

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:

Zimic, K., 2015. Možnosti večnamenske izrabe vode mHE Možnica. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A.): 47 str.

Datum arhiviranja: 02-10-2015

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:

Zimic, K., 2015. Možnosti večnamenske izrabe vode mHE Možnica. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A.): 47 pp.

Archiving Date: 02-10-2015

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 ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO

Kandidat:

KLEMEN ZIMIC

**MOŽNOSTI VEČNAMENSKE IZRABE VODE MHE
MOŽNICA**

Diplomska naloga št.: 51/B-VOI

**MULTI-PURPOSE USE OF WATER ON SMALL
HYDROPLANT MOŽNICA**

Graduation thesis No.: 51/B-VOI

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Ljubljana, 24. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVEK

Strani z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Klemen Zimic izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom

»**Možnosti večnamenske izrabe vode mHE Možnica**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka kot tiskana različica.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, september 2015

(Podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČKI

UDK:	627.8(043.2)
Avtor:	Klemen Zimic
Mentor:	doc. dr. Andrej Kryžanowski
Somentor:	/
Naslov:	Možnosti večnamenske izrabe vode mHE Možnica
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	47 str., 16 pregl., 33 sl., 6 en., 2 pril.
Gljučne besede:	mala hidroelektrarna, pitna voda, instaliran pretok, ekološko sprejemljiv pretok, varovana območja

Izveček

V diplomski nalogi sem raziskoval potencial vodnega vira Možnica. Potok Možnica se nahaja v občini Bovec, v bližini naselja Log pod Mangartom. Teče po območju Triglavskega narodnega parka in po območju Nature 2000, kar pomeni, da moramo pri umeščanju objekta v prostor upoštevati posebna pravila. Iz pridobljenih hidroloških podatkov iz vodomerne postaje Možnica sem preveril, ali bi bilo upravičeno izgraditi malo hidroelektrarno na vodotoku. Vodo iz potoka bi lahko izkoriščali tudi za zagotavljanje pitne vode v vodovodu Bovec – Čezsoča. Vodno zajetje bi se nahajalo na območju izvira potoka. Zajetje bi izvedli s kaptazo izvira, tako bi preprečili onesnaženje pitne vode in zagotavljali zadostno količino vode za malo hidroelektrarno. Glede na dan padec in izdatnost izvira sem se odločil za Peltonovo turbino, katera ima največji izkoristek. Pri računanju energetskega potenciala sem upošteval dva ekološko sprejemljiva pretoka, izračunana po dveh različnih metodah. S tema pretokoma sem določil najoptimalnejšo izbiro instaliranega pretoka za hidroelektrarno.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 627.8(043.2)
Author: Klemen Zimic
Supervisor: Assist. Prof. Andrej Kryžanowski, PhD.
Co-supervisor: /
Title: Multi-purpose use of water on small hydroplant Možnica
Document Type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 47 p., 16 tab., 33 fig., 6 eq., 2 ann.
Keywords: small hydroplant, drinking water, rated flow, ecologically acceptable flow, protected areas

Abstract

In my graduation thesis I was exploring the potential of Možnica water resource. The Možnica creek is located in the municipality of Bovec, near the Log pod Mangartom village. The creek flows through Triglav National Park and Natura 2000 area, which means that special rules apply in placing of the hydroelectric power plant. The data obtained from the measuring station Možnica led to my research whether building a small hydroelectric power plant on the watercourse would be useful and profitable. The water from the creek could also be exploited for supplying the Bovec-Čezsoča water distribution system with drinking water. The water reservoir would be located in the area of source of the creek. The water would be collected with the capturing of the source thus avoiding the contamination of drinking water and providing sufficient amount of water for a small hydroplant. Considering the fall and the power and water amount of the spring I decided for the use of Pelton turbine, which is the most efficient. Calculating the energy potential I took into account two ecologically acceptable flows, determined by two different approaches. With these two fluxes I determined the most optimal option of the rated flow for the hydroelectric power plant.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mentorju doc. dr. Andreju Kryžanowskemu za pomoč in vodstvo pri izdelavi diplomske naloge.

Hvaležen sem tudi mentorju praktičnega usposabljanja Miranu Komelu iz HSE Invest in Alidi Rejec iz SENG za njuno pomoč pri ustvarjanju idejne zasnove mHE Možnica.

Zahvala gre še puncu Ivani Komel, ki mi je ves čas stala ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	OPIS LOKACIJE	2
2.1	Opis lokacije.....	2
2.2	Varovana območja.....	6
3	SPLOŠNO O MALIH HIDROELEKTRARNAH	9
3.1	Obnovljivi viri energije	9
3.2	Hidroelektrarna.....	9
3.3	Objekti hidroelektrarne.....	10
3.3.1	Zajem vode.....	11
3.3.2	Transport vode – cevovod.....	11
3.3.3	Strojnica	13
3.3.4	Najpogosteje uporabljene turbine	14
4	SPLOŠNO O PITNI VODI	18
4.1	Kriterij za kvaliteto pitne vode	18
4.2	Zajem pitne vode	18
4.3	Priprava vode.....	18
4.4	Obstoječe stanje.....	19
5	PODLOGE	20
5.1	Geološke podloge	20
5.2	Hidrologija.....	20
5.2.1	Hidrološki podatki.....	20
5.2.2	Krivulja trajanja	21
5.2.3	Karakteristični pretoki.....	23
5.2.4	Nizke vode	24
5.2.5	Padavine	25
5.2.6	Povezava med padavinami in pretokom na Možnici	26

5.2.7	Ekološko sprejemljiv pretok	27
6	GRADBENI OBJEKT	30
6.1	Jez	30
6.2	Tlačni cevovod.....	31
6.3	Strojnica z izpustom.....	32
6.4	Gradbeni objekti za vodovod	33
6.4.1	Zajem vode	33
6.4.2	Trasa cevovoda za pitno vodo	33
6.4.3	Vodohran	34
7	IZBIRA INSTALIRANE MOČI IN PRETOKOV ZA mHE MOŽNICA.....	35
7.1	Varianta 1: preračun optimalnega instaliranega pretoka z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka po uredbi.....	35
7.2	Varianta 2: preračun optimalnega instaliranega pretoka z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka določenega po Mattheysevi enačbi	37
7.3	Primerjava variant.....	38
8	UPRAVIČENOST IZGRADNJE OBJEKTA	39
8.1	Varianta 1 preračun.....	39
8.2	Varianta 2 preračun.....	41
9	ZAKLJUČEK.....	43
VIRI	44

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Zmogljivosti posameznih vodovodov.....	19
Preglednica 2:	Splošni podatki o pretokih na Možnici.....	21
Preglednica 3:	Osnovni podatki za izgradnjo mHE.....	22
Preglednica 4:	Srednji pretoki za potok Možnica in Koritnica.....	23
Preglednica 5:	Vrednosti najmanjših nizkih in srednjih nizkih pretokov.....	25
Preglednica 6:	Podatki padavinskih postaj.....	25
Preglednica 7:	Določitev ekološko sprejemljivega pretoka za območje na lokaciji zaježitve	28
Preglednica 8:	Določitev ekološko sprejemljivega pretoka po Mattheyesevi enačbi.....	29
Preglednica 9:	Prikaz energetskega potenciala za varianto 1.....	35
Preglednica 10:	Prikaz energetskega potenciala za varianto 2.....	37
Preglednica 11:	Primerjava ekološko sprejemljivih pretokov s srednjim pretokom.....	38
Preglednica 12:	Cena zagotovljenega odkupa električne energije za 2015.....	39
Preglednica 13:	Stroški in koristi varianta 1 (brez subvencije).....	40
Preglednica 14:	Stroški in koristi varianta 1 (s subvencijo).....	40
Preglednica 15:	Stroški in koristi varianta 2 (brez subvencije).....	41
Preglednica 16:	Stroški in koristi varianta 2 (s subvencijo).....	42

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1:	Moodyjev diagram za odčitek koeficienta trenja λ	13
Grafikon 2:	Izkoristek vodnih turbin glede na pretok	17
Grafikon 3:	Krivulja trajanja 1957-1965	21
Grafikon 4:	Prikaz pretokov tekom leta	23
Grafikon 5:	Povezanost med letno količino padavin in povprečnim letnim pretokom.....	26
Grafikon 6:	Merjeni in izračunani pretoki iz padavin	26
Grafikon 7:	Povprečni letni pretoki za obdobje 1961-2013	27
Grafikon 8:	Prikaz instalirane moči in letne proizvodnje za varianto 1	36
Grafikon 9:	Prikaz instalirane moči in letne proizvodnje za varianto 2.....	38
Grafikon 10:	Prikaz stroškov investicije in dobička od prodaje za varianto 1 s subvencijo	41
Grafikon 11:	Prikaz stroškov investicije in dobička od prodaje za varianto 2 s subvencijo	42

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz širšega območja	2
Slika 2:	Vodotok Možnica z oštevilčenimi naravnimi znamenitostmi	2
Slika 3:	Struga Možnice nad stalnim izvirov	3
Slika 4:	Stalni izvir Možnice, voda bruha iz razpok v apnenih blokih	3
Slika 5:	Soteska Možnice v srednjem toku	4
Slika 6:	Slap potoka Možnica in naraven most	4
Slika 7:	Možnica na odseku tik pred izlivom v Koritnico	5
Slika 8:	Varstvena območja v TNP	6
Slika 9:	Lokacija Možnice v TNP	7
Slika 10:	Določitev turbine glede na pretok in višino	14
Slika 11:	Peltonova turbina	15
Slika 12:	Kaplanova turbina	15
Slika 13:	Francisova turbina	16
Slika 14:	Prispevno območje za mHE Možnica	22
Slika 15:	Prikaz povodja z vodomernimi postajami	24
Slika 16:	Prikaz variante zajetja za vodovod in mHE Možnica	30
Slika 17:	Karakteristični prerez vkopanega cevovoda	31
Slika 18:	Dimenzije tlačnega cevovoda (v metrih)	31
Slika 19:	Lokacija tlačnega cevovoda	32
Slika 20:	Prečni prerez korita iztoka	32
Slika 21:	Trasa cevovoda za pitno vodo od strojnice do vodohrana Bovec	33
Slika 22:	Lokacija vodohrana Bovec	34

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

mHE	Mala hidroelektrarna
TNP	Triglavski narodni park
VP	Vodomerna postaja
ZON	Zakon o ohranjanju narave
ZTNP-1	Zakon o Triglavskem narodnem parku
ZV-1	Zakon o vodah

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Slovenija je vodnata dežela z velikim vodnim potencialom, ki pa ni dovolj izkoriščen. Največji delež električne energije proizvedene v Sloveniji leta 2011 je bilo proizvedene v jedrski elektrarni (38,7%) in termoelektrarnah (33,1%). Preostanek predstavljajo hidroelektrarne in proizvodnja iz drugih obnovljivih virov, med katere prištevamo tudi male hidroelektrarne (Statistični urad RS, 2012). Dandanes posvečamo pozornost predvsem tako imenovani zeleni energiji. Eden od prednostnih načinov izrabe obnovljivih virov so prav male hidroelektrarne. V primerjavi z velikimi elektrarnami imajo, ob doslednem upoštevanju naravovarstvenih zahtev, veliko manjši vpliv na okolje kot pa večje hidroelektrarne.

