sicer z širšim (III.), ožjim (II.) in najožjim (I.) območjem (Slika 14). Karakteristike vodonosnika na zajetjih Segovcih in Podgrad so podane na Preglednici 7.

Preglednica 7: Karakteristika vodonosnika na zajetjih Segovci in Podgrad (Hidroinženiring, 2013)

ZAJETJE	SEGOVCI	PODGRAD
Debelina vrhnje meljno peščene plasti [m]	do 1,2	do 1,2
Debelina prodno peščenega zasipa [m]	4	4,6
Globina do vode [m]	2,76	2,8
Debelina omočenega dela vodonosnika [m]	2,5	3
Koeficient prepustnosti [m/s]	med $1,50 \cdot 10^{-3}$ - $2,64 \cdot 10^{-2}$	med $1,89 \cdot 10^{-3}$ in $2,09 \cdot 10^{-2}$
Gradient i	0,003	0,003

Zaradi plitve podzemne vode je za obe črpališči izvedeno črpanje podzemne vode s horizontalnimi dreni. Umetno bogatenje sloni na postopku črpanja vode iz filtrata reke Mure in se po kontroli kvalitete spušča (bogati) v podtalje v neposredni bližini črpališča (Prestor in sod., 2012). Na splošno je za umetno bogatenje značilno, da se črpa in bogati več vode, kot se kasneje izzčrpa iz podtalja za potrebe vodooskrbe. To pomeni, da del nalite vode odteka od črpališča, in se na ta način ustvari vodna zavesa, ki odriva morebitno onesnaženo vodo iz zaledja (Kompore, 2002).

Vodna vira sta zelo pomembna vira za vodooskrbo vodovodnega sistema Apače – Gornja Radgona – Radenci (Pavšek in Cuderman, 2011). Ker sta med seboj povezana s cevovodom, je pretok vode možen samo s pomočjo gravitacije iz višje ležečega zajetja Segovci v smeri nižje ležečega zajetja Podgrad (tehnični podatki zajetij so prikazani v Preglednici 8) (Prestor in sod., 2012). Vodna vira obratujeta tako, da se iz vodnega vira Segovci odvzame voda le za občino Apače, iz vodnega vira Podgrad pa za ostale občine (IEI, 2012). Skupna kapaciteta in povprečno dnevno črpanje iz obeh vodnih virov sta prikazana na Preglednici 9.

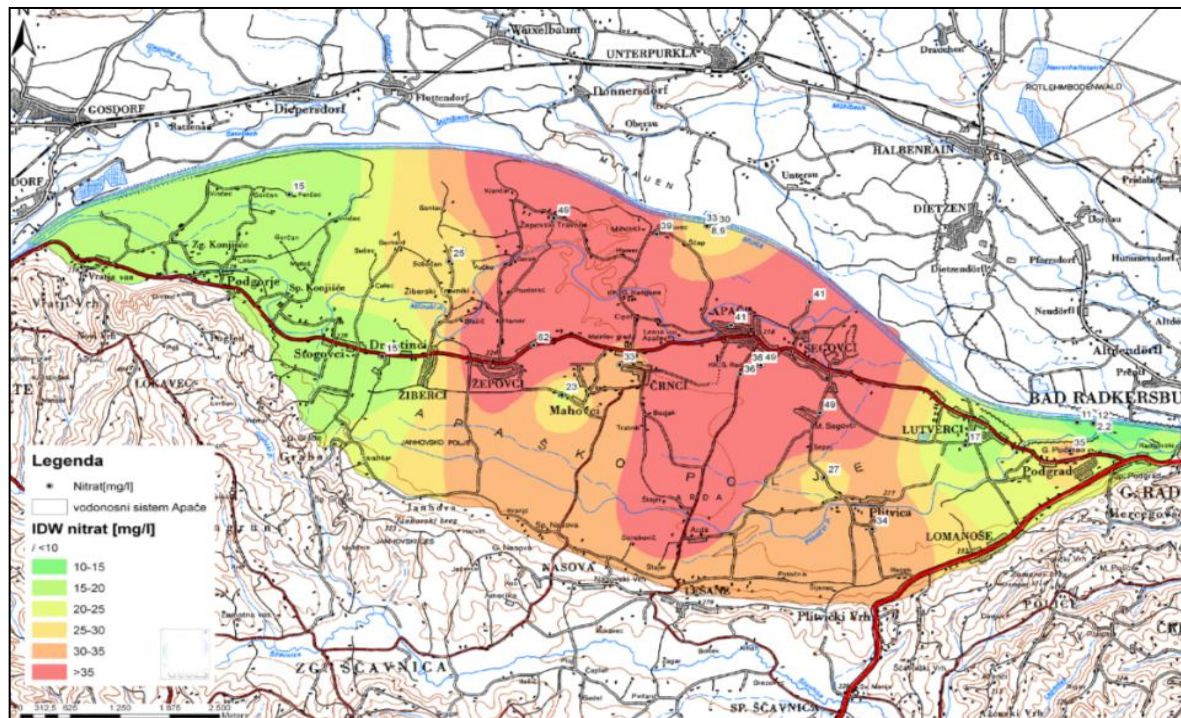
Preglednica 8: Tehnični podatki zajetij Segovci in Podgrad (Hidroinženiring, Pipuš, G. & Blažeka, Ž., 2008, cit. po Prestor, J. in sod., 2012: str 11)

ZAJETJE	SEGOVCI	PODGRAD
Dolžina drenaže [m]	800	400
Oddaljenost od reke Mure	300	300-350
Cevi (na vrhu perforirane)	beton	beton
Premer [m]	0,6	0,6
Globina [m]	med 4 in 6	med 5 in 6
Jaški na razdalji [m]	60	40
Premer jaškov [m]	0,8	0,8
Premer zbirnega vodnjaka [m]	5	
Globina zbirnega vodnjaka pod drenažo [m]	1,5	1,5

Preglednica 9: Sedanji režim odvzema vode na črpališčih Segovci in Podgrad (Železnik, B., 2012, cit. po Prestor, J. in sod., 2012)

ZAJETJE	IZDATNOST	KONIČNA KOLIČINA ČRPANJA	POVPREČNA DNEVNA KOLIČINA ČRPANJA	NAJNIŽJA KOLIČINA ČRPANJA
Segovci	70 l/s	14 l/s (10 ur)	10,4 l/s	10 l/s
Podgrad	55 l/s	52 l/s (24 ur)	52,1 l/s	50 l/s

Problem črpališča Segovci je, da se podzemna voda, ki se napaja z induciranim obrežnim filtratom, hkrati napaja tudi z zaledno podzemno vodo, ki je močno onesnažena (Slika 15) (Rismal, 2011). V zaledju črpališča se namreč nahaja največji delež obdelovalnih površin (več kot 63,1 %) in tretjina vseh prebivalcev Apaškega polja.



Slika 15: Vsebnost nitrata v vzorcih vod odvzetih med raziskavami v letu 2012
(Prestor in sod., 2012: str 68)

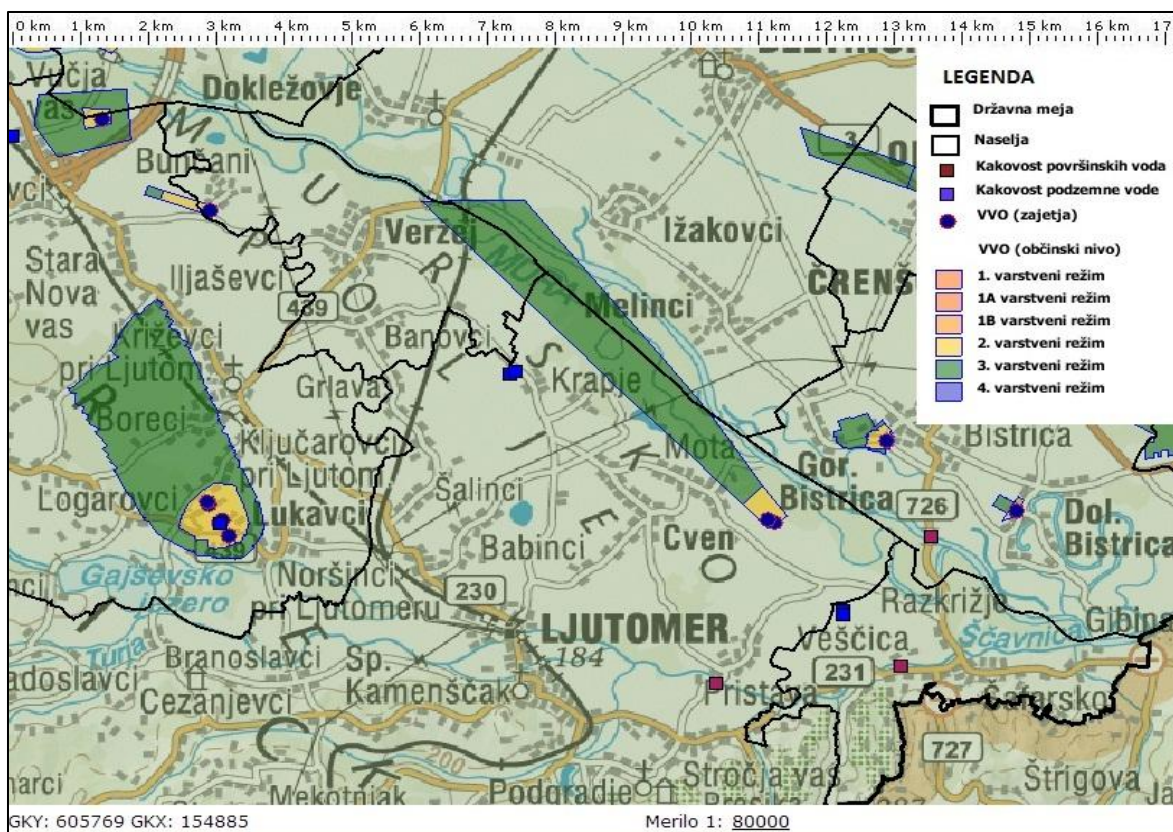
Medtem ko se črpališče Segovci sooča s problemom kakovosti pitne vode, se črpališče Podgrad sooča s količinsko problematiko. Črpališče Podgrad je manj obremenjeno zato, ker je delež obdelovalnih površin manjši za 5,5 %, na območju pa živi le 344 prebivalcev (Prestor in sod., 2012). Ker črpališče obratuje v ciklih glede na stanje vode v glavnem vodohranu nad Gornjo Radgono, povzroča ta nizko izdatnost vodonosnika v času hidrogeološke suše (Feguš in Golnar, 2012). Drenažna cev je sicer na skrajnem zahodnem delu povezana s cevovodom za dovajanje vode iz črpališča Segovci, vendar sistem ni nikoli obratoval. Kvaliteta rečne vode se je toliko poslabšala, da bi bilo potrebno tudi njeno čiščenje pred infiltracijo v ponikovalna polja (Prestor in sod., 2012).

Kljub strogim okoljskim standardom, vodna vira nista zaščitena pred onesnaženji. Naselja nimajo urejenega kanalizacijskega omrežja, odplake se spuščajo v opuščene vodnjake, divja odlagališča pa so skrita očem javnosti (Novak, F., 2012). Možni so tudi izlivi naftnih derivatov na cesti Vratja vas – Gornja Radgona.

Poleg obremenitev, ki nastajajo v zaledju obeh črpališč, pa je za obe zajetji, še posebej za Podgrad, pomembna obremenitev reke Mure. Reka vpliva na kakovost podzemne vode v ozkem obrežnem pasu, delno pa napaja tudi obe zajetji. Morebitno onesnaženje Mure bi ogrozilo obe zajetji. Ta ogroženost še bo večja za predvidene obrežne vodnjake tik ob Muri, kot je danes za obe drenaži, ki sta vsaj 300 m stran od reke. Glede na rezultate analiz pitne vode je vodovodni sistem pogojno varen (Preglednica 6). Zaradi problema kakovosti je količina odvzema iz Segovcev klub večji zmogljivosti zelo omejena (Prestor in sod., 2012).

4.2 Vodni viri na Mursko - Ljutomerskem polju

Za Mursko – Ljutomersko polje sta značilna dva večja vodna vira, iz katerih se zajema voda. To sta črpališči Lukavci in Mota (Pavšek in Cuderman, 2011). Obstoječa vodna vira sta zaščiteni z vodovarstvenimi območji na občinskem nivoju, in sicer na širše (3.), ožje (2.) in najožje (1.) območje (Slika 16). Varovanje vodnih virov Lukavci in Mota urejata Odlok o varstvu vodnega vira Lukavci (Uradni list RS, št. 56/00, 110/00) in Odlok o določitvi varstvenih pasov in ukrepov za zavarovanje zajetja pitne vode na Moti (Uradne objave z dne 27.10.1983).



Slika 16: Vodna vira Lukavci in Mota z VVO
(Atlas okolja, 2012)

4.2.1 Vodni vir Lukavci

Vodni vir Lukavci je zelo pomemben vir za vodooskrbo občin: Ljutomerja, Veržeja, Križevci in delno Sv. Jurija ob Ščavnici (Slika 16) (Pavšek in Cuderman, 2011). Karakteristike vodonosnika na zajetju Lukavci so podane na Preglednici 10.

Preglednica 10: Karakteristike vodonosnika na zajetju Lukavci (Hidroinženiring, 2012a)

ZAJETJE LUKAVCI	
Debelina peščeno prodnatega zasipa	10 m
Debelina glinasto meljastega in glinasto peščenega pokrova	7,5 m
Globina do nivoja podzemne vode	6,8 m
Debelina omočenega dela vodonosnika	10 m
Koeficient prepustnosti	0,00036 m/s
Gradient toka podzemne vode	0,012

V letu 2009 je bilo v omrežje načrpane 36,3 l/s vode, prodane pa 26 l/s. Povprečna kapaciteta črpališča znaša 60 l/s (Hidroinženiring, 2012a). Za vodni vir je značilno, da se napaja s padavinsko podzemno vodo (Rismal, 2011). Črpališče zajema 3 vodnjake: centralni vodnjak globine 19 m (s povprečno kapaciteto 24 l/s) in dva vrtana vodnjaka globin 21 m (s povprečno kapaciteto 19 l/s) in 23 m (s povprečno kapaciteto 21 l/s).

Vodo iz vodnjakov se črpa najprej preko avtomatskega mehanskega filtra v bazen očiščene vode z volumnom 17 m³, od koder se voda črpa naprej v omrežje. Iz črpališča se voda črpa v dva vodovodna sistema in sicer v sistem mesta Ljutomer in v sistem Križevci. Pri pripravi pitne vode se posebni postopki ne izvajajo. Voda se očisti le trdnih delcev peska preko avtomatskega mehanskega peščenega filtra. Kloriranje pitne vode se izvaja iz preventive v primeru vzdrževalnih del ali ugotovljene mikrobiološke onesnaženosti.

Glede na to, da je območje vodarne obdano z gozdom in na območju ni intenzivne kmetijske proizvodnje in drugih dejavnosti, ki bi ogrožale pitno vodo, je v primerjavi z ostalimi vodnimi viri desnega brega Mure kvalitetno še najbolj varna. Na podlagi podatkov o vodonosniku je bilo v hidrogeološki študiji ugotovljeno, da je na črpališču možno črpane količine dvigniti iz 60 l/s na 80 l/s (Hidroinženiring, 2012a).

4.2.2 Vodni vir Mota

Iz vodnega vira Mota, ki se nahaja v občini Ljutomer (Slika 16), se oskrbuje okrog 11.700 prebivalcev naselij: Cven, Mota, Krapje v občini Ljutomer in občina Razkrižje. Trenutno se v omrežje črpa na leto cca 211.000 m³. Karakteristike vodonosnika na zajetju Mota so podane na Preglednici 11.

Preglednica 11: Karakteristike vodonosnika na zajetju Mota (Hidroinženiring, 2012b)

ZAJETJE MOTA	
Debelina peščeno prodnatega zasipa	od 13 in več kot 18 m
Debelina glinasto meljastega in glinasto peščenega pokrova	od 3 do 6 m
Globina do nivoja podzemne vode	3,36 m
Debelina omočenega dela vodonosnika	do 17 m, povprečnina v profilu za nizek nivo 14,5 m
Koeficient prepustnosti	0,004 m/s
Gradient toka podzemne vode	0,0014

Kot vodni vir se koristi podzemna voda aluvialnega vodonosnika reke Mure. Podzemna voda se zajema iz dveh vodnjakov globine 14 m, katerih kapaciteta znaša 38 l/s. Vodnjaka delujeta izmenično zaradi odstranjevanja mangana in železa iz surove vode. Trenutno se črpa 24 l/s vode, preostala voda pa se uporablja za ponikanje v vodnjaku, ki ne obratuje.

Mangan in železo se iz vode odstranjujeta z ozračevanjem in ponovno infiltracijo v vodonosnik. Pred distribucijo v omrežje se voda še samo klorira. Na severni strani meji črpališče na obmurski protipoplavni nasip, na ostalih treh straneh pa je obkrožen s kmetijskimi površinami. Črpališče je varno pred poplavami. Bližina Mure pa prispeva k večji izdatnosti podtalnice. Območje predstavlja potencialno lokacijo za zajetje večjih količin vode (potencial črpališča znaša do 100 l/s), vendar se pri tem pojavlja problem povečane vsebnosti železa, mangana in amonija (Preglednica 6) (Hidroinženiring, 2012b).

5 ANALIZA BODOČEGA STANJA

5.1 Predvidena oskrba s pitno vodo

Preglednica 12: Pregled porabe pitne vode vseh občin skupaj leta 2016 (IEI, 2012)

OBČINA	ŠTEVILO PREBIVALCEV	SKUPNA PORABA [l/s] [pri Np = 110 l/os.dan]
Apače	3.636	9,68
Gornja Radgona	8.600	28,82
Radenci	5.288	24,96
Križevci	3.772	10,13
Ljutomer	11.852	36,23
Razkrižje	1.357	3,43
Sv. Jurij	2.916	7,49
Veržej	1.302	3,45
Skupaj	38.723	124,19
Poraba za lastne potrebe vodovodnega sistema (5% porabe skupaj)		6,21
Skupaj:		130,40
Zakroženo		135,00

Za nadaljnih 50 letih je bila določena najvišja predvidena poraba pitne vode za leto 2016 (IEI, 2012). Iz Preglednice 12 je razvidno, da bo Sistem C takrat potreboval 135 l/s zmogljivosti vodnih virov za nemoteno oskrbo z vodo. Da bi v največji meri ohranili plodne površine v kmetijstvu, obenem pa zagotovili varnost pitne vode, je bila za preskrbo s pitno vodo sprejeta ekološko in vodnogospodarsko konstantna strategija izrabe obmurskega filtrata in reke Mure kot hrbtenice dolgoročne preskrbe s pitno vodo (Rismal, 2011). Na podlagi analiz so bili izbrani 4 vodni viri za oskrbo s pitno vodo, ki se bodo med seboj povezovali. To so vodni viri Podgrad in Segovci na zahodu ter Lukavci in Mota na vzhodu (IEI, 2012).

5.2 Predvideni posegi na vodnih virih

5.2.1 Vodni vir Segovci

Varianta 1

Varianta 1 temelji na črpanju surove vode iz 11 – mlinskega kanala po predlogu Mitja Rismal. Predvideni kanal se napaja preko zajemnega objekta na reki Muri po treh variantah (rekonstrukcija obstoječega odvzema, novi odzjem ali zajezni prag na Muri). Pretok v kanalu znaša med 3 in 5 m³/s. Za umetno bogatenje podzemne vode se predvidi izvedba: cevovoda od 11 – mlinskega kanala do usedalnikov, usedalnik za surovo vodo, črpališča in razvodnega cevovoda do ponikalnih polj in ponikalna polja s fitri v zaledju vodnega vira Segovci. Predviden je odzjem in ponikanje 100 l/s vode iz kanala, kar predstavlja 4% v izdelani bilanci potoka (Bukovnik in sod., 2004).

Varianta 2

Varianta 2 temelji na črpanju surove vode iz obrežnega filtrata reke Mure po predlogu Hidroinženiringa. Za zagotovitev potrebnih količin vode in aktivno zaščito podtalnice je predvidena izgradnja naslednjih objektov: črpalno-ponikovalni vodnjaki za zajem obrežnega filtrata reke Mure, objekt za ozračevanje vode in predčiščenje, ponikovalna drenaža za ponikanje delno očiščene vode, drenaža za zajem vode s črpališčem, iz črpališča se vodo črpa na črpališče Podgrad, kjer se izvede končna priprava pitne vode (Hidroinženiring, 2013).

Rezultat:

Zmagovalna varianta je druga. Vodni vir bo skladno z novim konceptom predstavljal rezervo vodnega vira Podgrad. Iz črpališča se bo vodo črpalo na črpališče Podgrad, kjer bo izvedena končna priprava pitne vode (Prestor in sod., 2012).

Za zajem vode je predvidena izvedba 14 črpalno - nalivalnih vodnjakov v oddaljenosti 25-30 m od brežine reke. Razdalja med vodnjaki bo 50-60 m. Devet delujočih vodnjakov bo skupaj črpalo cca 112 l/s vode v objekt za pripravo obrežnega filtrata, v preostale vodnjake pa se bo nalivalo cca 42 l/s prečiščenega obrežnega filtrata iz objekta za pripravo.

Iz vodnjakov se bo vodo črpalo po zbirnem cevovodu v objekt za predčiščenje vode. Voda bo dotekala najprej v zbirni bazen (2x130 m³), kjer se bo dodatno ozračevala s pomočjo ejektorja, ki bo vgrajen na dotočnem cevovodu. Iz zbirnega bazena se bo del ozračene vode odvajalo nazaj v črpalno – ponikovalne vodnjake s pomočjo črpalne postaje, kjer bo ponikovala. Ostali del prezračene vode (70 l/s) pa se bo črpalo v novo ponikovalno drenažo. Prečiščeni obrežni filtrat bo v novi ponikovalni drenaži ponikal v vodonosni sloj in odrival onesnaženo podtalnico ter hkrati tudi bogatil vodonosnik. Podzemna voda se bo nato iz obstoječe drenaže črpala po novem cevovodu na pripravo v vodarno Podgrad po skupni dolžini 5.080 m. Pri predčiščenju obrežnega filtrata ne bodo nastajale odpadne vode zato ni predvideni izpust odpadnih vod. Nastajale bodo le sanitarne odpadne vode, ki se jih bo speljalo v greznico in meteorne vode iz utrjenih površin, ki bodo speljane preko lovilca olj v Mlinski potok (Hidroinženiring, 2013).

5.2.2 Vodni vir Podgrad

Varianta 1

Varianta 1 temelji na črpanju surove vode iz obrežnega filtrata. Aktivna zaščita podtalnice se doseže s/z: črpanjem surove vode z obrežnih vodnjakov, umetnim napajanjem v ponikovalno drenažo v opuščeni strugi Plitvice dolžine 270 m (55 m dolg SZ krak, 235 m dolg J krak), črpanjem iz obstoječega drenažnega zajetja, skrajšanega na 200 m (Prestor in sod., 2012).

Varianta 2

Varianta 2 temelji na črpanju surove vode iz obrežnega filtrata reke Mure po predlogu Hidroinženiringa. Za zagotovitev potrebnih količin vode in aktivno zaščito podtalnice je predvidena izgradnja naslednjih objektov: črpalno-ponikovalni vodnjaki za zajem obrežnega filtrata reke Mure, objekt za ozračevanje vode in predčiščenje, ponikovalna drenaža za ponikanje delno očiščene vode, drenaža za zajem vode s črpališčem, objekt za končno pripravo vode ter distribucijo vode v vodovodno omrežje (Hidroinženiring, 2013).

Rezultat:

Zmagovalna varianta je druga. Postopek črpanja je prav tako sestavljen iz 14 vodnjakov (12 dodatnih, 2 obstoječa) za črpanje in nalivanje obrežnega filtrata, priprave obrežnega filtra s prezračevanjem ter ponikanjem v novi ponikovalni drenaži.

Končna priprava in distribucija pitne vode je predvidena z obstoječo drenažo. Iz obeh jaškov (Segovci in Podgrad) se bo 70 l/s vode črpalo v objekt za končno pripravo pitne vode.

Zajeta voda iz obstoječih drenažnih zajetij se bo najprej črpala v bazen za ozoniranje vode (2x50 m³), katere namen je delna razgradnja morebiti prisotnih organskih snovi, predvsem pesticidov in njihovih razgradnih produktov. Ozoniran zrak se bo s pomočjo črpalne postaje črpalo na filtracijo s štirimi vzporedno delujočimi peščenimi filtri, kjer se bodo odstranile iz pitne vode suspendirane snovi. Ker se bodo s časom suspendirane snovi v peščenem filtru nabirale, se bo avtomatsko vključevalo pranje posameznega peščenega filtra preko ustreznih elektro pnevmatskih ventilov. Pranje posameznega peščenega filtra bo potekalo protitočno s pralno vodo in z zrakom. Iz peščenih filtrov bo pitna voda tekla skozi napravo za UV dezinfekcijo. Kemikalije se bodo shranjevale in dozirale iz 20 l plastičnih posod, ki se bodo nahajale na ustreznih lovilnih skledah za vsako kemikalijo. Po tem postopku se bo pitna voda odpeljala na filtre z aktivnim ogljem. Postopek adsorpcije na aktivno oglje bo potekal v šestih vzporedno delujočih tlačnih filtrih, ki bodo napolnjeni s strnjenim slojem granuliranega aktivnega oglja. Vsak filter, premera 2,4 m, bo opremljen z elektro-pnevmatskim ventilom, s katerim bo možno avtomatsko izločiti posamezen filter iz obratovanja. Filtri z aktivnim ogljem se bodo prali samo ob zamenjavi aktivnega oglja.

Iz filtrov z aktivnim ogljem bo voda odtekala v bazen čiste vode (2x100 m³). Pred dotokom v bazen čiste vode se bo pitni vodi dodajal klordioksid kot rezidualno dezinfekcijsko sredstvo. Doziranje dezinfekcijskega sredstva se bo avtomatsko reguliralo glede na pretok vode in glede na izmerjeno koncentracijo raztopljenega dezinfekcijskega sredstva.

Iz bazena čiste vode se bo pitna voda črpala s črpalno postajo v vodovodni sistem Gornja Radgona (do 50 l/s) in v vodovodni sistem Apače (do 20 l/s). Delovanje črpalk se bo prilagajalo porabi vode v omrežju in nivoju vode v vodohranih.

Odpadne vode od pranja filtrov se bodo zbirale v zbirnem bazenu za odpadno vodo, iz katerega se bodo prečrpavale z enakomernim pretokom v zbiralnik mulja (50 m³), kjer se bodo suspendirane snovi posedale, očiščena odpadna voda pa se bo prelivala v iztok. Posedli mulj se bo iz zbiralnika mulja občasno prečrpavalo na dehidracijo z vrečastimi filtri. Pred dotokom mulja na dehidracijo, se bo mulju dodajala raztopina flokulanta za boljšo dehidracijo (Hidroinženiring, 2013).

5.2.3 Vodni vir Lukavci

Predvidene so naslednje možnosti obratovanja: dotok vode iz vodnjakov samo preko predfiltrnov v zbirni bazen in črpanje vode iz zbirnega bazena v vodovodno omrežje, dotok vode iz vodnjakov preko celotne naprave za pripravo vode v zbirni bazen in črpanje v vodovodno omrežje, neposreden dotok vode iz vodnjakov v zbirni bazen in črpanje v vodovodno omrežje, neposreden dotok vode iz vodnjakov preko naprave za pripravo vode na črpalke za črpanje vode v vodovodno omrežje (Hidroinženiring, 2012a).

Rezultat:

Za ureditev obstoječega vodnega vira Lukavci je predvidena le nadgradnja priprave načrpane pitne vode z izgradnjo prizidka za objekte ob obstoječi vodarni na severozahodni strani, količina načrpane vode pa se praktično ne bo povečala (predvidena kapaciteta: 65 l/s). V projektu je bil upoštevan tudi dodaten rezervni vodnjak, ki pa ne bo zgrajen v sklopu projekta.

V prizidku je predvidena namestitev naprav za predfiltracijo vode in naprav za adsorbcijo z aktivnim ogljem. Iz predfiltrnov bo pitna voda tekla na šest vzporedno delujočih tlačnih filtrov z aktivnim ogljem (premera 2,2 m in višine zasutja oglja 2,0 m), ki bodo zagotavljali maksimalno potrebno kapaciteto. Iz filtrov z aktivnim ogljem bo voda odtekala v zbirni cevovod, iz katerega bo urejen dotok preko novega zbirnega bazena (prostornine 180 m³) v obstoječi zbirni bazen, od koder se bo pitna voda črpala naprej v omrežje. Na iztoku iz aktivnega oglja pred dotokom v zbirni bazen se bo pitni vodi po potrebi dodajalo še dezinfekcijsko sredstvo klordioksid za rezidualno dezinfekcijo.

Pralna voda iz filtrov bo speljana po cevovodu v zbirni bazen pralnih vod. Na isto cev bo priključen tudi odtok pralnih vod iz predfiltrnov. Bazem bo s predelno steno razdeljen na dva prekata. V prvi prekat bosta speljana dotok pralne vode in dotok iz črpalke za črpanje vod v primeru izpusta vode iz zbirnega bazena. V predelni steni bo izveden preliv za pretok vode med prekatoma. Zbrano vodo (pralna voda iz predfiltrnov, filtrov z aktivnim ogljem, izcedne vode) se bo iz prvega prekata prečrpavalo s potopno črpalke na vrečaste filtre. Trdi delci se bodo zadržali v filtrih, voda pa bo odtekla nazaj v drugi prekat zbirnega bazena in preko preлива v izpust (iz prekata preko preлива v kanalizacijo - izpustni jašek). V obstoječo kanalizacijo se bo speljal tudi odtok iz obstoječih sanitarij v sklopu obstoječega črpalnišča (Hidroinženiring, 2012a).

5.2.4 Vodni vir Mota

Predvidene so naslednje možnosti obratovanja po Mitji Rismal: črpanje podtalnice na območju obstoječe vodarne, prezračevanje in odstranjevanje mangana in železa s ponovno infiltracijo v vodonosnik, črpanje podtalnice na območju obstoječe vodarne, prezračevanje in odstranjevanje mangana in železa v tlačnih filtrih, črpanje obrežnega filtrata reke Mure, prezračevanje in odstranjevanje mangana in železa v vodonosniku, črpanje obrežnega filtrata reke Mure, prezračevanje in odstranjevanje mangana in železa v tlačnih filtrih (Hidroinženiring, 2012b).

Rezultat:

Zaradi zmanjšanja potrebne količine pitne vode, ki jo je potrebno črpati iz vodnega vira Mota, ni več potrebna izgradnja novih vodnjakov, saj obstoječa vodnjaka pokrijeta vse potrebe. Nadgradila se bo le priprava načrpane pitne vode z izgradnjo prizidka za objekte ob obstoječi vodarni na severozahodnem delu, količina načrpane vode pa se praktično ne bo povečala (predvideno stanje načrpane vode: 25 l/s, skupna kapaciteta obeh vodnjakov: 40 l/s).

Iz bazena odzračene vode je pred distribucijo v omrežje predvidena filtracija na šestih vzporedno delujočih tlačnih filtrih z granuliranim aktivnim ogljem za izboljšanje organoleptičnih lastnosti vode in odstranjevanje pesticidov. Vsak filter bo premera 1,2 m in višine nasutja oglja 1,2 m. Filtre z aktivnim ogljem se bo moglo občasno sprati s surovo vodo v primeru, da tlak na filtrih preveč naraste. Spiranje filtrov bo potekalo avtomatično z zrakom in z vodo. Voda od pranja filtrov se bo vodila v zbirni bazen pralnih vod volumna 65 m³, kjer se bo izločeni suspendirani material posedel na dno, odpadna voda pa se bo prelivala po obstoječem iztoku v reko Muro. Na dnu nabrane usedline se bo občasno izčrpalo s pomočjo komunalnega vozila in se jih predalo pooblaščenemu predelovalcu oziroma odstranjevalcu. Naravna voda (iz vodnjakov), padavinske vode s strehe ter očiščena in nevtralizirana voda iz bazena pralnih vod se bodo odvajale do obstoječega objekta za izpust in iz objekta v mrtvico reke Mure na vodni strani visokovodnega nasipa. Za zbiranje sanitarnih odpadnih vod je predvidena izgradnja nepretočne greznice s prostornino 5 m³.

Pred priključkom v vodovodni sistem se bo pitni vodi dodajalo še dezinfekcijsko sredstvo klordioksid (Hidroinženiring, 2012b).

5.3 Stroški predvidenih posegov

Projekt Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C zajema skupno 279,823 km novega vodovodnega sistema in 37 novih objektov. Investicijska vrednost (brez DDV) projekta znaša 72.898.858,53 € (Rožmarin, 2013).

V Prilogi A.2 so prikazani investicijski in obratovalni stroški predvidenih posegov na vodnih virih Podgrad, Segovci, Lukavci in Mota.

6 IDEJNA ZASNOVA DIREKTNEGA ZAJEMA SUROVE VODE IZ REKE MURE

6.1 Splošno

Čeprav ima Sistem C predvideno zadostno kapaciteto pitne vode iz podzemnih voda v nadaljnjih 50 letih, je vprašanje, kakšno bo realno stanje vodnih virov v prihodnosti. Kljub temu, da se bo v nadaljnjih letih vzpostavil Sistem C, se predlaga ukinitvev črpališča Segovci, manjkajočo kapaciteto vode pa prevzeme črpališče Podgrad.

Na podlagi kemijske analize podzemne vode (glej 3.3.2.2 Podzemna voda) smo prišli do ugotovitve, da je najbolj onesnažena podtalnica na območju črpališča Segovci. Poleg tega, da je podtalnica plitva, je močno onesnažena z nitrati in pesticidi. K izbiri opustitve črpališča pripomore tudi to, da je za aktivno zaščito podtalnice predvidena obstoječa ponikovalna drenaža, kjer se bo izvajal zajem vode (35 l/s) na skupno čistilno napravo Podgrad. Dosedanja praksa je pokazala, da je drenaža za nalivanje že dlje časa zamašena, stara in slabo vzdrževana. S tem, da se bo drenaža samo očistila, dolgoročno ne bo zadostovalo za nemoteno vodooskrbo. Predvidena kapaciteta pitne vode se bo zmanjšala, onesnaženost podtalnice pa se bo spet povečala. Kot takšna zahteva večkratno čiščenje, kar pa predstavlja velik finančni zalogaj.

Kemijske analize na območju črpališča Podgrad (Priloga A.1) so pokazale v podzemni vodi višje koncentracije nitratov in atrazina kot v reki Muri, vendar so te vsebnosti veliko nižje kot na črpališču Segovci (Slika 15). Poleg nitratov so še v Muri prisotne povišane koncentracije fosfatov, TOC ter nekaterih drugih pesticidov (ESA, OXA, metolaklor ...), možen pa je tudi pojav koloidnih bakterij *Escherichia colov* in *Enterokokov*.

Na črpališču Podgrad bi sicer lahko dogradili črpalne vodnjake ob predvidevanih črpalno – nalivnih vodnjakih, vendar bi pri tem porabili ogromno prostora, izvedba bi bila predraga, pa tudi vprašanje je, kam bi še lahko postavili dodatne vodnjake. Za zajem pitne vode pride v poštev kot dodatni vodni vir le zajem surove vode iz reke Mure.

Pri ocenjevanju primernosti vira reke sta najpomembnejša kriterija kakovost in zanesljivost pretoka. Kot vemo, so za Muro značilna velika sezonska nihanja, ki vplivajo na kvaliteto rečne vode. V času visokih voda lahko pričakujemo večjo količino suspendiranega materiala.