V diplomski nalogi bom preučil možnost izkoriščanja vodnega vira potoka Možnica. Analiziral bom, ali je kvaliteta vode v potoku Možnica ustrezna za zagotavljanje pitne in požarne vode za naselji Bovec in Čezsoča in hkrati ali količina omogoča izrabo vode za proizvodnjo električne energije.

Občina Bovec leži na enem od najbolj vodnatih območij v Sloveniji. Glede na vodno bogastvo, ki je na razpolago, se mi zdi primerno, da se območje čim bolj izkoristi za proizvodnjo električne energije, kjer je to tehnično mogoče z maksimalnim upoštevanjem naravovarstvenih načel. Ob ideji gradnje nove male hidroelektrarne na potoku Možnica pa naletim na težavo, saj se večji del občine Bovec, vključno s potokom Možnica, nahaja v Naturi 2000 ter Triglavskem narodnem parku. Pri umeščanju objektov v okolje in prostor se posledično srečamo z ostrejšimi zahtevami, predpisanimi s področno zakonodajo, ki omejujejo posege v prostor na način, da predstavljajo minimalni vpliv v naravnem okolju.

2 OPIS LOKACIJE

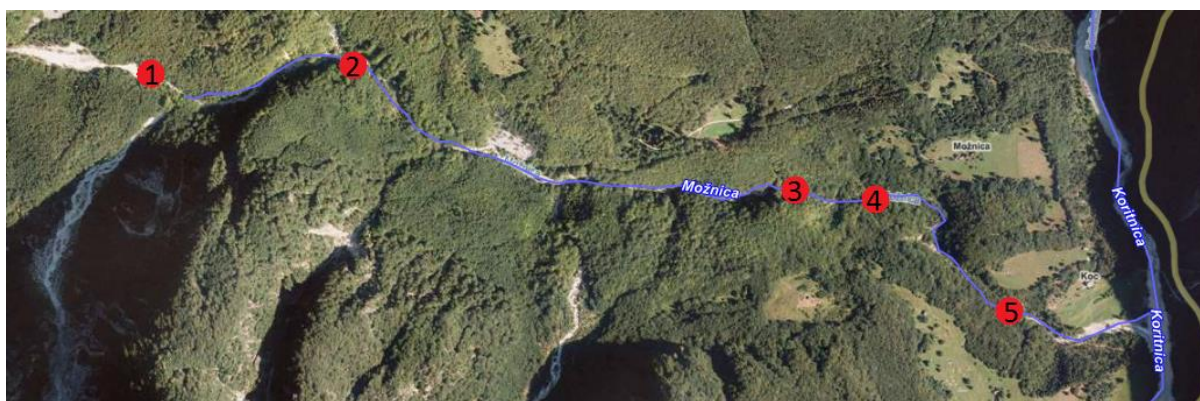
2.1 Opis lokacije



Slika 1: Prikaz širšega območja

(Vir: PISO)

Na zgornji sliki 1 vidimo, da se potok Možnica nahaja med naseljema Bovec in Log pod Mangartom. Možnica je desni pritok reke Koritnice. Razvodnica poteka prek vrhov: vrh Ribežnov, Prišna glava, Malo Ušje, Veliko Ušje, Rambon, Mala Jerebica, Jerebica, Gorenji Krivi rob, Srednji Vogel, Bahavica, Mali Rukavec, Vrh Laških brežičev.



Slika 2: Vodotok Možnica z oštevilčenimi naravnimi znamenitostmi

(Vir: PISO)

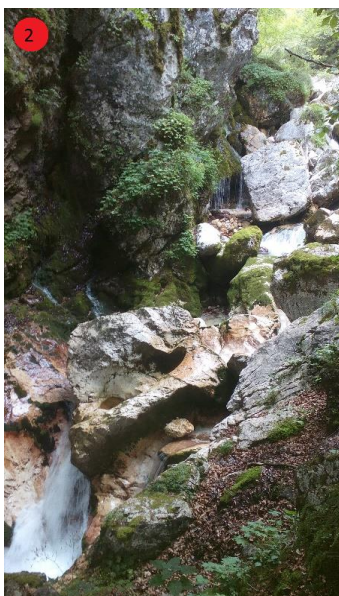
Številke na zgornji sliki 2 označujejo lokacije fotografiranja sledečih slik.

Do potoka Možnica lahko dostopamo po gozdni poti, ki je varovana z rampo in tako je omogočen dostop z vozili le lastnikom parcel. Možnica ima pet stalnih izvirov na nadmorski višini približno 750 metrov, vendar velik del vode priteče tudi iz višjih leg. Struga višje nad stalnim izvirom je večji del leta suha.



Slika 3: Struga Možnice nad stalnim izvirom

Na mestu stalnega izvira je lepo vidno kako voda prihaja na površje med razpokami v skalah. Voda je izjemno hladna in popolnoma bistra. Na tej lokaciji je tudi predvidena postavitvev zajetja.

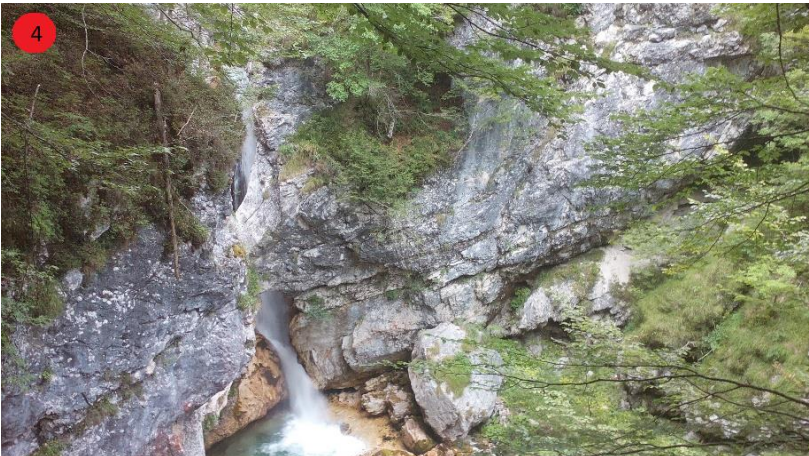


Slika 4: Stalni izvir Možnice, voda bruha iz razpok v apnenih blokih

V srednjem toku teče Možnica skozi globoko in ozko sotesko, ki jo je vrezala v osnovno kameninsko podlago. Struga je izjemno dinamična, z brzicami in prelivanjem preko kaskad, kar kaže na veliko erozijsko moč vodotoka. Voda je v tem odseku na pogled bistra in zelo hladna, kar predstavlja idealne razmere za izrabo vode za vodo oskrbo.



Slika 5: Soteska Možnice v srednjem toku



Slika 6: Slap potoka Možnica in naraven most

Možnica se v spodnjem toku precej umiri, saj struga nima več tako velikega padca.

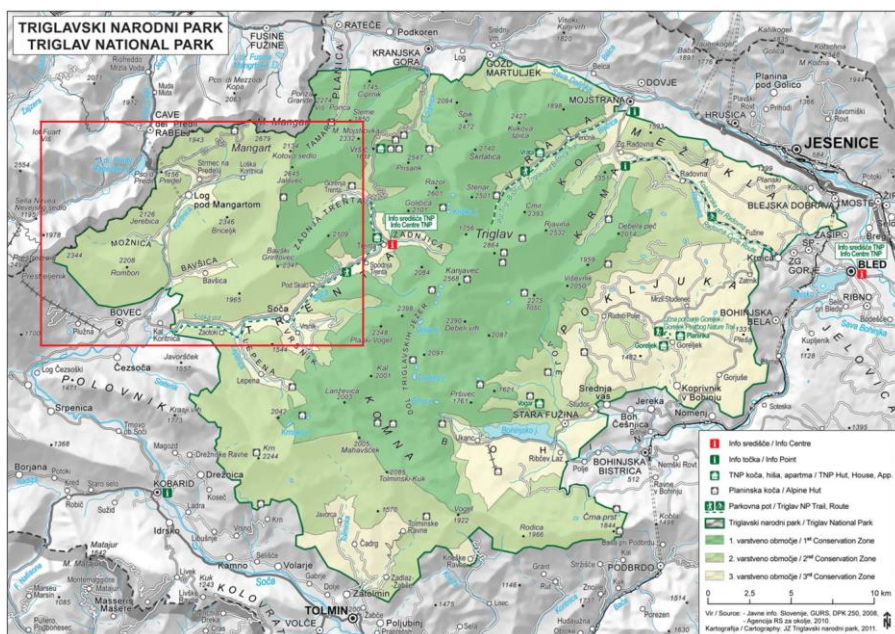


Slika 7: Možnica na odseku tik pred izlivom v Koritnico

2.2 Varovana območja

Potok Možnica se nahaja na območju Triglavskega narodnega parka (v nadaljevanju TNP), kjer si prizadevajo varovati naravo, ohraniti izjemne in edinstvene avtohtone žive organizme, ohranjati neživo naravo in ekosisteme ter kulturne krajine. Na območju TNP skrbijo za ustrezen trajnostni razvoj v parku na področju kmetijstva, gozdarstva in turizma. Vse aktivnosti znotraj območja so omejene z raznoraznimi prepovedmi oz. pravili, ki varujejo TNP (Triglavski narodni park, 2015a).