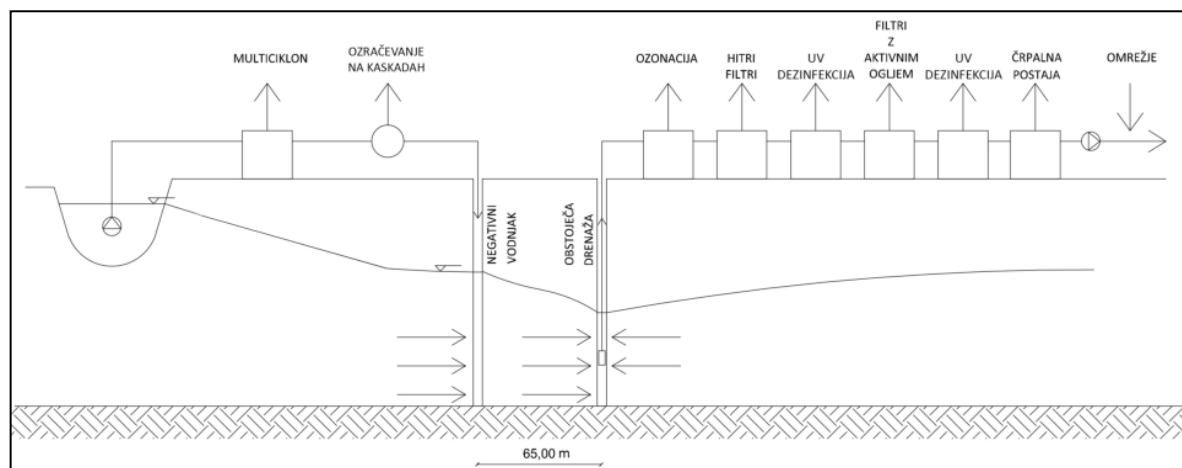
V nadaljevanju so predlagani postopki (pred)priprave pitne vode iz reke Mure.

6.2 Tehnološki postopki priprave pitne vode

Predlagane so tri variante tehnoloških linij za pripravo pitne vode:

- zajem surove vode iz reke Mure, multiciklon, ozračevanje na kaskadah, ponikanje, črpanje (Varianta 1),
- zajem surove vode iz reke Mure, horizontalni grobi filtri, ozračevanje na kaskadah, ponikanje, črpanje (Varianta 2) ter
- zajem surove vode iz reke Mure, multiciklon, ultrafiltracija, omrežje (Varianta 3).

Varianta 1



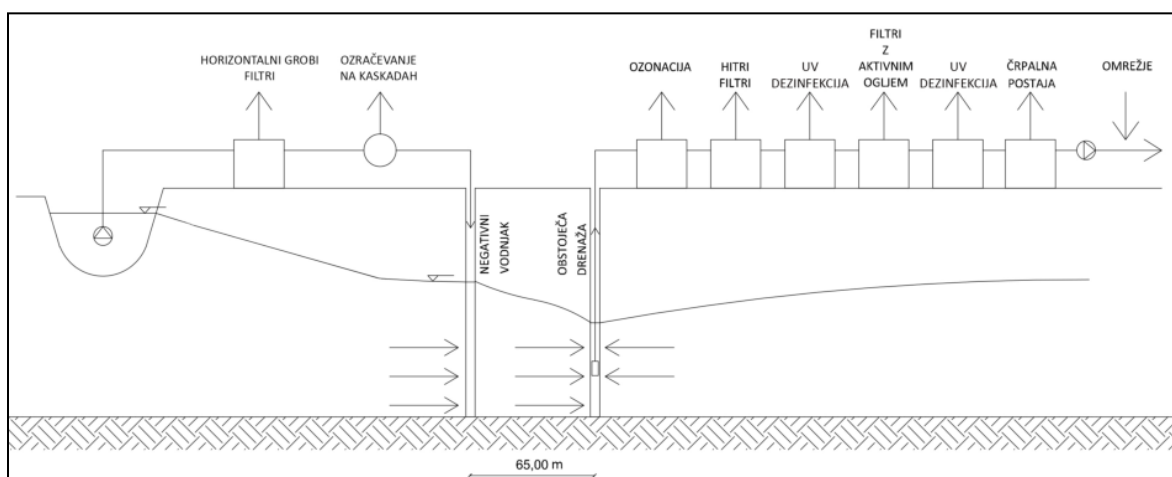
Slika 17: Celovita priprava pitne vode – Varianta 1

Slika 17 prikazuje celovito shemo priprave pitne vode. Surova voda, ki se zajema iz reke Mure, se najprej črpa v objekt za predčiščenje, kjer se izvedeta procesa sedimentacije na multiciklonu in ozračevanje na kaskadah. Ozračeno vodo se nato črpa na ponikovalne vodnjake, ki so predvideni ob ponikovalnih vodnjakih za zajem vode iz obrežnega filtrata Podgrad (Priloga C.1). Ponikano vodo se nato črpa na obstoječo drenažo, od koder se jo prečrpa v vodarno Podgrad, kjer se do konca očisti. Postopki končne priprave pitne vode so opisani v 5.2.2 Vodni vir Podgrad. Za lažji prikaz je shema celovite priprave pitne vode prikazana v Prilogi C.2.

Varianta 2

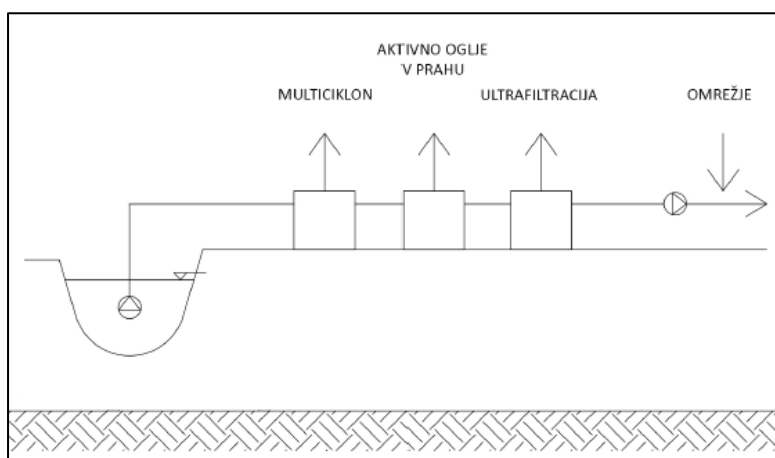
Zajem surove vode in objekt za predčiščenje sta predvidena enako kot pri Varianti 1, le da je postopek predobdelave surove vode spremenjen. Celovita shema priprave pitne vode je

prikazana na Sliki 18 (Priloga C.3). Preden se rečno vodo bogati v podtalnico, je potrebno iz nje odstraniti suspendirane delce. Te lahko odstranimo s horizontalnimi grobimi filtri. Nadaljni postopki čiščenja so že prikazani v Varianti 1.



Slika 18: Celovita priprava pitne vode – Varianta 2

Varianta 3



Slika 19: Celovita shema priprave pitne vode – Varianta 3

Slika 19 prikazuje celovito shemo priprave pitne vode na enem mestu, v vodarni, brez ponikanja vode v podtalje. Surova voda, ki se zajema iz reke Mure, vstopa v UF postajo skozi multiciklon, ki služi kot objekt za predčiščenje. Po tem procesu se vodo črpa na adsorpcijo z aktivnim ogljem, od tam naprej pa na UF module membran, kjer se izvede dokončno čiščenje vode. Za lažji prikaz je shema celovite priprave pitne vode prikazana v Prilogi C.4.

V nadaljevanju so prikazani grobi izračuni objektov predlaganih variant.

6.2.1 Izračun objektov

6.2.1.1 Zajem surove vode iz reke Mure

Izbira črpalke in cevovoda

Surova voda ($Q=35$ l/s) se črpa do objekta za predčiščenje, vzhodno od objekta za predčiščenje obrežnega filtrata, s cevovodom DN 250, dolžine 315 m.

Za dimenzioniranje cevovoda so uporabljene enačbe od 1 do 5. Enačbe so zajete po Kompore in Rismal (2006).

Hidravlični radij

$$R = \frac{d}{4} \quad [l] \quad (1)$$

kjer je:

d ... Premer cevi [mm]

$$R = \frac{0,250}{4} = 0,06$$

De Chezy-ev koeficient

$$C = \frac{1}{n_g} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad [l] \quad (2)$$

kjer je:

n_g ... Manningov koeficient [$n_g = 0,011$]

$$C = \frac{1}{n_g} \cdot R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0,011} \cdot 0,06^{\frac{1}{6}} = 56,9$$

Hitrost toka v cevi

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{Q}{S} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \quad \left[\frac{m}{s}\right] \quad (3)$$

$$v = \frac{0,035 \cdot 4}{\pi \cdot 0,250^2} = 0,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Naklon cevi

$$I = \frac{v^2}{c^2 \cdot R} [\text{‰}] \quad (4)$$

$$I = \frac{0,7^2}{56,9^2 \cdot 0,06} = 0,003 = 3,0 \text{ ‰}$$

Hidravlične izgube v cevi

$$\Delta H_{\text{lin}} = I \cdot L [\text{m}] \quad (5)$$

kjer je:

L ... Dolžina cevi [m]

$$\Delta H_{\text{lin}} = I \cdot L = 0,003 \cdot 315 = 0,945 \text{ m}$$

Geodetska višina znaša od kote črpanja (209 m n.m.) do predvidenega objekta za predčiščenja (209,2 m n.m.) 0,2 m, linijske izgube pa 0,945 m. Potrebna višina črpanja je 1,15 m. Na osnovi višine črpanja in želene količine črpanja izberemo črpalno napravo z 2 črpalkama VC 80-160/4 v horizontalni izvedbi, delovnih karakteristik ($Q_{\text{max}} = 2 \times 31,11 \text{ l/s}$, $H_{\text{max}} = 8,8 \text{ m}$, $P = 2 \times 2,2 \text{ kW}$) (Priloga B.1.1).

6.2.1.2 Dimenzioniranje hidrociklona

Gre za fizikalni proces, ki omogoča ločevanje trdih delcev iz tekočine. Običajno hidrocikloni ločujejo iz zmesi s tekočino trde delce v velikosti od 5 do 500 μm , če pa se ta kombinira s centrifugami, pa lahko loči še veliko manjše trde delce.

Ko vstopi vstopna voda v zgornji del ciklona centrifugalna sila povzroči potovanje od vode gostejših delcev na zunanji rob vrtinca, medtem ko od vode redkejši delci potujejo proti sredini vrtinca (Arterburn, 1982). Težji delci potujejo ob steni navzdol v spiralni liniji vse do spodnjega dela stožca, kjer se izločijo in odpotujejo po interni kanalizaciji do zbirnega bazena za blato, medtem ko vrtnec vodo z redkejšimi delci v središčnem delu skozi ciklonski separator potisne navzgor do prelivnega izpusta (Kurtela in sod., 2005) od koder odpotuje naprej na naslednjo fazo čiščenja.

Pri določanju ustrezne velikosti in števila ciklonov je potrebno upoštevati potrebno stopnjo separacije in količino vstopne vode. V času visokih voda naprava doseže nizko stopnjo separacije – čas med zagonom in časom ko "naprava" doseže stabilno stanje, se giblje med 15 in 30 min (EPA, 2005).

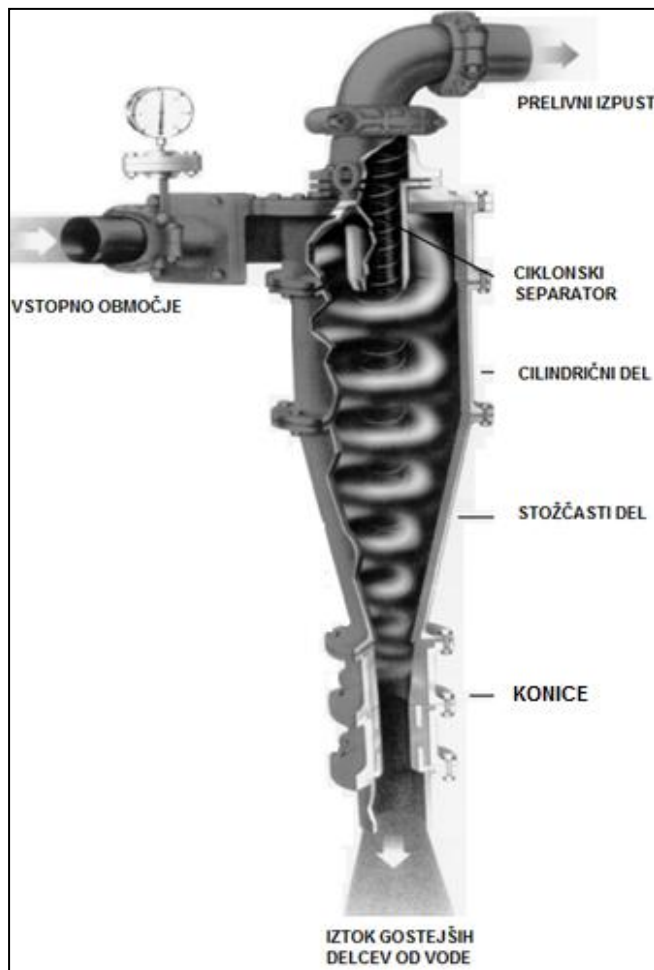
Za učinkovito delovanje hidrociklona morajo biti vzpostavljeni naslednji pogoji:

- dotok vstopne vode pri 20 °C,
- največja dovoljena gostota suspendiranih snovi: 2,65 g/cm³,
- v dotočni koncentraciji mora biti manj kot 1 % trdih delcev na celotni volumen,
- padec tlaka: 69 kPa
- ustrezna geometrija hidrociklona.

Glavni parameter ciklona predstavlja premer cilindrične komore (d_c) (Slika 20). Naslednji pomembni parametri so še (Arterburn, 1982):

- Cilindrični del, ki se nahaja med vstopnim območjem in konusnim (stožčastim) delom ciklona. Njegova funkcija je podaljšanje dolžine ciklona in zadrževalnega časa. Dolžina cilindričnega dela pri osnovnem ciklonu je enaka njegovemu premeru.
- Ciklonski separator. katerega glavna naloga je kontrola stopnje ločevanja in odtoka iz ciklona. Seperator preprečuje gostejšim delcem od vode direkten odtok skozi prelivni izpust. Velikost separatorja je enaka 0,35 x d_c .
- Konusni del. Kot konusa je ponavadi med 10 in 20 ° in podobno kot pri cilindričnem delu omogoča daljše zadrževalne čase.
- Odprtina konice. Najbolj pomemben del pri odprtini konice je notranji premer na območju odtoka. Velikost odprtine mora biti dovolj velika, da zagotovi gostejšim delcem od vode normalen pretok brez zamašitve. Najmanjša odprtina naj bi bila med 10 in 35 % premera ciklona.

Da bi izboljšali delovanje hidrociklona (večji izkoristek delovanja), bi le tega povezali še z večimi hidrocikloni v eno samo napravo, imenovano multiciklon. Multiciklon je izveden iz zgornje in spodnje komore. Na zgornji komori so na demontažni plošči postavljeni hidrocikloni, medtem ko spodnja komora služi za odvajanje blata. Ker so hidrocikloni postavljeni na demontažno ploščo, jih lahko enostavno zamenjamo v primeru kakršne koli okvare (Multiciklon, 2013).



Slika 20: Prečni prerez tipičnega hidrociklona
(Arterburn, 1982: str 10)

Na osnovi podatkov iz CAB Cyclone Tehnology (Priloga B.2) izberemo multiciklon, ki je sestavljen iz šestih hidrociklonov tipa 209 HD-TZ-RE. Iz brošure so vzeti podatki o premeru cilindra, dimenzije vstopne in pretočne cevi, vstopni tlak, količina vstopne vode, premer delcev, ki se 50% in 95 % izločijo v hidrociklonu ter teža hidrociklona, ostale dimenzije so določene iz opisa tipičnega hidrociklona (Slika 20).