Varstvo narave se na območju TNP zagotavlja s pomočjo Zakona o Triglavskem narodnem parku (ZTNP-1 v nadaljevanju) in drugimi. V šestem členu ZTNP-1 je narodni park razdeljen na tri varstvena območja, katera se razlikujejo po pomembnosti varovanja okolja in dopuščanju posegov v okolje. Prvo varstveno območje je namenjeno predvsem ohranjanju naravnih značilnosti okolja, ekosistemov in varovanju živih bitij. Posegi v to območje niso dovoljeni. Drugo varstveno območje dopušča tradicionalno kmetijstvo in gozdarstvo ter lov divjadi in rib. V tem območju poskušajo preprečiti prihod novih dejavnosti z obremenjujočimi vplivi na okolje. Prav tako si prizadevajo za ohranitev prvotnega stanja območja (kakor v prvem varstvenem območju). Tretje, najmanj strogo varovano, varstveno območje je namenjeno varovanju in ohranjanju naravnih raznovrstnosti v naravi, vendar je poudarjena trajnostna rast (v okvirih ciljev narodnega parka).



Slika 8: Varstvena območja v TNP

(Vir: http://www.tnp.si/images/uploads/zemljevid_big2.jpg, ogledano 13. 9. 2015)



Slika 9: Lokacija Moznice v TNP

(Vir: <http://www.tnp.si/images/uploads/gobe.pdf>, ogledano 12. 8. 2015)

Temno zelena barva na zgornji sliki 8 in 9 predstavlja prvo varstveno območje, svetlo zelena drugo in rumena tretje varstveno območje. Kot lahko vidimo, teče potok Moznica po drugem varstvenem območju, v spodnjem delu (kjer bi se nahajala strojnica) pa po tretjem varstvenem območju. To pomeni, da bi lahko na potok Moznica posegli z izgradnjo nove mHE le tako, da bi vodo sočasno izrabljali za pitje. ZTNP-1 v trinajstem in dvaindvajsetem členu namreč prepoveduje izvajanje ukrepov in gradnje, ki bi spreminjali vodni režim, vendar omenja izjemo, ko so posegi v okolje dovoljeni za zagotavljanje pitne vode.

Pred začetkom gradnje objekta je v Triglavskem narodnem parku potrebno pridobiti gradbeno, naravovarstveno, kulturno-varstveno, vodno soglasje in dovoljenje za poseg v naravo. Soglasja pridobimo, če Upravna enota, Ministrstvo za okolje in prostor, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Zavod RS za varstvo narave skupaj z Javnim zavodom TNP presodijo upravičenost posega v okolje (Triglavski narodni park, 2015b). Naravno vrednoto – vodo lahko izrabljamo, če smo pridobili koncesijo s strani države (ZV-1, 2002).

Možnica leži v posebnem varstvenem območju – Naturi 2000. Zakon o ohranjanju narave (ZON) v triintridesetem členu definira območje Natura 2000 kot: »ekološko pomembno območje, ki je na ozemlju EU pomembno za ohranitev ali doseganje ugodnega stanja ptic [...] in drugih živalskih ter rastlinskih vrst, njihovih habitatov in habitatnih tipov [...].« Potok Možnica leži v habitatnem tipu Julijci, kjer je ogroženih kar nekaj vrst ptičev, katerih obstoj ne bi bil ogrožen z izgradnjo nove mHE. Ta habitatni tip se razteza po Triglavskem narodnem parku in se razširi na severu Mežaklje v dolino Save Bohinjke (Natura 2000, 2015).

3 SPLOŠNO O MALIH HIDROELEKTRARNAH

3.1 Obnovljivi viri energije

Temeljni viri energije, ki temeljijo na nafti, premogu in zemeljskem plinu so se dokazali kot učinkoviti viri ekonomske rasti, vendar hkrati dolgoročno škodujejo okolju in ljudem (Renweable energy sources, 2001). Dobava neobnovljivih virov je nestabilna zaradi monopola nekaterih držav nad izvozom virov energije v druge države. Nihanje dobave energentov povzroči tudi nihanje v njihovi ceni. Dolgoročno se bo cena neobnovljivih virov še povečevala, saj bomo sčasoma izrabili te vire energije. Največja težava izrabe neobnovljivih virov pa je onesnaževanje ozračja s toplogrednimi plini in ostalimi toksičnimi snovmi, ki nastajajo pri izgorevanju.

Alternativa neobnovljivim virom so obnovljivi viri, kot so: voda, veter, sonce, biomasa, plimovanje in geotermalni viri. Dobre lastnosti obnovljivih virov energije so: prihranek emisij CO₂, se obnovljajo, predstavljajo čisto energijo, imajo majhen vpliv na okolje in so ekonomsko ugodnejši. Obnovljivi viri so naravno prisotni in z njihovo izrabo povečujemo energetske samozadostnost. Zavedati se moramo, da imajo tudi obnovljivi viri pomanjkljivosti. Z izgradnjo hidroelektrarn zajezimo vodotoke in s tem posežemo na pretočnost, kar spremeni bivalno okolje rastlin ter živali. Če primerjamo dobre in slabe lastnosti obnovljivih virov, najdemo več pozitivnih (Renweable energy sources, 2001).

Med prej naštetimi obnovljivimi viri je izkoriščanje vodne energije za proizvodnjo električne energije najbolj pogosto, saj hidroelektrarne s pomočjo modernih vodnih turbin pretvorijo kar 90% vodne energije v mehansko. Za primerjavo imajo najsodobnejše termoelektrarne le 50% izkoristek (Renweable energy sources, 2001).

3.2 Hidroelektrarna

Hidroelektrarna je objekt, ki izkorišča energijo vode in jo s pomočjo turbin pretvori v mehansko energijo, katera se na generatorju pretvori v električno energijo. Moč vode je odvisna od višinske razlike, pretoka, izkoristka v turbini in generatorja. Upoštevati moramo tudi linijske izgube, ki nastanejo zaradi trenja med stenami cevovoda in tekočino ter lokalne izgube, ki nastanejo na kolenu, vtoku, iztoku, v rešetkah in v ventilu.

Velikost hidroelektrarne določamo z močjo njenih agregatov. V različnih deželah različno pojmujejo male hidroelektrarne. Kjer imajo dosti velikih hidroelektrarn, hitro dodelijo pridevnik 'mala'

hidroelektrarna elektrarnam, katerim bi v nekaterih deželah (z manjšimi hidroelektrarnami) rekli 'velika' hidroelektrarna.

Herzog, Lipman in Kammen definirajo majhno hidroelektrarno moči manjše kot 10MW, mini hidroelektrarno do moči 2MW in mikro hidroelektrarno do moči 100kW (Renweable energy sources, 2001). Šolc (1981) prišteva med male hidroelektrarne take proizvodne enote z močjo manjšo od 5 MW. Za označbo male hidroelektrarne se zadnje čase uveljavlja splošno priznana meja 10MW (Pušnik, Mikoš, Smolar, 2010).

Zakon o vodah (ZV-1) v stopetindvajsetem členu predpisuje: »Vodno dovoljenje je treba pridobiti za neposredno rabo vode za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni z instalirano močjo, manjšo od 10 MW«. Ta člen se nanaša na izgradnjo mHE Možnica. Dovoljenje je treba pridobiti pred pridobitvijo dovoljenja za poseg v prostor, skladno s predpisi s področja urejanja prostora in graditve objektov (ZV-1, 125. člen, 5. odstavek).

Hidroelektrarne ločimo tudi glede na bruto padec. Poznamo nizko tlačne (padec manjši od 15m), srednje tlačne (padec med 15m in 50m) in visoko tlačne hidroelektrarne (padec je večji od 50m) (predavanje IH hidroelektrarne, 2014).

Za malo hidroelektrarno je značilno, da je zgrajena na strugi potoka in nima akumulacijskega jezera ter je navadno pretočnega tipa. Ustrezen hidravlični padec je ustvarjen z derivacijo. Tok vode je treba do turbine speljati po kanalu ali cevovodu. Na podlagi tega delimo male hidroelektrarne na male hidroelektrarne z odprtim dovodom (kanalski tip), zaprtim dovodom (rovovski tip) in delno odprtim dovodom (kombinirani kanalski-rovovski tip). Na določitev vrste dovoda vpliva več dejavnikov, in sicer, instalirani pretok, padec ter konfiguracija terena. V primeru, ko vsi dejavniki dopuščajo izbiro več kot enega dovoda, o izbiri odloča ekonomika. Ta delitev je izredno pomembna za zasnovano male hidroelektrarne, saj je od vrste dovoda odvisna oprema in turbina v hidroelektrarni (Šolc, 1983).

3.3 Objekti hidroelektrarne

Za pridobivanje električne energije moramo vodo speljati skozi tri glavne postaje. Vodo moramo najprej zajeti na zajetju, nato jo prek grobih in drobnih rešetk ter zapornic ali cevni zapiral speljemo v cevovod. Po cevovodu priteče voda do strojnice, kjer se vodna moč preko vodne turbine in generatorja pretvori v električno energijo. Na koncu vodo izpustimo nazaj v rečno strugo. Pri tem moramo paziti, da pretok ni preveč turbulenten in nima erozijske moči, da bi izpodkopal temelje strojnice.

3.3.1 Zajem vode

Količina vode čez leto niha, kar vpliva na količino proizvedene električne energije. Potreba po električni energiji ni nujno povezana z razpoložljivim pretokom vode. Problem rešimo s pregraditvijo vodotoka z jezovno zgradbo za katero nastane akumulacijski bazen. Običajno z vodo iz bazena pokrivamo dnevno porabo, v primeru večjih zaježitev lahko tudi porabo v daljših časovnih obdobjih. Male hidroelektrarne so najpogostejše pretočnega tipa, kar pomeni, da izkoriščajo trenutni pretok. V kolikor je pretok večji od potrebnega, se višek preliva čez jezovno zgradbo.

Jez je zajezni objekt, ki je nižji od 10m, merjen od temelja jezua do krone. Razlikujemo fiksne in pomične jezove. Fiksni jezovi so grajeni iz masivnega betona, lesa ali z nasutim materialom. Z zapornicami niso opremljeni, posledično z njimi ne moremo uravnati pretoka in vzdrževati stalne gladine. Gladina vode je odvisna od pretoka. Namen pomičnih jezov je uravnavanje višine vode, transport sedimentov in skrb za poplavno varnost. Pomični jezovi so sestavljeni iz praga in gibljivega dela (zapornic) (predavanje IH hidroelektrarne, 2014).

Vodo lahko zajamemo tudi s tirolskim zajetjem, s katerim najmanj posežemo v okolje. Tirolsko zajetje, imenovano tudi talno zajetje, je vkopano v strugo vodotoka in omogoča transport plavin iz zaledja. Zajetje je sestavljeno iz vkopanega korita za zajem vode, ki je pokrito z rešetkami, te preprečujejo vstop plavinam in sedimentom (Steinman, Banovec, 2004).

V našem primeru takšen tip zajetja predstavlja težavo pri zagotavljanju konstantne kvalitete vode za pitje, saj je tirolsko zajetje odkrito in lahko pride do onesnaženja vode iz zaledja.

3.3.2 Transport vode – cevovod

Določitev premera cevovoda zelo vpliva na izgube v cevovodu in na njegovo ceno. Če izberemo cevovod z manjšim premerom, se pri istem pretoku v cevovodu hitrost poveča. Posledično imamo zaradi večje hitrosti tudi večje izgube. V primeru, da izberemo večji premer, potrebujemo za izdelavo cevovoda več materiala, kar predstavlja višjo ceno cevovoda. Najoptimalnejše razmerje med izgubo energije in ceno cevovoda predstavlja gospodarski premer cevovoda. Ta je odvisen od cene materiala in cene energije (Šolc, 1981).

Za določitev premera cevovoda uporabimo enačbo 1 (Šolc, 1981: 55).

Enačba 1: Določitev premera cevovoda

$$D = 0,653 \times Q^{0,429}$$

D ... gospodarski premer cevovoda [m],

Q ... instaliran pretok [m³]

Izgube v cevovodu nastajajo kot lokalne ali linijske. Vzrok lokalnih izgub so rešetke, ventili, kolena, ... Vzrok linijskih izgub pa je trenje med cevovodom in tekočino. V primeru dolgih cevovodov lahko lokalne izgube zanemarimo, če le-te nimajo prevelikega vpliva.

Enačba 2: Darcyeva enačba za računanje linijski izgub (Panjan, 2002)

$$h_{lin} = \lambda * \frac{l * v^2}{d * 2g}$$

Enačba 3: Darcyeva enačba za računanje lokalnih izgub (Panjan, 2002)

$$h_{lok} = \sum \zeta * \frac{v^2}{2g}$$

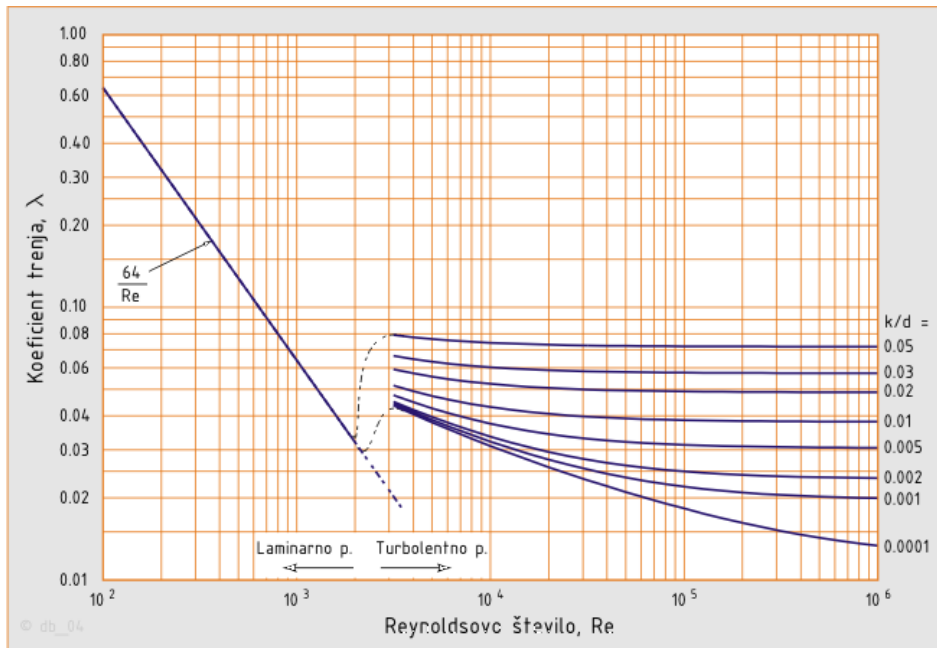
λ ... koeficient trenja,

ζ ... koeficient lokalnih izgub,

l ... dolžina cevi [m],

d ... premer cevi [m],

v ... pretočna hitrost [m/s]

Grafikon 1: Moodyjev diagram za odčitek koeficienta trenja λ

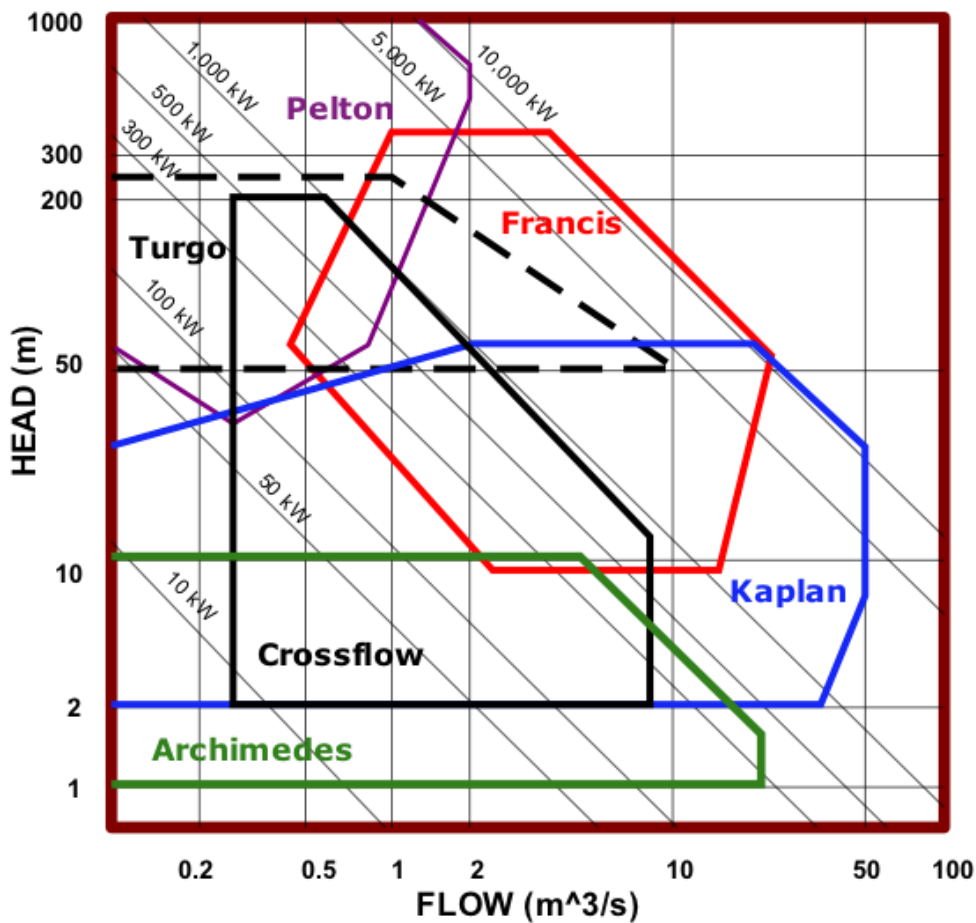
(Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Darcy-Weisbachova_ena%C4%8Dba, pridobljeno 25. 7. 2015)

Koeficient trenja λ je v laminarnem območju toka linearno odvisen od Reynoldsovega števila Re . V turbulentnem toku ($Re > 2300$) koeficient odčitamo iz grafikona 1. Darcyjeva enačba velja za zaprte cevovode pod tlakom okroglega prereza.

3.3.3 Strojnica

Glavna oprema v strojnici sta vodna turbina in generator. Turbina je mehanska naprava, ki spreminja moč vode v mehanično moč. Preko osi poganja generator, ta pa spreminja mehansko energijo vrtenja v električno energijo (Šolc, 1983).

Pred izumitvijo vodnih turbin so civilizacije izkoriščale vodno moč z vodnimi kolesi, ki so imela precej slabši izkoristek kot sedaj poznane vodne turbine. Poznamo več vrst vodnih turbin, katera so poimenovana po njihovih izumiteljih. Izbira primerne turbine je odvisna od padca in pretoka vode kot je prikazano na spodnji sliki 10.