Tehnični podatki hidrociklona:

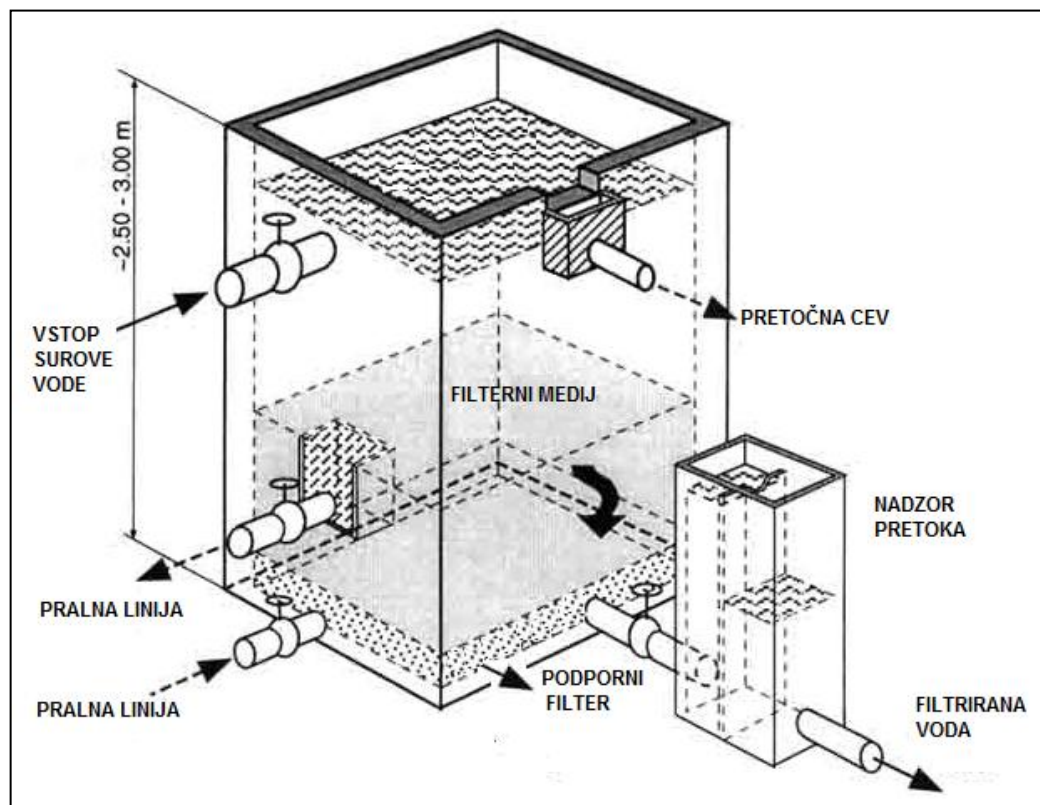
- Premer cilindra (d_c): 234 mm,
- Vstopna cev: DN 50
- Pretočna cev: DN 80
- Vstopni tlak: 1,2 bar
- Ciklonski separator ($0,35 \cdot d_c$): 80 mm
- Dolžina cilindričnega dela (d_c): 234 mm
- Kot konusnega dela: 20°

- Odprtina konice ($0,35 \cdot d_c$): 80 mm
- Količina vstopne vode: $21 \text{ m}^3/\text{h}$
- Premer delcev, ki se 50 % izločijo v hidrociklonu: $15 \mu\text{m}$
- Premer delcev, ki se 95 % izločijo v hidrociklonu: $45 \mu\text{m}$
- Teža hidrociklon: 72 kg

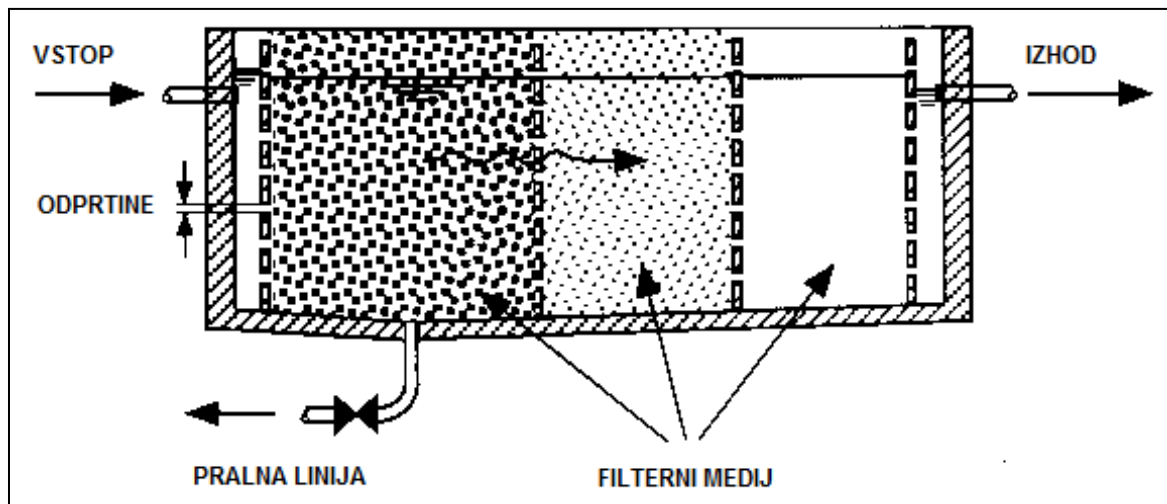
6.2.1.3 Dimenzioniranje horizontalnih grobih filtrov

Horizontalni filtri so primerni za odstranjevanje suspendiranih snovi iz rečne vode, ki se odlagajo v porah filterske mase. Pri tem nastaja (zlasti pri višji temperaturi surove vode) proces biološke razgradnje, ki je posledica biološke ruše na zrnih filtra. Biološko rušo se vzgoji in ohrani s spretnim upravljanjem filtra.

Horizontalni filter sestavljajo vertikalni sloji peska različnih granulacij. Surova voda teče skozi sloje v horizontalni smeri. Peščen filter mora biti popolnoma zalit z vodo (Slika 21). To dosežemo s konstrukcijo dovodnih in odvodnih naprav. Zaradi enostavne konstrukcije, obratovanja in vzdrževanja predstavljajo bistven element preproste tehnologije čiščenja pitne vode.

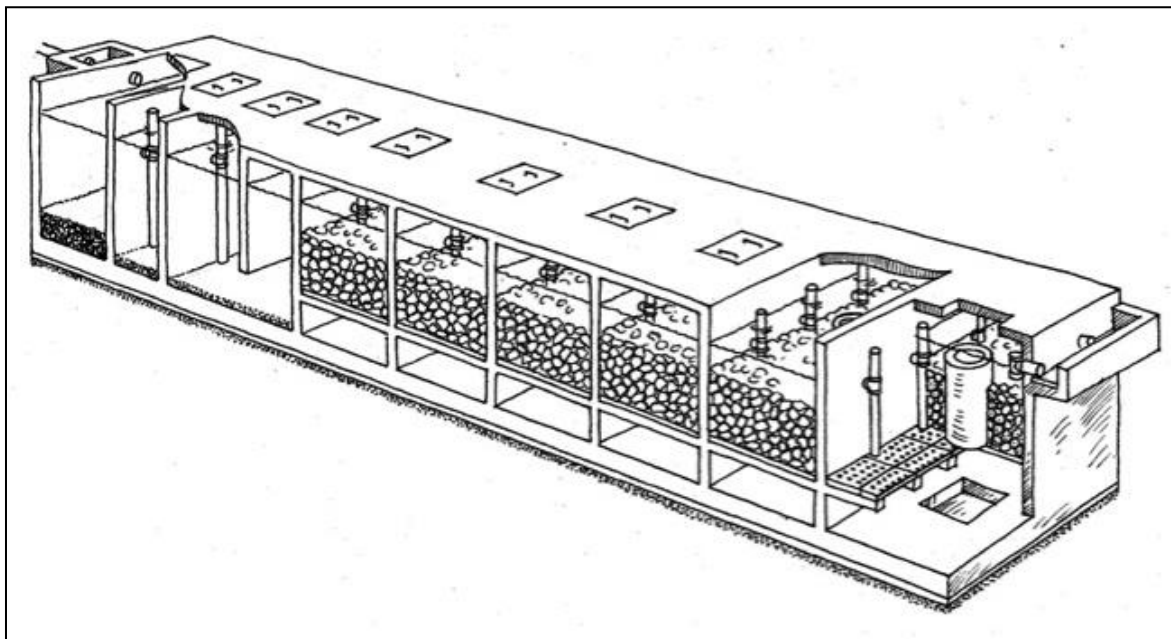


Slika 21: Sestavni deli filtra
(Wegelin, 1996)



Slika 22: Shema horizontalnih grobih filtrov
(Wegelin, 1996)

Slika 22 prikazuje tok surove vode v horizontalni smeri skozi različne filterne plasti, ki so ločene med seboj s perforirano steno. Na dnu usedalnika, pravokotno na smer toka, se nahaja tudi drenažna naprava, ki omogoča hidravlično čiščenje filternega medija.



Slika 23: Prikaz pokritih horizontalnih grobih filtrov
(Wegelin, 1996)

Slika 23 prikazuje pokrite horizontalne grobe filtre. Ker so filtri ponavadi postavljeni v zunanji prostor, se lahko zgodi, da voda v filtru pozimi zmrzne, poleti pa se v filternem mediju razraste biološka ruša. Da se izognemo tem neljubim dogodkom, filtre pokrijemo.

Horizontalni grobi filtri uspešno delujejo, če se upoštevajo naslednji pogoji:

- ustrezna hitrost filtracije (med 0,3 in 1,0 m/h),
- ustrezna dolžina posameznega filtra,
- število frakcij (groba, srednja in fina frakcija),
- ustrezni premer delcev filternega medija (med 25 in 4 mm),
- višina in širina filternega medija.

Višina in širina filternega medija je odvisna od strukture in drugih operativnih vidikov. Da se izognemo težavam vodotesnosti, se priporoča nasutje filternega medija med 1 in 2 m. Širina filtra je omejena do 4 – 5 m, da se omogoči učinkovito hidravlično čiščenje. Površina filtra ne sme presegati površino od 25 – 30 m². Hidravlična obremenitev horizontalnih grobih filtrov se giblje med 0,3 in 1,5 m/h. Vzpostavljeni morata biti vsaj dve polji filtrov, da se omogoči neprekinjeno delovanje čistilne naprave med vzdrževanjem ali popravilom (Wegelin, 1996).

Na vtoku v filter, ko je koncentracija suspendiranih snovi največja, mora biti premer zrn največji (d_k). Premer zrn je v vsakem naslednjem sloju manjši (Preglednica 13).

Izberemo dve polji petih filtrov, kar pomeni, da je eden v obratovanju, eden pa se čisti.

Preglednica 13: Izbrane dimenzije filterskega medija (Rismal in sod., 1986: str. 29)

Sloj	5	4	3	2	1
Premer zrn d_k (m)	0,25	0,1	0,07	0,05	0,04
Začetno stanje (n_1)	0,06	0,1	0,12	0,14	0,16
Stanje sredi filtracijskega ciklusa (n_2)	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
Končno stanje (n_3)	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1

Račun hidravličnih izgub

Hidravlične izgube so prikazane za začetno stanje filtracijskega ciklusa v Preglednici 14, za stanje sredi filtracijskega ciklusa v Preglednici 15 in za končno stanje v Preglednici 16. Izberemo hidravlično obremenitev (q) 1,4 m/h. Izračuni so zajeti po Rismal in sod. (1986). Za račun hidravličnih izgub so uporabljene enačbe od 6 do 8.

Hitrost filtracije

$$v_F = \frac{q}{H \cdot 3600} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (6)$$

kjer je:

H ... Začetna višina filtrskega medija [m]

q ... Hidravlična obremenitev [$q = 14 \frac{\text{m}}{\text{h}}$]

Hidravlične izgube za laminarni in turbulentni režim

$$\Delta h = 0,303 \cdot \frac{v_F^2 \cdot L}{d_K \cdot n^2} + 0,00002764 \cdot \frac{v_F \cdot L}{d_K^2} \cdot \frac{(1-n)^{1,5}}{n^{2,5}} \quad [\text{m}] \quad (7)$$

kjer je:

L ... Dolžina polja [m]

Višina filtrskega medija

$$H_6 = H + \Delta h \quad [\text{m}] \quad (8)$$

Preglednica 14: Račun hidravličnih izgub pri začetnem stanju filtracijskega ciklusa

Filterni sloj	5	4	3	2	1
d_K (m)	0,25	0,1	0,07	0,05	0,04
n_1	0,06	0,1	0,12	0,14	0,16
H (m)	2,2227	2,1801	2,1282	2,0662	2,0
v_F [m/s]	0,000175	0,000178	0,000183	0,000188	0,000194
Δh [m]	0,000322	0,000534	0,000683	0,000906	0,001010
H_6 [m]	2,2230				

Na podlagi izračunane najvišje hitrosti filtracije določimo potrebno površino horizontalnih filtrov (9).

$$A = \frac{Q}{v_F} = \frac{0,0175}{0,000194} = 90 \text{ m}^2 \quad (9)$$

Izberemo dolžino $L = 4,0$ m in širino $B = 4,5$ m filterskega sloja.

Preglednica 15: Račun hidravličnih izgub pri stanju sredi filtracijskega ciklusa

Sloj	5	4	3	2	1
d_K (m)	0,25	0,1	0,07	0,05	0,04
n_2	0,04	0,06	0,08	0,1000	0,12
H (m)	2,5045	2,3764	2,2576	2,1300	2,0
v_F [m/s]	0,000155	0,000164	0,000172	0,000183	0,000194
Δh [m]	0,000812	0,001872	0,001896	0,002181	0,002224
H_6 [m]	2,505				

Preglednica 16: Račun hidravličnih izgub pri končnem stanju filtracijskega ciklusa

Sloj	5	4	3	2	1
d_K (m)	0,25	0,1	0,07	0,05	0,04
n_3	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
H (m)	2,8987	2,6286	2,4079	2,1995	2,0
v_F [m/s]	0,000134	0,000148	0,000162	0,000177	0,000194
Δh [m]	0,004084	0,004812	0,003768	0,003813	0,003629
H_6 [m]	2,9				

Račun obratovalnega časa

Ker nimamo podatka o količini suspendiranega materiala reke na črpališču Podgrad, vzamemo povprečno vrednost na najbližjem merilnem mestu Trate za leto 2010, in sicer 22,9 mg/l suspendiranih snovi po sušenju (ARSO, 2012c).

Na podlagi izbranih podatkov $\rho_{SUS} = 0,152 \frac{kg}{m^3}$ in $S = 22,9 \frac{mg}{l}$ lahko 1 m³ filtra prefiltrira naslednjo količino vode (10):

$$V = \frac{v_{prefiltrirane\ vode}}{1\ m^3\ filtra} = \frac{\rho_{SUS}}{S} = \frac{0,152 \cdot 1.000}{22,9} = 6,6\ m^3 \quad (10)$$

Dimenzije polja: $B = 4,5\ m$, $L = 5 \cdot 4,0 = 20,0\ m$, $H_6 = 2,9\ m$, $H_1 = 2,0\ m$. Izračunamo volumen (11) in obratovalni čas polja (12).

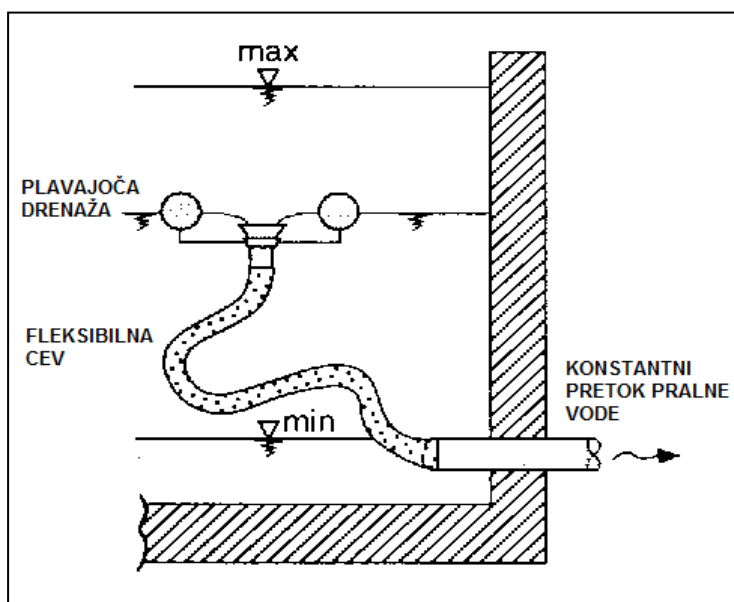
$$V_{filtra} = \frac{H_6 \cdot H_1}{2} \cdot L \cdot B = \frac{2,9 \cdot 2,0}{2} \cdot 20,0 \cdot 4,5 = 261,0\ m^3 \quad (11)$$

$$T = \frac{V \cdot V_{filtra}}{Q} = \frac{6,6 \cdot 261}{0,0175} = 98.434\ s = 27,3\ h = 1,14\ dan \quad (12)$$

Pranje filma

Čiščenje filtra se izvaja hidravlično ali ročno, odvisno od kopičenja trdnih snovi v filtru. Ročno čiščenje se ponavadi izvede, kadar ni več mogoče vzpostaviti hidravličnega čiščenja. Takrat se očisti zgornja plast medija z grabljami in lopato v smeri toka, da se prepreči zamuljevanje gramoza. Enkrat na leto je potrebno popolnoma očistiti tudi gramoz (Wegelin, 1996). Zaradi odlaganja materiala se začnejo po določenem času odprtine v filtrnem mediju zapolnjevati in mašiti. Poroznost filtrnega sloja se manjša. Priporočljivo je izvajanje pranja v določenih časovnih intervalih, kljub temu da tlačne izgube ne dosežejo določene vrednosti. S tem preprečimo razrast biološke ruše v filtrskem mediju in zgoščevanje ter sprijemanje odstranjenih delcev s peščenimi zrni (Rismal, 1995).

S spiranjem filtrnega medija, se trde snovi splaknejo na dno filtra v drenažni sistem od, koder odpotujejo naprej (Slika 24). Za učinkovito čiščenje je priporočljiva velika hitrost pranja. Najmanjša hitrost pranja mora biti vsaj 30 m/h, zelo priporočljivo pa je pranje pri 90 m/h. Linija pralne vode je skrita v dnu filtra. Ko se prične proces čiščenja, se filtracija prekine in začne ta delovati. Filter za splakovanje zajema velike količine pralnih voda (tudi do 10 m³) v kratkem času (približno 1 – 2 minut).



Slika 24: Shema drenažnega sistema
(Wegelin, 1996)

Hidravlično čiščenje ne zahteva dodatne opreme, kot so črpalke za protitočno spiranje ali celo zračne kompresorje. Da bi preprečili izgubo pralne vode, je potrebno hitro odpiranje ventilov, ki mora biti enostavne konstrukcije in vodotesno.

Čiščenje je odvisno od vsebnosti suspendiranih snovi in biološke aktivnosti v filtru. Splošnega priporočila ni, saj vsak filter deluje v odvisnosti od lokalnih okoliščin. Čiščenje se ponavadi izvaja v deževnem obdobju enkrat na teden ali dva tedna in v sušnem obdobju enkrat na en ali dva meseca. Če nastopi vročinski val, je priporočljivo pogostejše pranje (Wegelin, 1996).

6.2.1.4 Ozračevanje vode na kaskadah

Na ponikovalno polje mora priti voda 100% nasičena s kisikom, saj se s tem pospeši biološko samočiščenje. Za ozračevanje s kaskadami mora biti na razpolago zadostna višina (Rismal in sod., 1986). Zrak se vpihuje v posodo z vodo skozi dno. V vodo prihaja v obliki mehurčkov, katerih velikost je odvisna od oblike poroznega materiala oziroma šob za vpihovanje zraka. Učinkovitost ozračevanja je tem večja, čim manjši so mehurčki. Izračuni so zajeti po Rismal in sod. (1986).

Kljub temu, da je murska voda obogatena s kisikom zaradi preventive izvedemo ta postopek. Izberemo koncentracijo kisika, pri kateri je doseženo nasičenje C_s ($T = 10^\circ\text{C}$) = 11,3 mg/l in kaskado višine 0,50 m.