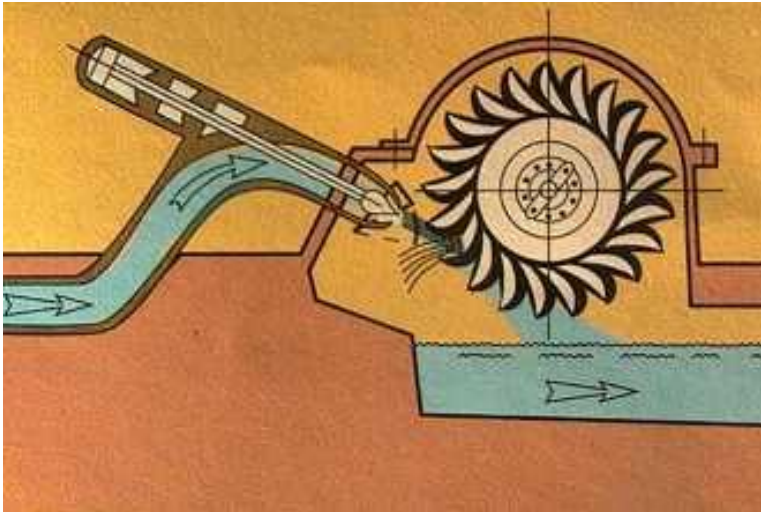
Slika 10: Določitev turbine glede na pretok in višino

(Vir: <http://www.3helixpower.com/hydropower/types-of-turbines/attachment/turbine-operating-regions-3/>, ogledano 6. 8. 2015)

Slika 10 prikazuje območja uporabe posamezne turbine. Na abscisi imamo podan pretok v kubičnih metrih na sekundo, na ordinatni osi imamo padec vode. Poševne črte predstavljajo ocenjeno moč posameznega primera. Opazimo, da v določenih območjih pride v poštev več različnih turbin.

3.3.4 Najpogosteje uporabljene turbine

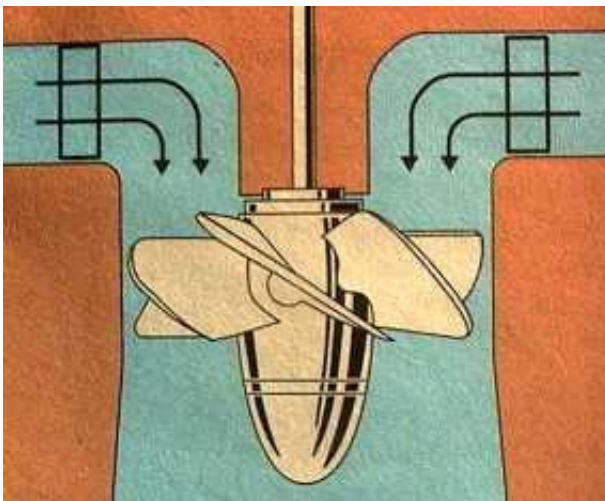
Peltonova turbina je primerna za velike padce in pretežno majhne pretoke. Voda v območju turbine preide iz tlačnega cevovoda na šobe kjer se potencialna energija vode pretvori v kinetično. Curek vode je usmerjen na gonilnik kot je prikazano na sliki 11. Gonilnik ima na obodu posebne dvojne lopatice, ki lovijo vodo. Pretok in moč turbine se lahko uravnava s pomikom igle v šobi. Tako ostaja hitrost vode in obodna hitrost gonilnika konstantna.



Slika 11: Peltonova turbina

(Vir:http://www2.arnes.si/~kkovac6/MATERIALI/ro.zrsss.si/_puncer/elektrika/slike/t_pelt_s.jpg,
ogledano 3. 8. 2015)

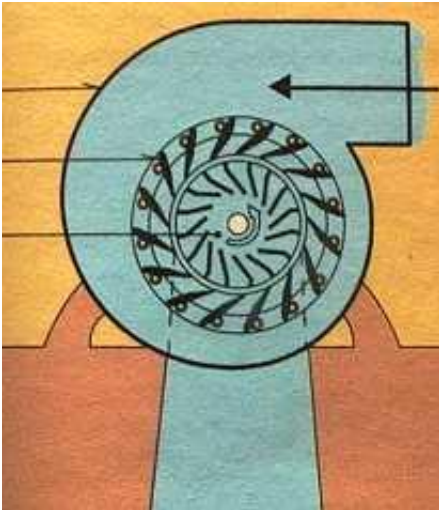
Kaplanova turbina je primerna za velike pretoke ter nizke padce. Sestavljena je iz venca vodilnih lopatic in venca gonilnih lopatic. Oboje je mogoče med obratovanjem pripirati.



Slika 12: Kaplanova turbina

(Vir:http://www2.arnes.si/~kkovac6/MATERIALI/ro.zrsss.si/_puncer/elektrika/slike/t_kaplan_s.jpg,
ogledano 3. 8. 2015)

Francisova turbina je primerna za srednje močne pretoke in srednje velike padce, kot je razvidno na sliki 10. Turbina ima enako kot Kaplanova zunanji venec vodilnih lopatic, ki jih med obratovanjem lahko prilagajamo. Venec gonilnih lopatic pa je toga vpet na gonilnik. Vodilne lopaticice skrbijo, da je tok vode enakomerno razporejen po celotnemu obodu.



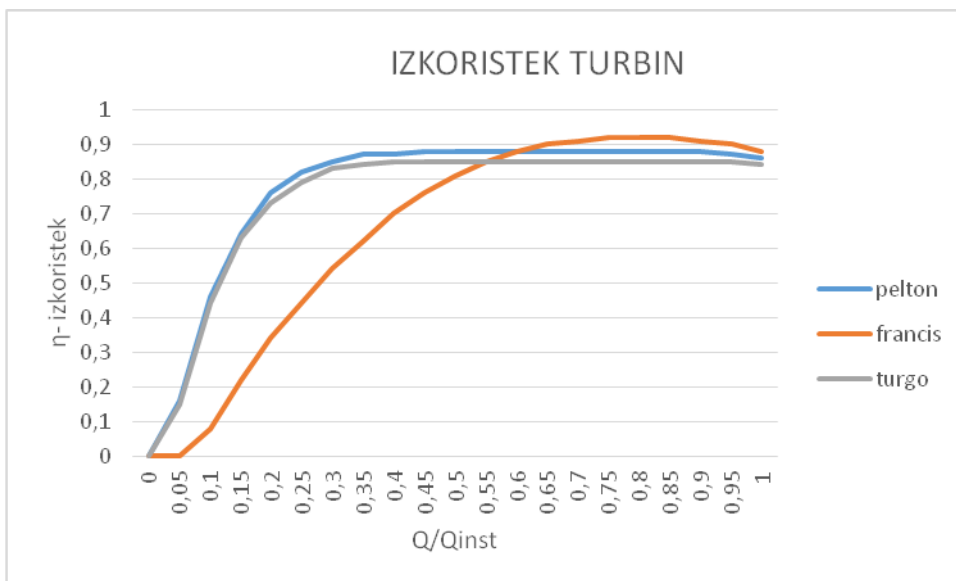
Slika 13: Francisova turbina

(Vir: http://www2.arnes.si/~kkovac6/MATERIALI/ro.zrsss.si/puncer/elektrika/slike/t-fran_s.jpg,
ogledano 3. 8. 2015)

Moč vodne turbine je odvisna od masnega pretoka vode in razpoložljive višinske razlike. Pretok je določen s povprečno količino pretoka vode v strugi. Višinska razlika pa je določena z reliefom. Koristni padeč predstavlja višinsko razliko med gladino v zbirnem jezeru in gladino vode na izpustu, zmanjšano zaradi izgub.

Kot v vsaki mehanski napravi tudi v vodnih turbinah nastajajo izgube. Izgube nastajajo zaradi hrapavosti sten turbin, nekaj vode uide skozi špranje med gonilnikom in mirujočimi deli turbine, nekaj izgub pa nastane zaradi trenja v ležajih. Izkoristek vodnih turbin označujemo z grško črko η_t (eta), ta se nahaja med vrednostmi 0,75 in 0,85, kar pomeni, da turbina spremeni 75 do 85% vodne moči v mehansko moč (Šolc, 1983).

Izkoristek turbin pri polni obremenitvi je pri vseh turbinah skoraj enak in je najvišji pri vrednosti $\sim 75\%$ pretoka. Pri zmanjševanju ali povečevanju pretoka se izkoristek manjša, pri nekaterih turbinah počasneje in pri drugih hitreje (Šolc, 1983).



Grafikon 2: Izkoristek vodnih turbin glede na pretok

(Vir: Smart mini idro)

4 SPLOŠNO O PITNI VODI

4.1 Kriterij za kvaliteto pitne vode

Petnajsti člen Pravilnika o pitni vodi govori o tem, da mora upravljavec pred priključitvijo novega vodnega vira na sistem s pitno vodo najmanj eno leto spremljati skladnost vode iz vodnega vira. Upravljavec mora vsaj štirikrat letno opraviti vzorčenje in preizkus parametrov.

4.2 Zajem pitne vode

Voda, ki jo zajamemo na zajetju mora biti zavarovana tako, da ne pride do onesnaženja, saj se bo del vode uporabil za pitje. Klasične pregrade in pregrada tirolskega tipa zato ni primerna, saj lahko pride do namernega ali nenamernega onesnaževanja. Zajetje bi torej morali pokriti, da bi voda iz zaledja (višje ležečih mest) obšla pregrado in tako ne predstavljala grožnje za zdravje prebivalcev Bovca. Pregrada bi bila podobna zajetju na mHE Zadlaščica, saj tudi tam izrabljajo vodo za vodo-oskrbo in proizvodnjo energije. Voda prihaja v cevovod direktno iz izvira, kar predstavlja manjše tveganje za onesnaženje od običajnih zajetij.

4.3 Priprava vode

Voda je zelo dobro topilo. Že med potovanjem skozi zrak in po površju nase veže različne kemične spojine ter se tako onesnaži. Kontaminira se tudi zaradi erozije, najbolj nevarno je onesnaženje zaradi človeške dejavnosti (kmetijstvo, urbanizacija in industrija). Vsi ti dejavniki onesnažijo vodo do te mere, da ni več primerna za pitje. Če želimo takšno vodo uporabiti za pitje, jo moramo kemično in mehansko obdelati. Vodo najprej peljemo skozi usedalnik, kjer se delci z večjo gostoto od vode usedejo na dno. Poslužujemo se procesa flokulacije, kjer z dodajanjem kemikalij (koagulantov) dosežemo spoj majhnih delcev, katere tako lažje ulovimo v filtre ali se hitreje usedejo. Popravo pH vrednosti dosežemo z dodajanjem kislinskih ali bazičnih dodatkov in tako dosežemo še popravo trdote vode (dekarbonizacija). Voda ne sme imeti vonja in okusa, kar dosežemo s postopkom absorpcije, kjer vodo peljemo skozi ogljikove filtre. Potrebno jo je tudi razkužiti s kloriranjem ali ozoniranjem. Zaradi prevelike količine mangana ali železa moramo vodi dodajati ali odvzeti kisik, končno pa moramo vodo stabilizirati, s čimer preprečimo nastanek korozije (Panjan, 2002).

4.4 Obstoječe stanje

Na vodovodnem sistemu Bovec-Čezsoča je priključenih približno 1900 porabnikov. Nihanja števila prebivalcev na omrežju ni, vendar je možno povečanje števila uporabnikov na račun smučarskega centra Kanin. Trenutno število priključkov na vodovod je 740, od tega 160 za dejavnosti in 55 za javne institucije. Nihanje porabe vode čez dan je razvidno iz telemetrije. Poraba vode se poveča na dnevni ravni okrog 6. ure, 13. ure in zvečer med 21.-23. uro. Na letni ravni pa je poraba večja v poletnem času zaradi večje porabe za zalivanje, tuširanje,...

Preglednica 1: Zmogljivosti posameznih vodovodov

Vodovodni sistem	Ime vira	Potencial določen v vodni pravici (m ³)	Min. izdatnost (l/s)	Max. zmogljivost (m ³)	Prodane količine v 2014 (m ³)
Bovec-Čezsoča	Tomažejk zg.	126144	0,3	9461	152235
Bovec-Čezsoča	Tomažejk sp.	94608	0,3	9461	
Bovec-Čezsoča	Čezsoča 1	630720	20	630720	
Bovec-Čezsoča	Čezsoča 2	630720	20		
Vsota		1482192		649642	

izkoriščenost	23%
---------------	-----

(Vir: Komunala Tolmin)

Izgradnja novega vodnega zajetja bi pokrivala celotno potrebo za pitno in požarno vodo. Na obstoječem območju je poraba vode približno 5 litrov na sekundo. Maksimalna zmogljivost omrežja pa znaša skoraj 21 litrov na sekundo. Kljub stabilnemu številu prebivalcev moramo upoštevati, da se bo trend porabe pitne vode zviševal in moramo novo zajetje dimenzionirati z rezervo za porabo 10 l/s. Dnevna nihanja vode se bodo izravnala v vodohranu.

5 PODLOGE

5.1 Geološke podloge

Iz začetnih slik (Slika 3 – Slika 7) vodotoka Možnica vidimo, da je hribovje karbonatnega izvora, apnenec je prevladujoča kamnina. Po strugi potoka najdemo prod, ki ga voda s svojo močjo brusi. Na območju postavitve zajezitvenega objekta in objekta za strojnico bi morali izvesti dodatne geološke raziskave (z izdelavo sondažnih vrtin ali izkopov) ter tako določiti karakteristike materialov pod bodočimi objekti. Tako bi ugotovili, koliko je dejansko trdna podlaga za temeljenje objektov.

Na italijanski strani se nahaja Val Rio del Lago-jezerska dolina iz jezerske krede. Predvidevam, da del vode iz jezerske doline priteka skozi podzemlje v potok Možnica, saj so specifični odtoki iz vodotoka Možnica skoraj dvakrat večji od specifičnih odtokov iz vodotoka Koritnica, v katero se Možnica izliva.

5.2 Hidrologija

5.2.1 Hidrološki podatki

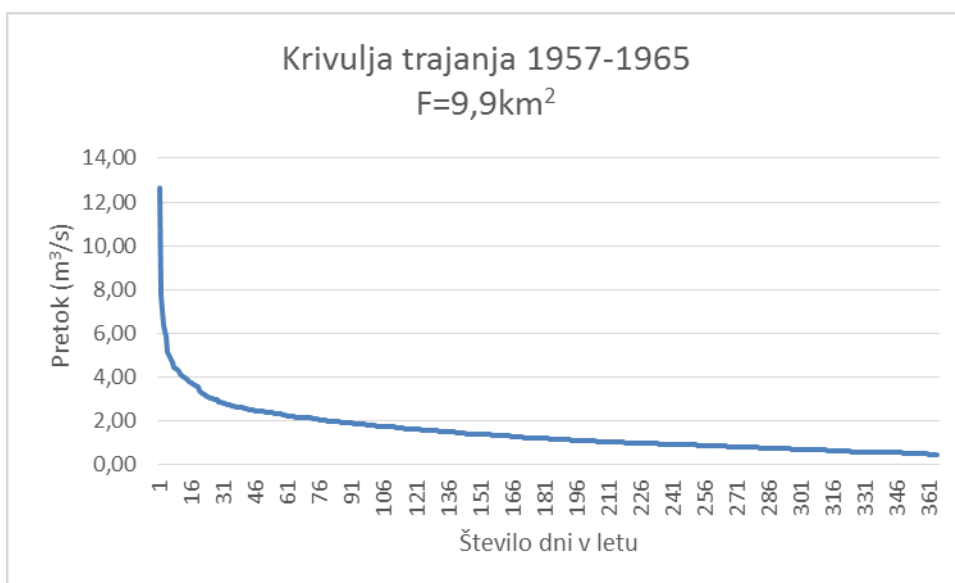
Potok Možnica je v preteklosti imel postavljeno hidrološko postajo, ki je obratovala od leta 1957 do septembra leta 1966. Pretoki so bili merjeni tik pred izlivom Možnice v Koritnico na območju velikem 9,9 km². Za določitev povprečnih padavin na območju sem izbral padavinsko postajo Log pod Mangartom, saj je ta najbližja postaja in ima razpoložljivih največ podatkov o padavinah (1961-2014). Izmerjene podatke lahko vidimo na spodnji preglednici 2.

Preglednica 2: Splošni podatki o pretokih na Možnici

Obdobje	Možnica (Log pod Mangartom)	
1957-66	Padavinsko območje F (km ²)	9,9
1957-66	Povprečni pretok sQs (m ³ /s)	1,54
1957-66	Srednji nizki pretok $sQnp$ (m ³ /s)	0,479
1957-66	Maksimalni pretok (m ³ /s)	45,7
1957-66	Minimalni pretok (m ³ /s)	0,08

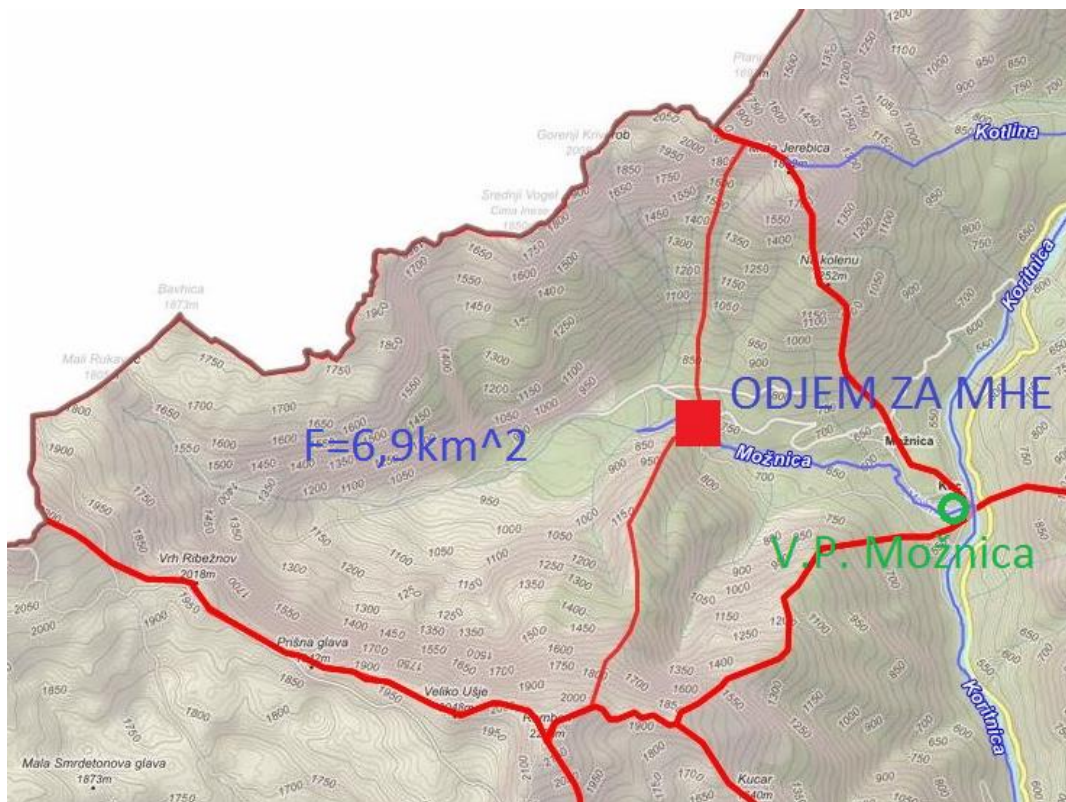
5.2.2 Krivulja trajanja

Na spodnjem grafikonu 3 je izrisana krivulja trajanja. Na ordinati imamo podane pretoke v m³/s, na abscisi pa je podano število dni v letu, ki dosežejo izbran pretok. Krivulja je bila izdelana tako, da so bili pretoki iz vsakega leta v obdobju 1957-1965 razporejeni po velikosti od največjega k najmanjšemu in za tem je bilo izračunano njihovo povprečje.