Zaradi varnosti predpostavimo, da voda ne vsebuje kisika ($C_{T0} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$). Če želimo doseči 90% nasičenost vode s kisikom, moramo izračunati koncentracijo kisika pri 90% nasičenosti (13).

$$C_{TN} = 0,90 \cdot C_s = 0,90 \cdot 11,3 = 10,17 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \quad (13)$$

Izberemo koeficient aeracije $\alpha = 0,60$. Korekcija s faktorjem α je potrebna zato, ker je dejanska aeracijska kapaciteta manjša zaradi prisotnosti snovi v vodi ($0,50 < \alpha < 0,90$). Izračunamo še potrebno število kaskad (14).

$$n = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[\frac{C_s - C_{T0}}{C_s - C_{TN}} \right] = \frac{1}{0,6} \cdot \ln \left[\frac{11,3 - 0}{11,3 - 10,17} \right] = 3,84 \rightarrow 4 \quad (14)$$

Za 90% nasičenost s kisikom zadostujejo štiri kaskade. Predvidimo črpalno napravo VC 80-200/4 ($P = 4 \text{ kW}$, $H = 13,3 \text{ m}$) za črpanje prezračene vode naprej na ponikovalno drenažo.

6.2.1.5 Infiltracija delno očiščene rečne vode v podtalnico

Poleg dotoka predhodno očiščenega obrežnega filtrata (70 l/s) predvidimo preko ponikovalnih jaškov v drenažo za aktivno zaščito podtalnice tudi dotok delno očiščene murske vode (35 l/s). Del očiščene vode predvidimo za preusmeritev toka podtalnice, 70 l/s pa za dotok v obstoječo drenažo in črpanje iz drenaže v objekt za končno pripravo pitne vode (glej 5.2.2 Vodni vir Podgrad).

Določitev ponikovalnih vodnjakov

Ponikovalne vodnjake lahko postavimo na zahodni (ob vrtini PPG-6/11) ali vzhodni strani (ob vrtini PPG-7/11) ponikovalne drenaže (Priloga C.1).

Na podlagi globine podtalnice, koeficientov prepustnosti vrtin PPG-6/11 (k_1) in PPG-7/11 (k_2) ter polmera vodnjaške cevi, povzetih po Hidroinženiring (2013), določimo karakteristike ponikovalnih vodnjakov. Izračuni so povzeti po Rismal in Kompare (1983).

Naša naloga je, da določimo število vodnjakov s horizontalnimi dreni, ki bodo lahko dodatno ponikali 35 l/s.

Najprej nastavimo formule za depresijo (15), vplivni radij (16), izdatnost (17) in zmogljivost (18) vrtine PPG-6/11. Izenačimo izdatnost in zmogljivost vodnjaka ($Q_i = Q_z$), nato pa v Excelu z iteracijo izračunamo ho.

Depresija

$$S = H - h_0 \text{ [m]} \quad (15)$$

kjer je:

H ... Globina podtalnice [H = 3 m]

h_0 ... Sprememba globine [m]

$$S = 3 - 2,23 = 0,77 \text{ m}$$

Vplivni radij

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k} \text{ [m]} \quad (16)$$

kjer je:

$k_1 \dots$ Koeficient prepustnosti vrtine PPG-6/11 [$k_1 = 0,00985 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

$k_2 \dots$ Koeficient prepustnosti vrtine PPG-7/11 [$k_1 = 0,0209 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

$$R = 3000 \cdot 0,77 \cdot \sqrt{0,00985} = 229,3 \text{ m}$$

Izdatnost vrtine PPG-6/11

$$Q_i = \frac{\pi \cdot k \cdot (H^2 - h_0^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right] \quad (17)$$

kjer je:

$r_0 \dots$ Polmer vodnjaške cevi [$r_0 = 0,19 \text{ m}$]

$$Q_i = \frac{\pi \cdot 0,00985 \cdot (3^2 - 2,23^2)}{\ln\left(\frac{229,3}{0,19}\right)} = 0,0176 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Zmogljivost vrtine PPG-6/11

$$Q_z = 2 \cdot \pi \cdot h_0 \cdot r_0 \cdot \frac{\sqrt{k}}{15} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right] \quad (18)$$

$$Q_z = 2 \cdot \pi \cdot 2,23 \cdot 0,19 \cdot \frac{\sqrt{0,00985}}{15} = 0,0175 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ker je zmogljivost črpanja na tej strani drenaže $0,0175 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, bi potrebovali za zadovoljitev potreb ($Q = 0,035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$) 3 vodnjake.

Ponovimo postopke za izračun depresije (16), vplivni radij (17), izdatnost (18) in zmogljivost (19) vrtine PPG-7/11.

$$S = 3 - 2,4 = 0,6 \text{ m} \quad (16)$$

$$R = 3000 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{0,0209} = 242,9 \text{ m} \quad (17)$$

$$Q_i = \frac{\pi \cdot 0,0209 \cdot (3^2 - 2,4^2)}{\ln\left(\frac{242,9}{0,19}\right)} = 0,0281 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (18)$$

$$Q_z = 2 \cdot \pi \cdot 2,4 \cdot 0,19 \cdot \frac{\sqrt{0,0209}}{15} = 0,0279 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (19)$$

Ker je zmogljivost črpanja na tej strani drenaže $0,0279 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, bi potrebovali za zadovoljitev potreb ($Q = 0,035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$) 3 vodnjake.

Zaradi varnosti izberemo 4 vodnjake, 2 na zahodni (ob vrtini PPG-6/11) in 2 na vzhodni strani drenaže (ob vrtini PPG-7/11), premera 400 m, do globine 8,0 m. Z dodatnim vodnjakom zmanjšamo potrebno izdatnost posameznega vodnjaka na $0,009 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dimenzioniranje cevovoda za nalivanje vode v ponikovalno drenažo

Za dimenzioniranje cevovoda so uporabljene enačbe od 20 do 24, ki so prikazane v Preglednici 17. Izračuni so povzeti po Hidroinženiring (2013).

Hidravlični radij

$$R = \frac{d}{4} \text{ []} \quad (20)$$

kjer je:

d ... Premer cevi [mm]

De Chezy-ev koeficient

$$c = \frac{1}{n_g} \cdot R^{\frac{1}{6}} \text{ []} \quad (21)$$

kjer je:

n_g ... Manningov koeficient [$n_g = 0,011$]

Hitrost toka

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (22)$$

Naklon

$$I = \frac{v^2}{c^2 \cdot R} [\text{‰}] \quad (23)$$

Hidravlične izgube

$$\Delta H_{\text{lin}} = I \cdot L \text{ [m]} \quad (24)$$

kjer je:

L ... Dolžina drenaže [m]

Preglednica 17: Dimenzioniranje cevodov za delno očiščeno vodo iz Mure

OD - DO	Dolžina (L) [m]	Premer cevi (d) [mm]	Pretok (Q) [l/s]	Tlačne izgube (ΔH_{lin}) [m]	Hitrost (v) [m/s]
Č –MURA1	30	200	35,00	0,24	1,115
MURA1 – MURA2	48	150	27,00	1,08	1,529
Č* - MURA 4	28	150	27,00	0,18	0,86
MURA 4 – MURA 3	53	150	18,00	0,48	1,02
MURA 3 – Č**	30	100	9,00	0,52	1,15

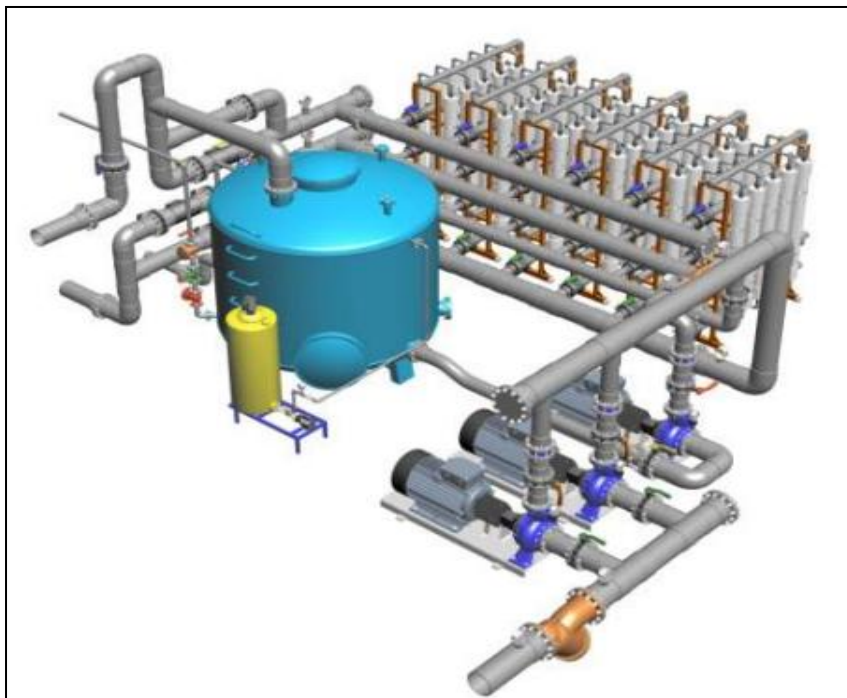
Izbira črpalke

Zajem vode ostaja enak kot je že predvidevan v podpoglavju 5.3.1.2 Vodni vir Podgrad. Voda se zajema iz obstoječe drenaže. Ker se kota terena (210 n.m.), kjer so predvideni vodnjaki, ne spreminja, za črpanje vode v ponikovalno drenažo predvidimo namestitev še dveh dodatnih črpalk VC 65-200/4 z zmogljivostjo $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 13,8 \text{ m}$, $P = 3 \text{ kW}$ (Priloga B.1.2).

6.2.1.6 Dimenzioniranje ultrafiltracijske linije

Ultrafiltracija (v nadaljevanju UF) je fizikalni postopek, pri katerem se za pripravo pitne vode ne uporabljajo kemična sredstva. Z UF iz vode odstranimo suspendirane snovi in vse delce, ki so večji od $0.01 \mu\text{m}$. Vsaka membrana ima natanko določeno velikost por, ki definira pričakovano stopnjo čiščenja. Dobro je, če sta sprojektirana vsaj dva sklopa UF membran, saj to omogoča povratno čiščenje, prečno izpiranje in dezinfekcijo membran med delovanjem. V času čiščenja membran se čisti en sklop membran, medtem ko drugi deluje normalno (MF Plus, 2013). Tipičen primer postopka ultrafiltracije je prikazan na Sliki 25.

Pri visoki motnosti se čas med pranju neekonomično skrajša, zato se za izboljšanje produktivnosti ČN pred membranami uporablja še predčiščenje s predfiltri. Predfiltri ščitijo membrane pred večjimi delci, s tem pa podaljšajo obratovalni čas UF membran in jih zaščitijo pred poškodbami. Običajne velikosti por predfiltrov se gibljejo med 50 in $500 \mu\text{m}$. Za adsorpcijo se uporabljata aktivno oglje v prahu ali železov oksid. Z dodajanjem adsorbenta v vodo pred UF izboljšamo odstranjevanje raztopljenih organske snovi, stranskih produktov dezinfekcije, barve, vonja, okusa, sintetičnih spojin in pesticidov (Wenten, 2013).



Slika 25: Tipična shema poteka ultrafiltracije
(Wenten, 2013:str.8)

Pranje UF membran poteka popolnoma avtomatizirano s povratnim tokom vode, kateri se lahko dodaja zrak. Začne se, ko tlak pred membrano doseže zmanjšano vrednost

prepustnosti. Povratno čiščenje se vrši na 15 do 60 minut in traja 1 do 3 minute. Izgube vode znašajo 5 do 10 %. Za preprečitev biološke razrasti in odstranitev delcev, ki jih z običajnim pranjem ne moremo odstraniti, je še potrebujemo dodatno kemično čiščenje s klorom (ali drugim čistilnim sredstvom kot npr. s kislino ali bazo, detergentom za pranje, encimi, oksidacijsko snovjo ...). O čistilnem sredstvu, trajanju pranja in vrednosti tlaka, ko je potrebno čiščenje, se je nujno dogovoriti s samim proizvajalcem membran, saj lahko napačno čiščenje membrane poškoduje. Zelo pomembno je, da se membrane kemično temeljito očisti, v nasprotnem primeru se skrajša filterni cikel membrane. Zgodi se, da je na začetku filternega cikla upor v membrani večji zaradi ostankov nečistoč od stalnega upora membrane. Priporočljivo je, da se membrane čisti prečno (Cross-Flow). Dodatno kemično čiščenje se izvaja na 1 do 6 mesecev za 2 do 24 ur, ko prepustnost membran pade pod kritično mejo, s povratnim tokom čistilnega sredstva (Sheng-ji in sod., 2007). UF membrane se menjavajo na 5 – 15 let, odvisno od vstopne vode (MF Plus, 2013).

Tehnični podatki UF modulov

Izberemo UF modul L'ECOSKID™ podjetja Aquasource (2013). Ker znaša kapaciteta vstopne vode 3.024 m³/dan, potrebujemo šest sklopov po pet UF modulov, dimenzij 3,730x1,500x2,230 m, moči 11,5 kW, težkih po 1.850 kg. Sklopi so med seboj postavljeni vzporedno na razdalji 1,5 m.

Pri predčiščenju namesto predfiltrnov uporabimo multiciklon sestavljen iz šestih hidrociklonov tipa 209 HD-TZ-RE (glej 6.2.1.2. Dimenzioniranje hidrociklona).

6.3 Opisi posameznih variant priprave pitne vode

Varianta 1

Surova voda se zajema iz reke Mure in črpa na objekt za predčiščenje (predviden vzhodno od objekta za predčiščenje obrežnega filtrata) s cevovodom DN 250, dolžine 315 m. Celovita shema priprave pitne vode je prikazana v Prilogi C.2.

Zajema se 35 l/s vode. Črpalni objekt (z 2 črpalkama VC 80-160/4 v horizontalni izvedbi, delovnih karakteristik $Q_{max} = 2 \times 31,11$ l/s, $H_{max} = 8,8$ m, $P = 2 \times 2,2$ kW) mora biti zaščiten z grobimi rešetkami, ki preprečujejo vstop večjim plavajočim kosom v črpališče.

Surovo vodo se najprej pripelje na multiciklon, ki je sestavljen iz šestih hidrociklonov tipa 209 HD-TZ-RE. Tehnični podatki hidrociklona so: premer cilindra: 234 mm, vstopna cev: DN 50, pretočna cev: DN 80, vstopni tlak: 1,2 bar, ciklonski separator: 80 mm, dolžina cilindričnega dela: 234 mm, kot konusnega dela: 20°, ddprtina konice: 80 mm, količina vstopne vode: 21 m³/h, premer delcev, ki se 50 % izločijo v hidrociklonu: 15 µm, premer delcev, ki se 95 % izločijo v hidrociklonu: 45 µm, teža hidrociklon: 72 kg.

Princip delovanja hidrociklona temelji na centrifugalni sili, ki delce težje od vode potisne na zunanji rob stene, od koder potujejo naprej v spiralni liniji vse do spodnjega dela stožca, kjer se izločijo v interni kanalizacijski kanal in od tam naprej odpotujejo v strugo potoka Plitvice.

Medtem ko vrtinec vodo z redkejšimi delci v središčnem delu skozi ciklonski separator potisne navzgor do prelivnega izpusta od koder odpotuje naprej na ozračevanje s štirimi kaskadami.

Ozračeno vodo se nato črpa na štiri ponikovalne vodnjake (ob vrtinah PPG-6/11 in PPG-7/11), ki so predvideni ob ponikovalnih vodnjakih za zajem vode iz obrežnega filtrata Podgrad. Vplivni radij enega vodnjaka znaša 242,9 m, izdatnost pa 0,009 m³/s (premera 400 mm, do globine 8,0 m). S tem dosežemo, da se osnovna podzemna voda Podgrada z nalivanjem odrine in ne vplivala več niti na kakovost niti na količine črpane vode, v vodonosniku se odstranita po naravni poti železo in mangan.

Ponikano vodo se nato črpa na obstoječo drenažo, od koder se jo prečrpava v vodarno Podgrad, kjer se do konca očisti. Postopki končne priprave pitne vode so opisani v 5.2.2 Vodni vir Podgrad.

Varianta 2

Celovita shema priprave pitne vode je prikazana v Prilogi C.3. Preden se rečno vodo bogati v podtalnico, je potrebno iz nje odstraniti suspendirane delce. Te lahko odstranimo s horizontalnimi grobimi filtri, ki jih predvidimo na prostem, tik ob predvidenem objektu za predčiščenje. Predvidenih je pet filtrov zapretega tipa, postavljenih v dve liniji. S tem omogočimo neprekinjeno delovanje čistilne naprave med vzdrževanjem ali popravilom. Na podlagi najvišje hitrosti filtracije, ki znaša 0,7 m/s, potrebujemo 90 m² površino horizontalnih filtrov, dimenzij 20x4,5x2,9 m. Obratovalni čas polja znaša 1,14 dni. Hidravlične izgube vsakega filtra posebej so prikazane za začetno stanje filtracijskega ciklusa v Preglednici 14, za stanje sredi filtracijskega ciklusa v Preglednici 15 in za končno stanje v Preglednici 16.

Čiščenje filtra se izvaja hidravlično ali ročno, odvisno od kopičenja trdnih snovi v filtru. Pranje filtrnega medija se predvidi najmanj enkrat na teden, oz. odvisno od vstopne vode na filtrat. Vsekakor ne smemo dopustiti, da nesnaga prebije filtrni medij.

Po končanem procesu filtracije se vodo odpelje na štiri kaskade, kjer se ozrači, nato pa črpa na štiri ponikovalne vodnjake. Potek teh dveh procesov je že opisan v Varianti 1.