Grafikon 3: Krivulja trajanja 1957-1965

Količina vode na mestu zajema je predpostavljena tako, da je pretok vode na vodomerni postaji Možnica pomnožen s površino prispevnega območja za mHE (6,9km²) in deljen s prispevnim območjem merilne postaje (9,9km²). Na sliki 14 vidimo celotno prispevno območje potoka Možnica, velikosti 9,9km². Znotraj območja je označena lokacija zajema vode za mHE, prispevno območje velikosti 6,9km².

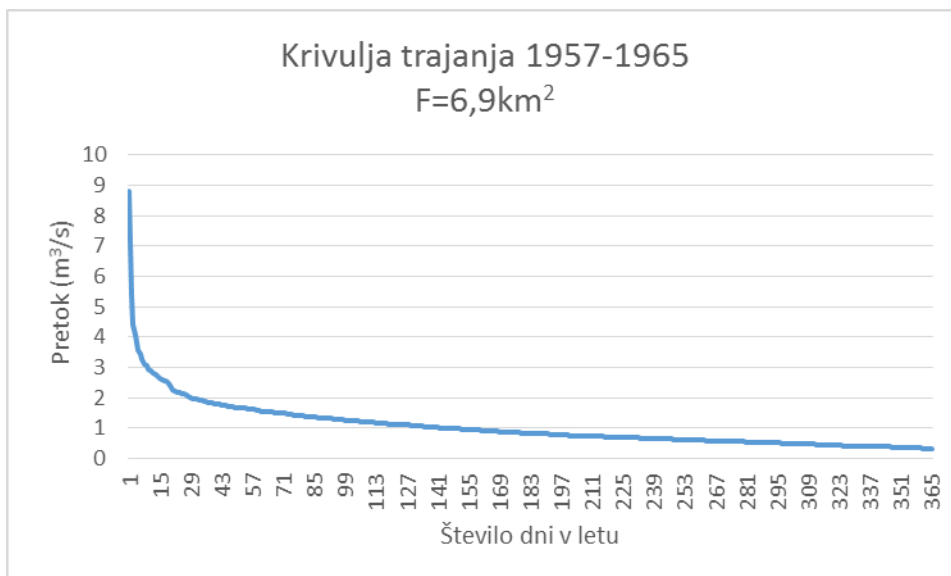


Slika 14: Prispevno območje za mHE Možnica

(Vir: PISO)

Preglednica 3: Osnovni podatki za izgradnjo mHE

Površina (km ²)	6,9
Zgornja kota (m) H_{zg}	755
Spodnja kota(m) H_{sp}	520
Bruto padeč (m) H_b	235
Q_i (m ³ /s)	1,0
Premer cevi (m)	0,7
Dolžina cevovoda (m)	1588



Grafikon 4: Prikaz pretokov tekom leta

5.2.3 Karakteristični pretoki

V spodnji preglednici 4 so prikazani povprečni pretoki sQ_s za posamezno hidrološko postajo v danem obdobju delovanja posamezne postaje. Srednji pretoki so podani v m³/s. Podani so tudi specifični odtoki iz območja, podani v (m³/s)/km². Iz preglednice je razvidno, da so specifični odtoki izračunani za vodomerno postajo na Možnici precej večji od specifičnih odtokov na Koritnici. To nam kaže, da v potok Možnica priteče voda iz večjega območja kot je podano z orografsko razvodnico. Delež vode prehaja iz jezerske doline v sosednji Italiji skozi kraško podzemlje.

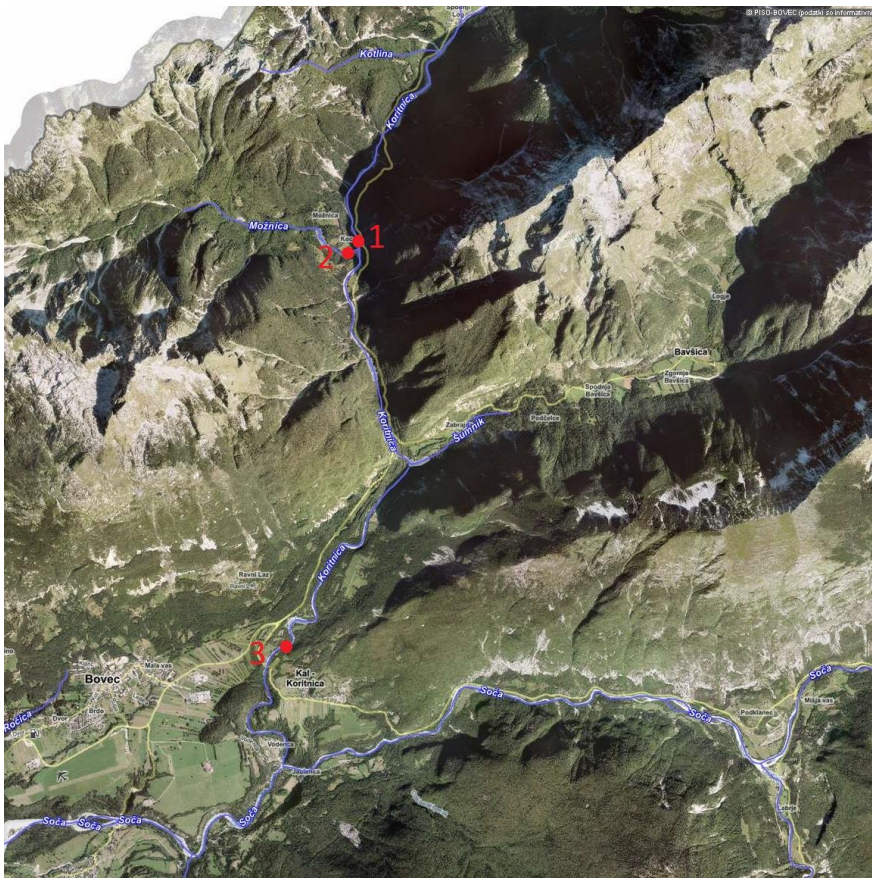
Preglednica 4: Srednji pretoki za potok Možnica in Koritnica

Ime postaje	F (km ²)	Obdobje	sQ_s (m ³ /s)	sqs (m ³ /s/km ²)
Možnica (VP ¹ Log pod Mangartom)	9,9	1958/jan.- 1966/avg.	1,54	0,154
Koritnica (VP Kal)	85	1954-2005	7,37	0,087
Koritnica (VP Kal1)	85	2007-2013	6,78	0,080
Koritnica (VP Log pod Mangartom)	40,6	1957-1973	3,62	0,089

Za lažjo predstavo sem dodal še karto s prikazom lokacij posameznih vodomernih postaj.

¹ VP pomeni vodomerna postaja

S številko 1 je označena vodomerna postaja Koritnica – Log pod Mangartom, številka 2 je lokacija vodomerne postaje Možnica – Log pod Mangartom, vodomerna postaja Koritnica Kal pa se nahaja pod številko 3. Lokacije vodomernih postaj sem dobil na spletni strani ARSO.



Slika 15: Prikaz povodja z vodomernimi postajami

(Vir: PISO)

5.2.4 Nizke vode

Za podane vodomerne postaje so bili določeni tudi minimalni pretoki. V spodnji preglednici 5 imamo podane srednje nizke pretoke sQ_{np} in najnižje pretoke nQ_{np} . Podani so tudi specifični odtoki za posamezen primer s črko q . Pretoki so podani v kubičnih metrih na sekundo (m^3/s), specifični odtoki pa v kubičnih metrih na sekundo na kvadratni kilometer ($m^3/s/km^2$).

Preglednica 5: Vrednosti najmanjših nizkih in srednjih nizkih pretokov

Ime vodomerne postaje	Obdobje	F (km ²)	nQ_{np}	nq_{np}	sQ_{np}	sq_{np}
Možnica Log pod Mangartom	1957-1966	9,9	0,08	0,008	0,479	0,048
Koritnica Kal	1954-2005	85,5	0,896	0,091	2,090	0,024
Koritnica Log pod Mangartom	1957-1961/1963-1973/2001-2013	40,6	0,770	0,078	1,045	0,026

5.2.5 Padavine

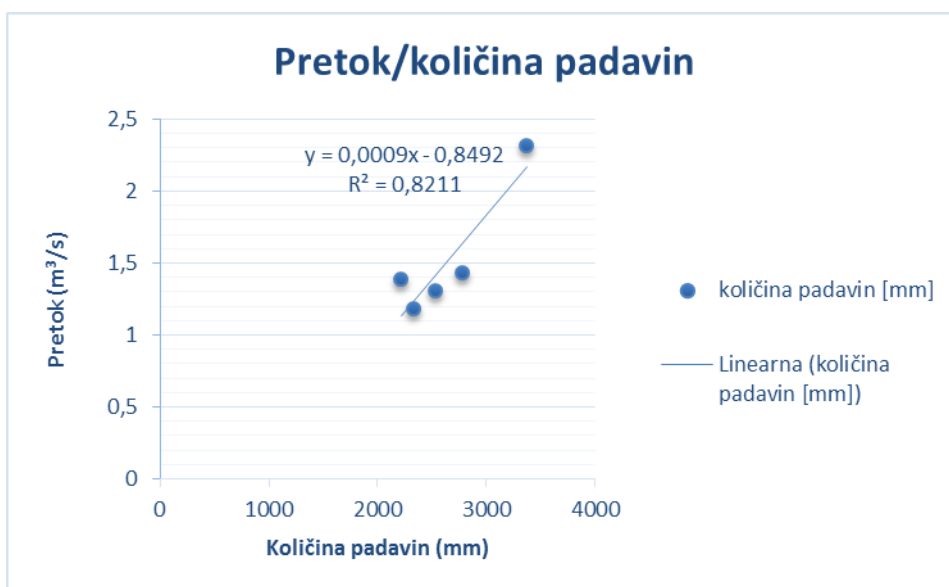
V spodnji preglednici 6 lahko vidimo, da je na Bovškem precej večja količina padavin kot je slovensko povprečje. Na tem območju je toliko padavin predvsem zaradi geografske lege in razgibanosti terena.