Varianta 3

Celovita shema priprave pitne vode je prikazana v Prilogi C.4. Surova voda, ki se zajema iz reke Mure, vstopa v UF postajo skozi multiciklon, sestavljen iz šestih hidrociklonov tipa 209 HD-TZ-RE. Potek delovanja multiciklona je opisan v Varianti 1. Multiciklon v tem primeru služi kot objekt za predčiščenje, ki se izvaja pred vstopom vode v membrane UF modulov. Služi za odstranjevanje suspendiranih delcev večjih od 45 μm , s tem pa omogoča podaljšanje življenske dobe membran in preprečuje fizične okvare na membranah. Po tem procesu se vodo črpa na adsorpcijo z aktivnim ogljem, s katerim se izboljša odstranjevanje raztopljenih organske snovi, stranskih produktov dezinfekcije, barve, vonja, okusa, pesticidov ... Po opravljenem postopku čiščenja vstopa voda v šest sklopov po pet UF modulov tipa L'ECOSKID™, dimenzij 3,730x1,500x2,230 m, moči 11,5 kW, težkih po 1.850 kg. Membrane delujejo kot molekularno sito, ki zadržijo vse delce, ki so večji od 0,01 μm , vključno s koloidnimi delci, pirogeni in mikroorganizmi. Po tem postopku je voda pripravljena za uporabo. Po končani obdelavi se vodo shrani v 150 m³ vodohran.

Pranje UF membran poteka popolnoma avtomatizirano s povratnim tokom vode iz bazena čiste vode, kateri se lahko dodaja zrak na 15 do 60 minut in traja 1 do 3 minute. Za preprečitev biološke razrasti in odstranitve delcev, ki jih z običajnim pranjem ne moremo odstraniti, potrebujemo še dodatno kemično čiščenje s klorom, ki se izvaja na 1 do 6 mesecev za 2 do 24 ur, ko prepustnost membran pade pod kritično mejo, s povratnim tokom čistilnega sredstva. Po tem postopku se to vodo črpa v zbiralnik za odpadne vode, kjer jo mora UV nevtralizator nevtralizirati pred izpustom v odtok odpadne vode. Zbiralnik odpadne vode se polni dokler nivojsko zaznavalo ne sproži praznjenja zbiralnika preko nevtralizatorja črpalne vode.

Opadne vode, ki nastajajo pri pranju UF membran, se najprej zbirajo po neprepustni interni kanalizaciji v zbirni bazen odpadnih voda. Iz zbirnega bazena se vodo prečrpava v zbiralnik mulja, kjer se suspendirane snovi posedajo. Na dnu odsedlo blato se prečrpa na dehiracijo z vrečastim filtrom, nato pa odpelje na komunalno deponijo.

6.3.1 Primerjava variant priprave pitne vode

Če primerjamo med seboj investicijske stroške variant (Priloga B.3), vidimo da se variante ob upoštevanju investicijskih stroškov končne priprave (Priloga A.2) med seboj bistveno ne razlikujejo. Najdražjo investicijo predstavlja Varianta 2 (1.475.341,00 € + 2.496.470,82 €, brez upoštevanja DDV), medtem ko Varianta 3 predstavlja najnižjo (1.050.772,00 €, brez upoštevanja DDV), kar je tudi razumljivo, saj se pri njej ne upošteva cevovoda do infiltracijske drenaže in drenažno zajetje kot pri ostalih dveh variantah, zajema pa tudi bistveno manj tehnoloških postopkov, kar omogoči manjšo porabo električne energije. Opozoriti je potrebno le, da ni podatka o investicijskih stroških končne priprave pitne vode v vodarni Podgrad. Zgoraj navedeni podatek (2.496.470,82 €) zajema celovito pripravo pitne vode (Priloga A.2) v Podgradu. Za vodarno Podgrad je namreč značilno, da se vse naprave za predčiščenje (bazen za ozračevanje) in končno pripravo pitne vode (ozonacija, hitri peščeni filtri, filtri z aktivnim ogljem, UV dezinfekcija) nahajajo v enem objektu.

Tudi glede obratovalnih stroškov (Priloga B.3) predstavlja Varianta 2 ob upoštevanju končne priprave pitne vode (Priloga A.2) najdražje stroške (79.811,40 + 263.825,20 €), medtem ko Varianta 3 najnižje (90.243,20 €). Opozoriti je potrebno le, da ni podatka o obratovalnih stroških končne priprave pitne vode v vodarni Podgrad, zgoraj navedeni podatek (263.825,20 €) zajema celovito pripravo pitne vode (Priloga A.2).

Ker je naš namen zapreti črpališče v Segovcih, njegovo kapaciteto pitne vode pa prenesti na novo črpališče Podgrad, moramo primerjati še variante predlogov s predpripravo pitne vode v Segovcih (Priloga A.2). Pri tem ugotovimo, da predstavlja zajetje v Segovcih bistveno višje stroške, tako investicijskih (3.273.462,80 € + 2.496.470,82 €) kakor obratovalnih stroškov (197.210,40 € + 263.825,20 €). Kar je razumljivo, saj zajetje zajema poleg 14 črpalno nalivnih vodnjakov še povezovalni cevovod Segovci – Podgrad. Zaradi vsega tega uporabi črpališče bistveno več električne energije kot pa vse tri predlagane variante kljub nižjim stroškom objekta za predpripravo pitne vode (Priloga B.3).

Na naslednjih straneh so prikazane primerjave:

- med zajemom pitne vode iz reke Mure in obrežnim filtratom reke (Preglednica 18).
- med objekti variant za predpripravo pitne vode (Preglednica 19) ter
- variant s končno pripravo pitne vode v vodarni Podgrad (Preglednica 20).

Preglednica 18: Primerjava med zajemom vode iz reke in obrežnega filtrata reke

Zajem surove vode iz reke Mure (Podgrad)	Zajem surove vode iz obrežnega filtrata reke Mure (Segovci)
- Za Muro so značilni stalni pretoki, (v poletnih mesecih so sicer večji kot v zimskih mesecih).	- Zaradi vpliva reke podtalnica ni odvisna od klimatskih razmer (suša).
- Predvideno črpališče je znotraj protipoplavnega nasipa že varovanega območja – ne posega na druga kmetijska zemljišča.	- Načrtovano črpališče je znotraj protipoplavnega nasipa s potrebnimi VVO že varovanega območja (le da je bil potreben še odkup določenih kmetijskih zemljišč).
	- Obrežna filtracija predstavlja učinkovito varnostno pregrado pred onesnaženostjo reke Mure.
	- Kakovost obrežnega filtrata je odvisna od sprememb kemičnega onesnaženja Mure.
	- Temperatura podzemne vode je odvisna od temperature rečne vode.
- Rečna voda je bogata s kisikom, zato tudi ni zaslediti povišane vrednosti mangana, prav tako je tudi železo v mejah normale. (Povišana vsebnost teh dveh se pojavi redkokdaj).	- Nastanek anoksičnih pogojev lahko poveča vsebnost železa in mangana v obrežnem filtratu.
- Ker se voda zajema direktno iz reke, je potrebno dati večjo pozornost tehnološkimi postopkom priprave pitne vode, ki so ekonomsko in tehnološko zahtevnejši.	- Ni potrebna obdelava površinske vode.
	- Problem kolmatacije in izpiranja rečnega dna in brežin.
- Krajši zadrževalni čas onesnaženja. (Nenadno onesnaženje, ne moremo se pripraviti nanj takoj).	- Čeprav so daljši zadrževalni časi onesnaženja v podtalnici, so pa nižje koncentracije. Onesnaženje potuje daljši čas in se nanj lahko pripravimo.

Preglednica 19: Primerjava tehnoloških postopkov pri predčiščenju surove vode

HIDROCIKLON	GROBI HORIZONTALNI FILTRI
- Zavzeme malo prostora (do 5 m ²).	- Zavzema veliko prostora (90 m ²).
- Relativno nizka cena objekta.	- Relativno nizka cena objekta.
- Nizki stroški vzdrževanja. Hidrocikloni nimajo gibljivih mehanskih delov. Strošek je le pri menjavi hidrociklona.	- Stroški menjave filtrnega medija.

...se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 19

- Zelo enostavna procesna naprava za odstranjevanje suspendiranega materiala, vendar strojno zahtevna (pri dimenzioniranju je treba upoštevati veliko število spremenljivk (pretok vstopne vode, gostoto in viskoznost tekočine, premer trdih delcev, višino postavitve ...).	- Enostavna izgradnja objekta.
- Nizki stroški vzdrževanja. Hidrocikloni nimajo gibljivih mehanskih delov. Strošek je le pri menjavi hidrociklona.	- Stroški menjave filtrnega medija.
- Ne zahteva kemičnih sredstev.	- Ne zahteva kemičnih sredstev.
- Relativno nova tehnologija brez zgodovine dolgoročne uspešnosti pri pripravi pitne vode.	- Preskušena tehnologija.
- Občutljivost na hitre spremembe kakovosti vstopne vode.	- Občutljivost na hitre spremembe kakovosti vstopne vode.
- Nizka stopnja separacije v času visokih voda (čas med zagonom in in časom ko "naprava" doseže stabilno stanje, se giblje med 15 in 30 min). Rešitev: postavitve več manjših hidrociklonov (učinkovitejše delovanje)	- Nizka stopnja separacije v času visokih voda. Rešitev: večkratno pranje filtrnega medija.
- Ne zahteva vzdrževanja.	- Nepravilno vzdrževanje lahko privede do poslabšanja filtracijske sposobnosti grobih filtrov.
	- Pozimi nevarnost zamrznitve, poleti pa zaradi visokih temperatur nevarnost razrasti biološke ruše (rešitev: zaprti filtri).

Preglednica 20: Primerjava med variantami priprave pitne vode

VARIANTA 1	VARIANTA 2	VARIANTA 3
- Predpriprava pitne vode: relativno nizka cena objekta. - Končna priprava pitne vode: draga oprema.	- Predpriprava pitne vode: relativno nizka cena objekta. - Končna priprava pitne vode: draga oprema.	- Zahteva relativno drago in tehnološko dovršno opremo.

... se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 20

<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: ne zahteva kemičnih sredstev. - Končna priprava pitne vode: vsebuje kemična sredstva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: ne zahteva kemičnih sredstev. - Končna priprava pitne vode: vsebuje kemična sredstva. 	<ul style="list-style-type: none"> - V vodo z UF ne vnašamo kemičnih snovi ter ne vplivamo na fizikalno-kemične in organoleptične lastnosti vode. Kemično sredstvo se dodaja le občasno pri spiranju UF membran.
<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: relativno nova tehnologija brez zgodovine dolgoročne uspešnosti. Za učinkovitejše delovanje se priporoča več manjših hidrociklonov. - Končna priprava pitne vode: izbrani postopki zagotavljajo očiščenje vstopne vode. 	<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: objekt s preizkušeno uspešno tradicijo. (Zagotavljati je potrebno le pravilno vzdrževanje objekta). - Končna priprava pitne vode: izbrani postopki zagotavljajo očiščenje vstopne vode. 	<ul style="list-style-type: none"> - Membranski postopki so s stališča opreme, režima obratovanja, regulacije in krmiljenja procesa zelo dragi in zahtevni, zato njihova uporaba za namene primarne dezinfekcije ni vedno upravičena.
<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: poraba veliko električne energije. - Končna priprava pitne vode: porabi se veliko električne energije. 	<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: poraba veliko električne energije. - Končna priprava pitne vode: porabi se veliko električne energije. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pri teh postopkih se porabi malo električne energije.
	<ul style="list-style-type: none"> - Spiranje filternega medija vsaj 1x na teden, oz. odvisno od razmer vstopne vode. 	<ul style="list-style-type: none"> - Povratno spiranje UF membran vsakih cca. 8 ur.
<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: suspendirane snovi se odvede v potok Plitvice. - Končna priprava pitne vode: posedli mulj se iz zbiralnika mulja občasno prečrpava na dehidracijo z vrečastimi filtri, nato pa odpelje na deponijo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Predpriprava pitne vode: suspendirane snovi se odvede v potok Plitvice. - Končna priprava pitne vode: posedli mulj se iz zbiralnika mulja občasno prečrpava na dehidracijo z vrečastimi filtri, nato pa odpelje na deponijo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Odpadno vodo se prečrpava na dehidracijo z vrečastimi filtri, nato pa odpelje na deponijo.

Na podlagi vseh teh ugotovitev so v Preglednici 21 prikazane ocene variant. Variante so ocenjene z ocenami od 1 do 10, pri čemer 10 predstavlja najboljšo vrednost in 1 najslabšo. Kvaliteta priprave pitne vode ter ekološki vpliv sta določena na podlagi lastne presoje, medtem ko je pri ostalih kriterijih najprej določena najugodnejša varianta kriterija in na

podlagi te oceni ostalih dveh variant (stroški manj ugodnejših variant so deljeni s stroški najugodnejše variante).

Preglednica 21: Ocene variant

Kriteriji / Variante	1	2	3
Kvaliteta čiščenja vode	9	9	10
Investicija	7,6	7,6	10
Poraba kemikalij	8	8	3
Poraba elektrike	5,2	5,2	10
Vzdrževanje	3	3	10
Ekološki vpliv	8	7	10

Preglednica 22: Ponderiranje

Kriteriji / Variante	1	2	3	Ponder [%]
Kvaliteta čiščenja vode	4,05	4,05	4,5	45
Investicija	2,66	2,66	3,5	35
Poraba kemikalij	0,4	0,4	0,15	5
Poraba elektrike	0,26	0,26	0,5	5
Vzdrževanje	0,15	0,15	0,5	5
Ekološki vpliv	0,4	0,35	0,5	5
SKUPAJ:	7,52	7,87	9,65	100

Preglednica 22 prikazuje ocenjene variant glede na uspešnost v posameznih kriterijih. Ocena je določena na podlagi ocen variant (Preglednica 21). Najugodnejšo varianto prikazuje Varianta 3, medtem ko se prvi dve varianti stroškovno med sabo bistveno ne razlikujeta.

7 ZAKLJUČEK

Pozna spoznanja napak iz preteklosti so spremenila pogled na prihodnost. Zdrava pitna voda je v Pomurju postala omejena dobrina. Podzemne vode so plitve in neenakomerno razporejene, reke pa v manjšem obsegu z nizkimi pretoki, izjema je le reka Mura pa še ta je bila v preteklosti regulirana.

Danes predstavljajo najpomembnejša območja pitne vode intenzivna kmetijska območja in območja razpršene poselitve. Naselja, zlasti v gričevnatih predelih, se oskrbujejo celo z vodnimi viri, ki niso zavarovani.

Na podlagi kemijskih analiz reke Mure in podzemne vode na črpališčih Segovci, Podgrad, Lukavci in Mota sem prišla do ugotovitve, da je najbolj kemijsko onesnažena podzemna voda na območju črpališča Segovci. Odločila sem se za opustitev tega črpališča, manjkajočo kapaciteto vode iz črpališča pa prevzeme črpališče Podgrad.

K izbiri opustitve črpališča je pripomoglo tudi to, da je Apaško polje bistveno manj poseljeno od ostalih območij, za aktivno zaščito podtalnice pa je predvidena obstoječa ponikovalna drenaža, kjer se bo izvajal zajem vode za črpanje kapacitete 35 l/s na skupno čistilno napravo Podgrad. Pokazalo se je, da je obstoječa drenaža za nalivanje že dlje časa zamašena, stara in slabo vzdrževana. Kot takšna zahteva večkratno čiščenje, kar pa predstavlja velik finančni zalogaj.

Kot dodatni vodni vir pride v poštev le zajem surove vode iz reke Mure. Predlagane so tri variante, od katerih sta prvi dve povezani z umetnim bogatenjem podtalnice, tretja pa temelji na samostojni pripravi pitne vode.

Ker je v Muri pričakovati v obdobju visokih voda povišano vsebnost suspendiranega materiala, se za odpravo le tega predvidita v prvih dveh variantah naravna postopka, in sicer multiciklon in horizontalni grobi filtri. Prednost obeh naprav je v tem, da ne zahtevata kemičnih sredstev, sta ena izmed najbolj enostavnejših procesnih naprav za ločevanje suspendiranih snovi iz tekočine, stroški vzdrževanja pa so relativno nizki (še posebej pri multiciklonu).

Horizontalni grobi filtri in multiciklon se ločita po površini. Grobi filtri zajemajo veliko več prostora kot multiciklon. Ker sta oba postopka odvisna od vstopne vode, ju moramo tudi pravilno postaviti v sam prostor. Za primer visokih voda je boljše, da deluje več hidrociklonov

skupaj kot pa en večji, medtem ko moramo pri horizontalnih grobih filtrih skrbeti za njihovo pravilno vzdrževanje in večkratno spiranje v izrednih razmerah (v času visokih voda in visokih temperatur).

Pri obeh variantah sta kot naslednja postopka predvidana še ozračevanje na kaskadah in črpanje na štiri ponikovalne vodnjake (ob vrtinah PPG-6/11 in PPG-7/11), kjer se voda dodatno očisti v naravnem peščenem vodonosniku, od tam naprej pa se črpa na končno pripravo pitne vode v vodarno Podgrad.

Glede na to, da je na območju črpališča Podgrad že predvideno umetno bogatenje, menim, da bi bila še najbolj ugodna tretja varianta. Z ultrafiltracijo lahko dosežemo takojšne pozitivne učinke čiščenja brez dodatnega ponikanja v podtalje in končne priprave pitne vode v vodarni Podgrad. Z njo rešimo problematiko motnosti vode ob deževju in problem mikrobiološke oporečnosti. S to varianto ne bi posegli pretirano v prostor, pa še stroškovno ugodnejša bi bila od prvih dveh. Kljub temu je treba opozoriti, da je za učinkovito UF potrebno poznati in upoštevati še veliko drugih dejavnikov in ne samo hidravlične obtežbe, okvirne fizikalno-kemijskih parametrov ter na podlagi vsega tega iz prospektov proizvajalcev izbrati ustrezno napravo.

Če primerjam vse tri variante s črpališčem v Segovcih, ugotovim, da predstavlja zajetje v Segovcih bistveno višje stroške od vseh treh variant, tako investicijskih kot obratovalnih stroškov. Kar je razumljivo, saj zajetje zajema poleg 14 črpalno nalivnih vodnjakov še povezovalni cevovod Segovci – Podgrad. Zaradi vsega tega uporabi črpališče bistveno več električne energije kot pa vse tri variante.

Na podlagi vseh teh ugotovitev, bi lahko zaprli črpališče v Segovcih, potrebne kapacitete pitne vode pa prenesli na črpališče v Podgradu, kjer bi se vodo črpalo iz reke Mure. Bilo bi bistveno manj stroškov, tako investicijskih kakor tudi nadaljnih obratovalnih stroškov. Podzemna voda je tudi bistveno manj obremenjena z nitrati in pesticidi kot pa v Segovcih.

Ob vsem tem je treba poudariti, da se bo varna oskrba s pitno vodo v prihodnosti zagotavljala v zadostni meri le, če bomo vsa črpališča in reko Muro dodatno zaščitili in varovali z ustreznimi VVO. Vprašanje je, če se bo stanje pitne vode izboljšalo kljub strogim okoljskim režimom. Pozabljamo namreč, da so vodonosniki na obravnavanem območju plitvi in zelo ranljivi.

VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2012a. Ocena kemijskega stanja in trendov vodnega telesa podzemne vode 4016 – Murska kotlina.

<http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/4016.pdf> (Pridobljeno 20. 9. 2012.)

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2012b. Podatki o gladinah podtalnic na merilnih mestih Črnca in Zgornje Krapje. Ljubljana, Agencija RS za okolje in prostor. Osebna komunikacija (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2012c. Arhiv podatkov kakovosti voda za vodno telo Muro med 2007 in 2010.

<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (Pridobljeno 15. 11. 2012.)

Agencija RS za okolje in prostor (ARSO). 2012d. Izračuni za napajanje vodonosnikov na območju Sistema C s programom GROW za obdobje med 1971 in 2011. Osebna komunikacija (25. 9. 2012.)

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2013. Arhiv hidroloških podatkov za leto 2010 na postajah Gornja Radgona in Petanjci.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Mura&p_postaja=1060&p_let_o=2010&b_arhiv=Prika%C5%BEi#tab11 (Pridobljeno 20. 1. 2013.)

Arterburn, R.A. 1982. The sizing and selection of hydrocyclones.

http://www.flsmidth.com/~media/PDF%20Files/Liquid-Solid%20Separation/Hydrocyclones/Sizing_select_cyclones.ashx (Pridobljeno 5. 3. 2013.)

Atlas okolja. 2012.

<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/> (Pridobljeno 1. 10. 2012.)

Aquasource. 2013. Ultrafiltracijski modul L'ECOSKID™.

<http://www.aquasource-membrane.com/IMG/file/brochures/Brochure%20Ecoskid%202010%20VUS-V0.pdf>

(Pridobljeno 10.6.2013.)

Berglung, M., Dworak, T. 2010. Einbeziehung von Wasserfragen in die landwirtschaftliche Beratung - Ein Handbuch der Ideen für die Verwaltung. (Ecologic Institute): 66 str.

http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/fas/FAShandbook_DE.pdf

(Pridobljeno 16. 12. 2012.)

Blažeka, Ž. 2009. Vodooskrba Pomurja. Potable water supply in Pomurje. Ekolist, revija o okolju 06: 20 – 22.

<http://www.ekolist.si/documents/ekoLIST06%20web.pdf> (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Bricelj, M. 2009. Podnebne spremembe so razvojna priložnost Pomurja. V: Kikec, T. (ur.). 20. zborovanje slovenskih geografov. Pomurje – trajnostni regionalni razvoj ob reki Muri. Zbornik povzetkov. Ljutomer – Murska Sobota, 26. - 28. marec 2009. Ljubljana: Zveza geografov Slovenije, Murska Sobota: Društvo geografov Pomurja: 27 – 40.

<http://www.drustvo-geografov->

[pomurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/cMitja%20Bricelj_zbornik_T.pdf](http://www.drustvo-geografov-pomurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/cMitja%20Bricelj_zbornik_T.pdf)

(Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Brilly, M., Šraj, M., Horvat, A., Vidmar, A., Koprivšek, M. 2011. Hidrološka študija reke Mure. V: 22. Mišičev vodarski dan 2011: 155 – 163.

<http://mvd20.com/LETO2011/R20.pdf> (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Bukovnik, S., Mišič, T., Kovačič, A., Hojnik, T., Kmetič, F. 2004. Revitalizacija 11 - mlinskega potoka in Vizjakovega kanala v občini Gornja Radgona. Idejna zasnova. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor, d.d. (VGB): 85 f.

CAB Cyclone Technology. 2013. Tehnični podatki hidrociklona.

<http://www.cab-international.com/Cyclone%20Technology%20Flyer.pdf>

(Pridobljeno 8. 3. 2013.)

ELKO. 2013. Karakteristike črpalk.

http://www.elkomb.si/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=34

(Pridobljeno 20. 4. 2013.)

Environmental Protection Agency (EPA). 2005. Wastewater Technology Fact Sheet. Ballasted Flocculation.

http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2005_07_28_mtb_ballasted_flocculation.pdf

(Pridobljeno 31. 5. 2013.)

Evidenca voda, vodnih objektov in naprav (EVON). 2013. Podatki o vsebnosti suspendiranega materiala v reki Muri na postaji Petanjci za obdobje med 1956 – 1965.

http://www.evon.si/Download/VodnaKnjiga/VK_6_%20Erozija_Prodonosnost_Kalnost.pdf

(Pridobljeno 8. 4. 2013.)

Feguš, B., Golnar, M. 2012. Vpliv nizkega vodnega stanja reke Mure in podzemnih voda Apaškega polja na količinske in kakovostne parametre črpališča Podgrad. V: Zbornik suša suša suša. 23. Mišičev vodarski dan 2012. Maribor, 5.12.2012: 73 – 81.

<http://mvd20.com/LETO2012/R9.pdf> (Pridobljeno 12. 2. 2013.)

Frantar, P. 2009. Značilnosti vodnega cikla v Pomurju. V: Kikec, T. (ur.). 20. zborovanje slovenskih geografov. Pomurje – trajnostni regionalni razvoj ob reki Muri. Zbornik povzetkov. Ljutomer – Murska Sobota, 26. - 28. marec 2009. Ljubljana: Zveza geografov Slovenije, Murska Sobota: Društvo geografov Pomurja: 71 – 83.

http://www.drustvo-geografov-pomurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/fPeter%20Frantar_T.pdf

(Pridobljeno 23. 10. 2012.)

Grm, B., Glavnik, A., Tomazin, M., Oblak, J. 2005. Oskrba z vodo za gašenje. Končno poročilo – 1.dopolnitev. Razvojno – raziskovalna naloga financiranja s strani požarnega sklada (pogodba MO št. 404-10-92/2004-1 z dne 07.06.2004). Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje: 101 str.

http://www.sos112.si/slo/tdocs/oskrba_voda_22.pdf (Pridobljeno 23. 10. 2012.)

Grubar B., V. Hidrogeografske značilnosti porečja kot osnova za celostno upravljanje s porečjem Mure. V: Kikec, T. (ur.). 20. zborovanje slovenskih geografov. Pomurje – trajnostni regionalni razvoj ob reki Muri. Zbornik povzetkov. Ljutomer – Murska Sobota, 26. - 28. marec 2009. Ljubljana: Zveza geografov Slovenije, Murska Sobota: Društvo geografov Pomurja: 84 – 92.

http://www.drustvo-geografov-pomurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/gValentina%20Brecko%20Grubar_T.pdf

(Pridobljeno 23. 10. 2012.)

Hidrogeologija, Geotehnologija, Ekologija, Monitoring (HGEM) d.o.o., 2011. BOBER – Boljša Opazovanja za boljše Ekološke Rešitve. Izdelava modelskih orodij za spremljanje suše, ocenjevanje stanja podzemnih voda in prognoziranje dinamike morja. 3. sklop: Ekspertno numerični sistem za podporo odločanju na aluvijalnih telesnih podzemnih voda Slovenije. Mejnik 2 – konceptualni model za Mursko in Prekmursko polje. Poročilo P1B. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 35 f.

Hidroinženiring d.o.o. 2012a. Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Vodni vir Lukavci. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD). Načrt (6V-11314.7.1). Ljubljana, januar 2012.

Hidroinženiring d.o.o. 2012b. Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Vodni vir Mota. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD). Načrt (6V-11314.6.1). Ljubljana, januar 2012.

Hidroinženiring d.o.o. 2013. Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Vodni vir Segovci - Podgrad. Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD). Načrt (6V-11314.5.0). Ljubljana, februar 2013.

Hunt, C.H. 2003. Construction and Maintenance of Wells for Riverbank Filtration. V: Melin, G. (ur.). Riverbank Filtration: The Future is now!. 2. International Riverbank Filtration Conference, Cincinnati, Ohio USA, September 16 – 19, 2003. (Program & Abstracts). Fountain Valley, National Water Research Institute: p. 17 – 21.

Inštitut za ekološki inženiring (IEI) d.o.o. 2012. Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Variante oskrbe s pitno vodo – Osnove za variantno analizo. Elaborat (6V-12123). Maribor, junij 2012: 80 str.

Kompare, B. 2002. Aktivna zaščita vodarne Hrastje. V: Brilly, M. (ur.), Jamnik, B. (ur.), Bračič Železnik, B. (ur.). Zaščita vodnih virov in vizija oskrbe s pitno vodo v Ljubljani, Zbornik, Ljubljana, 19.09.2002. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko in Javno podjetje Vodovod – Kanalizacija (VO – KA) Ljubljana: 25 – 36.

Kompare, B., Rismal, M. 2006. Priprava pitne vode. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 190 str.

Korže V., A. 2011. Koncept revitalizacije vaških vodnjakov. Maribor, Inštitut za promocijo varstva okolja: 14 str.

http://www.jablaniskadolina.si/files/userfiles/section_2/files/aktivnosti/koncept%20revitalizacije%20va%C5%A1kih%20vodnjakov.pdf (Pridobljeno 23. 11. 2012.)

Kurtela, Ž., Jelavič, V., Mohovič, R. 2005. Pristup odabiru metode primarne obrade broskoga vodenog balasta. Naše more 52, 1-2: 64 – 74.

MF PLUS. 2013. Ultrafiltracijska postaja Kranjska Gora. Navodila za uporabo in vzdrževanje. Elektronsko sporočilo za: Kukovec, B. 27. 5. 2013. Osebna komunikacija.

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP). 2006. Operativni program oskrbe s pitno vodo.

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_pitna_voda.pdf (Pridobljeno 9. 10. 2012.)

Multiciklon. 2013.

<http://www.dicizbgd.com/proizvodi/06multiciklon.pdf> (Pridobljeno: 10. 4. 2013.)

Novak, F., Ž. 2012. Intervju z Žito Flisar Novak o vodovarstvenih območjih na območju Sistema C. Elektronsko sporočilo za: Kukovec, B. 29. 11. 2012. Osebna komunikacija.

Odlok o varstvu vodnega vira Lukavci. Uradni list RS št. 56/00.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=26324> (Pridobljeno 15. 11. 2012.)

Odlok o določitvi varstvenih pasov in ukrepov za zavarovanje zajetja pitne vode na Moti (Uradne objave z dne 27.10.1983).

http://www.jp-prlekija.si/uploads/File/oskrba_s_pitno_vodo/odlok_mota.pdf

(Pridobljeno 15. 11. 2012.)

Pavšek, A., Cuderman, M. 2011. Predinvesticijska zasnova projekta »Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C«. Ljubljana, Družba za razvoj infrastrukture d.o.o. (DRI): 80 f.

Podlipnik, B., Jurič, B. 2006. Ureditev celovite oskrbe prebivalstva s pitno vodo in varovanja vodnih virov Pomurja. V: Mišičev vodarski dan 2006: 88 – 93.

<http://mvd20.com/LETO2006/R12.pdf> (Pridobljeno 4. 10. 2012.)

Pravilnik o oblikovanju cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja. Uradni list RS št. 128/04, 56/05, 38/07, 41/08, 79/08.

http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r09/predpis_PRAV6239.html (Pridobljeno 5. 5. 2013.)

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS št. 35/2006, 41/2008, 28/2011, 88/2012.

http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis_PRAV6487.html (Pridobljeno 5. 12. 2012.)

Pravilnik o preizkušanju hidrantnih omrežij. Uradni list RS št. 22/1995, 102/2009.

http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_PRAV2391.html (Pridobljeno 5. 12. 2012.)

Prestor, J., Mavc, M., Urbanc, J., »idr.«. 2012. Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Hidrogeološke raziskave vodnih virov – Sistem C. Elaborat o hidrogeoloških raziskavah vodnih virov na območju Pomurja – Sistem C. Strokovna podlaga za PGD, PZI, OPN, OPPN, PVO, CPVO in dovoljenja za rabo vode po recenziji – splošni del – zvezek 1. Ljubljana, »idr.«, Geološki zavod Slovenije, »idr.«: 115 f.

Ravnjak, M., Vrtovšek, J. 2012. Čiščenje pitne vode nekoč, danes, jutri. V: Vodni dnevi, 17. in 18.oktober 2012. Zbornik referatov: 9 str.

http://www.sdzv-drustvo.si/si/vodni_dnevi/2012/referati/09-Ravnjak.pdf

(Pridobljeno 3. 3. 2013.)

Rismal, M., Kompare, B. 1983. Zaščitni pas in umetno bogatenje podtalnice za vodovod Ormož. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 46 str.

Rismal, M., Kompare, B. 1983. Zaščitni pas in umetno bogatenje podtalnice za vodovod Ormož. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 46 str.

Rismal, M., Kompare, B., Rus, A., Gorišek, M. 1986. Študija umetnega bogatenja podtalnice za povečanje zmogljivosti črpališč vodovoda Celja v Medlogu. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 55 str.

Rismal, M. 1995. Čiščenje pitne vode. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo: 152 str.

Rismal, M. 2011. Izhodišča za projektno rešitev oskrbe s pitno vodo Pomurja. Starting – points for design solution of drinking water supply of Pomurje. Gradbeni vestnik 60: 212 – 218.

Rožmarin, J. 2013. Pregled projekta Oskrba s pitno vodo Pomurja – Sistem C. Ljutomer, Občina Ljutomer. Osebna komunikacija (22. 3. 2013).

Savič, V. 2012. Prikaz poteka hidroizohips in smer toka podzemne vode na desnem bregu Mure. Elektronsko sporočilo za: Kukovec, B. 2.9.2012. Osebna komunikacija.

Sheng-ji, X., Ya-nan, L., Xing, L., Juan-juan, Y. 2007. Drinking water production by ultrafiltration of Songhuajiang River with PAC adsorption. Journal of Environmental Sciences 19(2007) 536-539: 536-539.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074207600898>

(Pridobljeno 6. 6. 2013.)

SNF FLOERGER. 2003. Coagulation, Flocculation.

http://www.snf-group.com/IMG/pdf/Water_Treatment_2_E.pdf (Pridobljeno 4. 5. 2013.)

Steinman, F., Banovec, P., Gosar, L., Šantl, S., Kozelj, D. 2004. Delovanje javnih vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij. Končno poročilo o projektu. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 86 str.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/khidranti.pdf> (Pridobljeno 1. 10. 2012.)

Sovič, N., Lapajne, V., Babič, M., Kučan, L., Baskar, M., Rep, P., Vončina, E., Lobnik, S., Lušicky, M., Ogrinc, N., Vreča, P., Horvat, M., Zorko, B. 2012. Preiskave podzemne vode. Preliminarno poročilo. Maribor, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja: 47 str.

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Apaškega polja. Uradni list RS št. 59/2007, 32/2011.

http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r08/predpis_URED4538.html (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Zakon o razvojni podpori v Pomurski regiji v obdobju 2010 – 2015. Uradni list št.87/2009.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200987&stevilka=3839> (Pridobljeno 5. 10. 2012.)

Wegelin, M. 1996. Surface Water Treatment by Roughing Filters - A Design, Construction and Operation Manual. SANDEC Report No. 02/96: 180 str.

<http://www.nzdl.org/gsd/mod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-->

[-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-](http://www.nzdl.org/gsd/mod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4--)

[00&cl=CL3.51&d=HASH010cd6fcd6f2f1e7865ac229.8.3>=1](http://www.nzdl.org/gsd/mod?e=d-00000-00---off-0fnl2.2--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4--)

Wenten, I.G. 2013. Ultrafiltration in water treatment and its evaluation as pre-treatment for reverse osmosis system.

<http://www.ultra-flo.com.sg/images/wenton.pdf> (Pridobljeno 10. 6. 2013.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: PRILOGE PROJEKTA OSKRBA S PITNO VODO POMURJA - SISTEM C

PRILOGA A.1: KEMIJSKE ANALIZE PODTALNICE IN REKE MURE NA ČRPALIŠČU
PODGRAD ZA JAN, FEB in MAR 2012

PRILOGA A.2: PRIKAZ INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV VODNIH
VIROV IN OMREŽJA Z OBJEKTI

Priloga A.2.1: Investicijski stroški

Priloga A.2.2: Obratovalni stroški

PRILOGA B: PRILOGE DIREKTNEGA ZAJEMA SUROVE VODE IZ REKE MURE

PRILOGA B.1: KARAKTERISTIKE ČRPALK ZA DIREKTEN ZAJEM MURSKE VODE

Priloga B.1.1: Črpalka za zajem surove vode iz Mure

Priloga B.1.2: Črpalka za prečrpavanje med objekti

PRILOGA B.2 TEHNIČNI PODATKI HIDROCIKLONA

PRILOGA B.3: OCENA INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV VARIANT

Priloga B.3.1: Investicijski stroški variante 1

Priloga B.3.2: Investicijski stroški variante 2

Priloga B.3.3: Investicijski stroški variante 3

Priloga B.3.4: Ocena obratovalnih stroškov variant

PRILOGA C: GRAFIČNE PRILOGE

PRILOGA C.1: ZAJEM SUROVE VODE IZ REKE MURE

PRILOGA C.2: CELOVITA SHEMA PRIPRAVE PITNE VODE – VARIANTA 1

PRILOGA C.3: CELOVITA SHEMA PRIPRAVE PITNE VODE – VARIANTA 2

PRILOGA C.4: CELOVITA SHEMA PRIPRAVE PITNE VODE – VARIANTA 3

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA A.1: KEMIJSKA ANALIZA ČRPALIŠČA PODGRAD ZA JAN, FEB in MAR 2012
(Sovič in sod., 2012)

PARAMETRI	REKA MURA	PODZEMNA VODA
T _{VODE}	do 13 °C	8,7 °C
T _{ZRAKA}	med -5 °C in 16 °C	med -4 °C in 24 °C
pH	8,3	7,5
El. prevodnost (25 °C)	399 µS/cm (mineralizacija = 270 mg/l)	476 µS/cm (mineralizacija = 300 mg/l)
Kisik	13,1 mg/l (najvišja: 16,5 mg/l)	3,6 mg/l
Nasičenost s kisikom	103 %	30 %
Skupni fosfati	med 0,13 in 0,17 mg/l (od tega je 70% ortofosfatov)	med 0,052 in 0,08 mg/l
Nitrat	8,7 mg/l NO ₃ (najvišja: 14 mg/l)	11 mg/l NO ₃ (vsebnost nitrata v podtalnici se z oddaljenostjo od reke Mure povečuje)
TOC (celokupni organski ogljik)	8,7 mg/l C	
Mangan	17 µg/l Mn	13 µg/l Mn (najvišja: 470 mg/l)
Železo	<100 µg/l Fe	<100 µg/l Fe
Brom	med 0,06 in 0,12 mg/l	0,04 mg/l
Vsota pesticidov:	med 0,005 in 0,062 µg/l	med 0,73 in 1,14 µg/l
- atrazin	<0,005 µg/l	<0,005 µg/l
- metolaklor	0,027 µg/l	med <0,005 µg/l in 0,027
- ESA	med 0,06 in 0,73 µg/l	med 0,65 in 1,00 µg/l
- OXA	med <0,02 in 0,092 µg/l	med 0,05 in 0,092 µg/l
- prometrin	0,013 µg/l	med 0,0011 in 0,0013 µg/l
FAS (farmakološke aktivne snovi):		
- acetilsalicilne kisline	med <0,05 in 0,1 µg/l	med <0,05 in 0,14 µg/l
- karbamazepin	med 0,061 in 0,075 µg/l	
- kofein	med 0,071 in 0,084 µg/l	med <0,050 in 0,070 µg/l

PRILOGA A.2: PRIKAZ INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV VODNIH VIROV IN OMREŽJA Z OBJEKTI (Hidroinženiring, 2013)

Priloga A.2.1: Investicijski stroški

SKUPNA REKAPITULACIJA – VV SEGOVCI		
Črpalno - nalivalni vodnjaki	EUR	615.179,6
Črpalni in nalivalni cevovod	EUR	466.316,05
Cevovod do infiltracijske drenaže in drenaža	EUR	369.327,92
Drenažno zajetje - črpališče	EUR	70.726,74
Objekt za predčiščenje vode	EUR	811.363,74
Skupaj VV Segovci:	EUR	2.332.914,05
Povezovalni cevovod Segovci - Podgrad	EUR	940.548,75
Skupaj	EUR	3.273.462,80
SKUPNA REKAPITULACIJA – VV PODGRAD		
Črpalno - nalivalni vodnjaki	EUR	599.179,60
Črpalni in nalivalni cevovod	EUR	516.433,02
Cevovod do infiltracijske drenaže in drenaža	EUR	134.506,29
Drenažno zajetje - črpališče	EUR	73.900,49
Objekt za pripravo vode	EUR	2.496.470,82
Most preko potoka Plitvica	EUR	235.108,00
Skupaj VV Podgrad:	EUR	4.055.598,22
Skupaj objekt:	EUR	7.762.145,85
Stroški nadzora pooblaščenega upravljalca vodovodnega omrežja (Segovci + Podgrad)	EUR	73.290,61
Skupaj	EUR	7.402.351,63
DDV 20%	EUR	1.480.470,33
Skupaj z DDV 20%	EUR	8.882.821,96
SKUPNA REKAPITULACIJA – VV LUKAVCI		
Oprema v obstoječih vodnjakih	EUR	72.248,00
NN dovodni in signalni kabel	EUR	21.000,00
Povezovalni cevovod med vodnjaki	EUR	107.200,00
Objekt za pripravo vode	EUR	998.345,00
Zbirni bazen pralnih vod	EUR	39.953,00
Skupaj	EUR	1.238.746,00
DDV 20%	EUR	247.749,20
Skupaj z DDV 20%	EUR	1.486.495,20

... se nadaljuje

... nadaljevanje Priloge A.2.1

SKUPNA REKAPITULACIJA – VV MOTA		
Črpalna jaška (rekonstrukcija napeljav)	EUR	52.000,00
NN dovodni in signalni kabel	EUR	28.850,00
Povezovalni cevovod med vodnjaki	EUR	32.000,00
Objekt za pripravo vode - prizidek	EUR	595.750,00
Skupaj	EUR	708.600,00
DDV 20%	EUR	141.720,00
Skupaj z DDV 20%	EUR	850.320,00

Priloga A.2.2: Obratovalni stroški

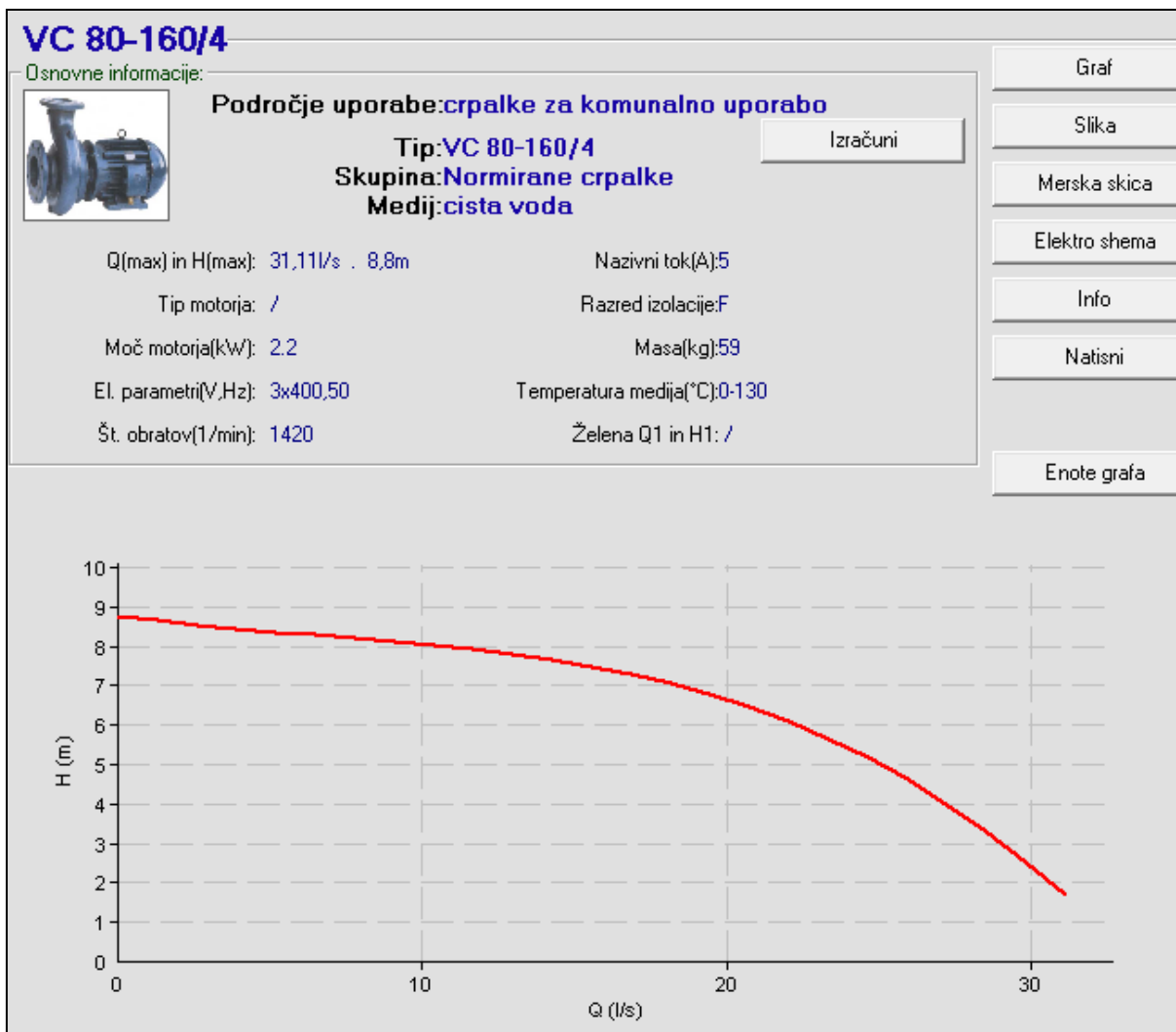
	Opis	Enota	Črpalnišče	Črpalnišče	Črpalnišče	Črpalnišče
			Segovci	Podgrad	Lukavci	Mota
OBRATOVALNI STROŠKI	Dnevna poraba električne energije	kWh/dan	4.187	3.256,00	2.175	1.879
	Cena el. energije	€/kWh	0,08	0,08	0,08	0,08
	Strošek el. energije	€/leto	122.260,40	95.075,20	63.510,00	54.954,00
	Zaposleni	€/leto	(2 delavec 8ur/dan) 31.200,00	(2 delavec 8ur/dan) 31.200,00	(1 delavec 2 uri/dan) 10.950,00	(1 delavec 2 uri/dan) 10.950,00
	Kemikalije	€/leto		8.500,00	1.509,00	1.020,00
	Odvoz blata in greznice	€/leto	1.500,00	2.500,00	2.500,00	600,00
	Odvajanje odpadne vode	€/leto			7.672,00	
	Aktivno oglje	€/leto		15.300,00	9.224,00	9.156,00
	Analize pitne vode	€/leto	10.000,00	10.000,00		
	Vzdrževanje	€/leto	33.750,00	101.250,00	15.000,00	10.000,00
	Skupaj	€/leto	197.210,40	263.825,20	102.693,00	86.741,00

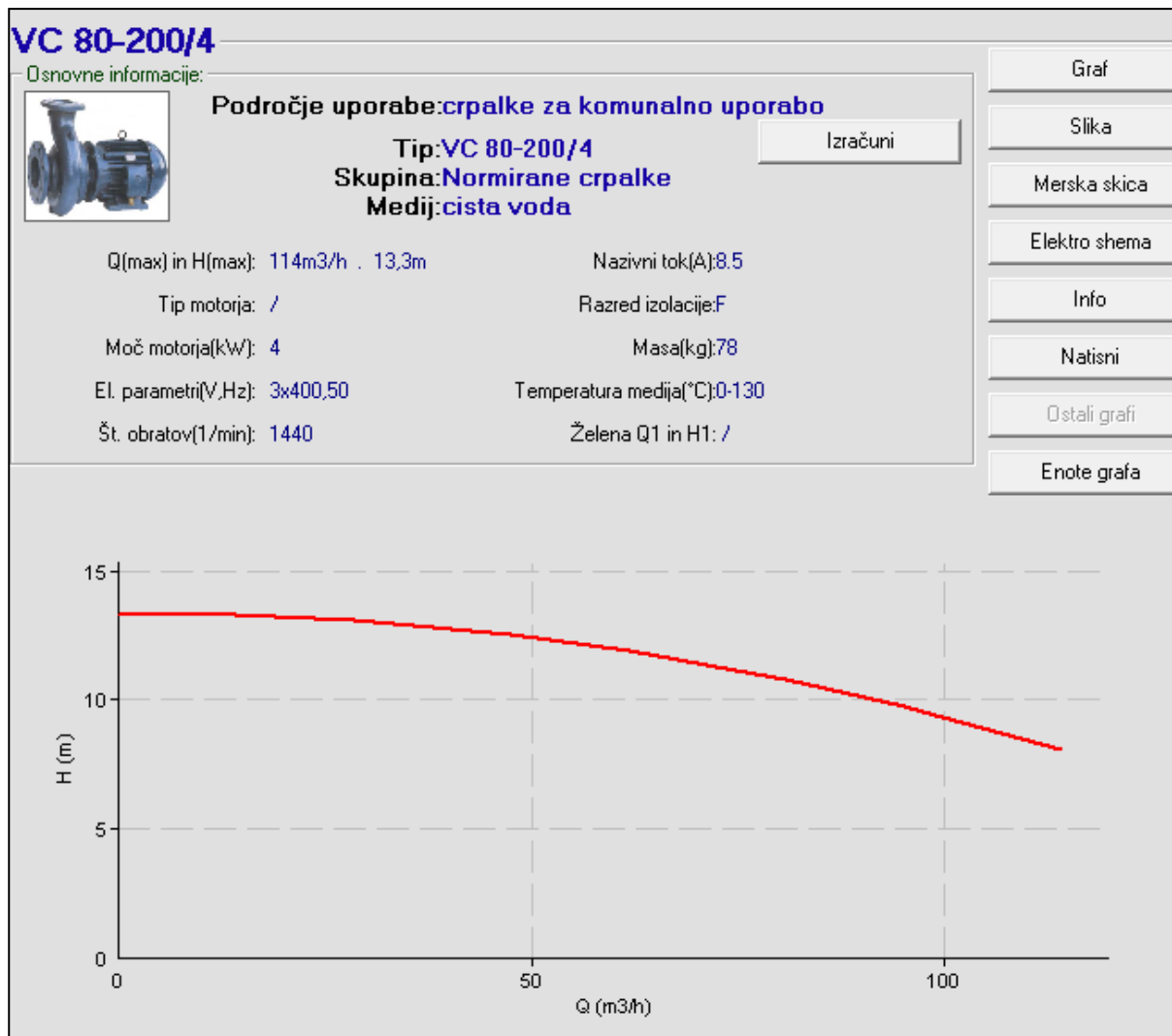
*V obratovalnih stroških ni zajeta amortizacija

Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B.1: KARAKTERISTIKE ČRPALK ZA DIREKTEN ZAJEM SUROVE VODE IZ REKE MURE (ELKO, 2013)

Priloga B.1.1: Črpalka za zajem surove vode iz Mure



Priloga B.1.2: Črpalka za prečrpavanje med objekti

PRILOGA B.2: TEHNIČNI PODATKI HIDROCIKLONA (CAB Cyclone Technology, 2013)

TIP	CIKLON ϕ	VSTOP	PRELIV	VSTOPNI TLAK	PREMER DELCEV		VSTOPNA VODA	GROBI DELCI	FINI DELCI	TEŽA
	mm	DN*	DN*	bar	d50**, μm	d95**, μm	m ³ /h	0 - 4 mm, t/h	0 - 1 mm, t/h	kg
156 HD-TZ-RE	144	25	50	0,7 - 1,2	15	40	11 - 18	5	2	32
209 HD-TZ-RE	234	50	80	0,7 - 1,2	15	45	16 - 25	10	4	72
212 HD-TZ-RE	302	50	80	0,7 - 1,0	18	45	20 - 35	12	8	98
312 HD-TZ-RE	302	80	80	0,7 - 1,0	18	45	26 - 45	15	10	101
315 HD-TZ-RE	380	80	100	0,6 - 0,9	25	50	40 - 70	22	14	141
415 HD-TZ-RE	380	100	100	0,6 - 0,9	25	55	60 - 100	28	18	143
418 HD-TZ-RE	455	100	125	0,5 - 0,8	30	60	90 - 120	35	20	184
518 HD-TZ-RE	455	125	125	0,5 - 0,8	35	60	110 - 140	40	26	186
524 HD-TZ-RE	610	125	150	0,5 - 0,8	40	65	130 - 160	55	37	302
624 HD-TZ-RE	610	150	200	0,5 - 0,8	40	65	150 - 200	60	40	329
630 HD-TZ-RE	760	150	200	0,5 - 0,7	45	75	180 - 300	90	54	427
830 HD-TZ-RE	760	200	250	0,4 - 0,7	50	80	220 - 360	100	60	465
836 HD-TZ-RE	915	200	250	0,4 - 0,7	55	80	320 - 500	125	75	598

Priloga B.3: OCENA INVESTICIJSKIH IN OBRATOVALNIH STROŠKOV VARIANT**Priloga B.3.1: Ocena investicijskih stroškov variante 1**

Cevovod za dovod surove vode iz reke Mure	75.889,00	EUR
Objekt za predčiščenje	1.026.770,00	EUR
Cevovod do infiltracijske drenaže in drenaža	306.249,00	EUR
Drenažno zajetje - črpališče	37.992,00	EUR
Skupaj:	1.446.900,00	EUR

*Ni upoštevan DDV

Priloga B.3.2: Ocena investicijskih stroškov variante 2

Cevovod za dovod surove vode iz reke Mure	75.889,00	EUR
Objekt za predčiščenje	1.055.211,00	EUR
Cevovod do infiltracijske drenaže in drenaža	306.249,00	EUR
Drenažno zajetje - črpališče	37.992,00	EUR
Skupaj:	1.475.341,00	EUR

*Ni upoštevan DDV

Priloga B.3.3: Ocena investicijskih stroškov variante 3

Cevovod za dovod surove vode iz reke Mure	75.889,00	EUR
UV postaja	890.000,00	EUR
Cevovod do vodohrana in vodohran	84.883,00	EUR
Skupaj:	1.050.772,00	EUR

*Ni upoštevan DDV

Priloga B.3.3: Ocena obratovalnih stroškov variant

Varianta:	1	2	3
Dnevna poraba električne energije [kW/dan]:	942	942	196
Cena el. Energije [€/kWh]:	0,08	0,08	0,08
Strošek električne energije [€/leto]:	27.506,40	27.506,40	5.723,20
Poraba kemikalij [€/leto]:			42.250,00
Vzdrževanja [€/leto]:	15.000,00	32.355,00	18.820,00
menjava filtrnega materiala [€/leto]:		17.355,00	420,00
strošek membran (menjava na 7 let) [€/leto]:			5.400,00
Ostalo vzdrževanje:	15.000,00	15.000,00	13.000,00
Strošek zaposlenih [€/leto]:	10.950,00	10.950,00	10.950,00
Odvoz blata [€/leto]:			2.500,00
Analiza pitne vode [€/leto]			10.000,00
SKUPAJ:	53.456,40	79.811,40	90.243,20

*V obratovalnih stroških ni zajeta amortizacija in DDV