Preglednica 6: Podatki padavinskih postaj

Ime postaje	Nadmorska višina (m)	Št. let	H_{max} (mm)	$H_{povpr.}$ (mm)
Log pod Mangartom	650	55	3465,4	2328,1
Predel	1156	28	3020,8	2003,5
Trenta	622	38	3064,8	2112,7
Lepena	480	38	3758,5	2956,8
Plužna	360	55	4172,2	2813,5
Soča	487	33	3758,5	2422,4

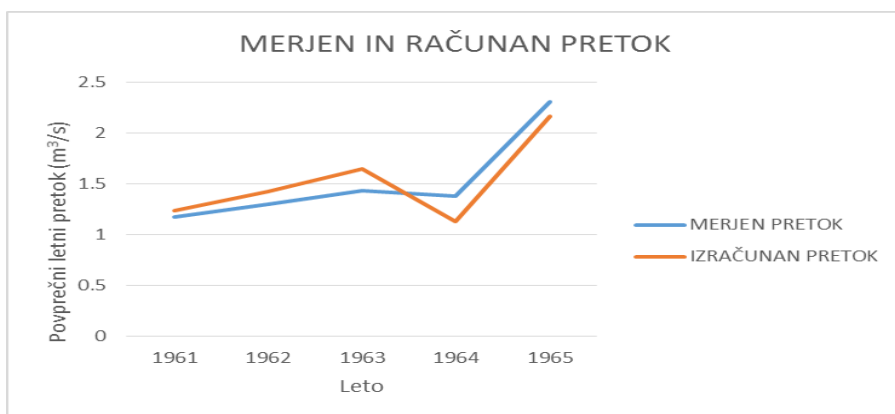
5.2.6 Povezava med padavinami in pretokom na Možnici

Kot je že bilo omenjeno, je na potoku Možnica delovala hidrološka postaja le kratek čas. S tako skopimi podatki je težko načrtovati hidroelektrarno, zato sem preveril ali je pretok na Možnici povezan s padavinami na najbližji padavinski postaji Log pod Mangartom. V programu Excell sem s pomočjo funkcije correl ugotovil, da gre za precej dobro povezanost med povprečnim letnim pretokom in letnimi padavinami.



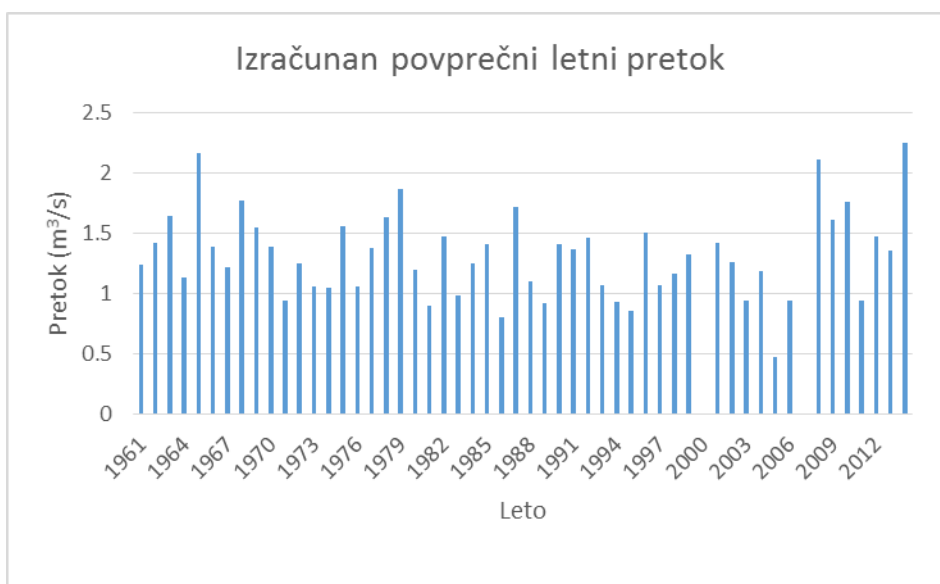
Grafikon 5: Povezanost med letno količino padavin in povprečnim letnim pretokom

Na zgornjem grafikonu 5 je prikazana odvisnost med danimi količinami. Povezavo med pretoki in padavinami sem določil z linearno enačbo $Q=0,0009 \cdot H_{\text{padavin}} - 0,8492$. Preveril sem ustreznost enačbe za obdobje delovanja hidrološke postaje. Na spodnjem grafikonu 6 je razvidno, da so pretoki precej dobro določeni.



Grafikon 6: Merjeni in izračunani pretoki iz padavin

Pri uporabi linearne enačbe se moramo zavedati, da je pri izračunih nekaj odstopanj, vendar je to najboljša metoda katero lahko uporabim v našem primeru. Na spodnjem grafikonu 7 je prikazan izračunan povprečni letni pretok za obdobje 1961-2014. Opazimo, da ni pretiranega upada oziroma naraščanja trenda padavin. Za leto 2000 in 2007 ni podatkov o letnih padavinah, zato tudi podatki o pretokih manjkajo.



Grafikon 7: Povprečni letni pretoki za obdobje 1961-2013

5.2.7 Ekološko sprejemljiv pretok

Ekološko sprejemljiv pretok predstavlja minimalno količino vode, ki mora ostati v strugi potoka za omogočanje življenja rastlin in živali v vodotoku.

Po Uradnemu listu RS je ekološko sprejemljiv pretok izračunamo po enačbi 4.

Enačba 4: Ekološko sprejemljiv pretok po Uredbi

$$Q_{es} = f * sQ_{np}$$

Faktor f je določen glede na to, ali je odvzem vode povraten ali nepovraten, glede vrste skupine ekološkega tipa in velikosti prispevnega območja. Srednji mali pretok na mestu odvzema je povprečje najnižjih letnih vrednosti srednjega dnevnega pretoka v daljšem opazovanem obdobju. Srednji mali pretok je izražen v kubičnih metrih na sekundo in se izračuna po enačbi 5 iz Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka.

Enačba 5: Srednji mali pretok

$$sQ_{np} = \frac{\sum Q_{Npi}}{N}$$

N predstavlja število let opazovanja. Pretok Q_{Npi} pa predstavlja najmanjši srednji dnevni pretok v i -tem letu. Število let opazovanja pretokov je običajno zadnjih 30 let.

V našem primeru gre za nepovraten odvzem vode v ekološki skupini tipa 2, na območju manjšem od 10km². Razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom je manjše od 20 zato, nam faktorja f ni treba pomnožiti z 1,6. Srednji nizki pretok dobimo tako, da seštejemo najnižje letne pretoke in delimo s številom let razpoložljivih podatkov. Ekološko sprejemljiv pretok moramo določiti za odvzem vode v vodnatem in sušnem obdobju. Faktor f za sušno obdobje znaša 1,5, za odvzem vode v vodnatem obdobju pa znaša 2,4. Na mestu predvidenega odvzema vode za malo hidroelektrarno nimamo podatka o srednjem pretoku, zato minimalni pretok določimo za mesto merilne postaje in tega pomnožimo s faktorjem deleža območja ter s tem dobimo vrednost srednjega malega pretoka za območje 6,9km², ki znaša 0,33m³/s.

Preglednica 7: Določitev ekološko sprejemljivega pretoka za območje na lokaciji zaježitve

Uredba $Q_{es} F = 6,9\text{km}^2$	
Faktor f sušni	1,60
Faktor f vodnat	2,40
Površina F (km ²)	6,90
sQ_{np} (m ³ /s)	0,33
Q_{es} suš (m ³ /s)	0,53
Q_{es} vod (m ³ /s)	0,80
sQ_s (m ³ /s)	1,08

V Uredbi o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka v osmem členu piše, da se ekološko sprejemljiv pretok ne glede na pridobljen rezultat lahko določi na podlagi študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka. Inštitut za vode RS preveri izvedeno študijo in poda končno strokovno mnenje.

Odločil sem se, da bom pri preračunu proizvodnje električne energije upošteval še ekološko sprejemljiv pretok določen z Mattheyesevo enačbo. Z njo sem izračunal precej manjši pretok od tistega podanega v Uredbi.

Enačba 6: Mattheyeseva enačba (Janic, 2004)

$$V_{\min} = V_{347} \frac{15}{\ln^2 V_{347}}$$

V_{\min} – ekološko sprejemljiv pretok (l/s)

V_{347} – pretok vode, ki ga doseže vodotok v 347 dneh v enem letu (l/s)

Preglednica 8: Določitev ekološko sprejemljivega pretoka po Mattheyesevi enačbi

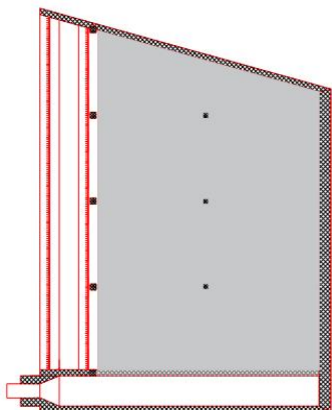
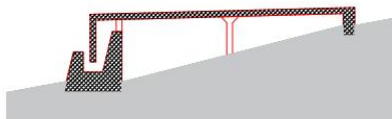
V_{347} (l/s)	391
V_{\min} (l/s)	165

Pretok vode v 347 dneh po podatkih znaša 391l/s. Po Mattheyesevi enačbi tako dobimo ekološko sprejemljiv pretok na mestu odvzema vode 146l/s.

6 GRADBENI OBJEKT

6.1 Jez

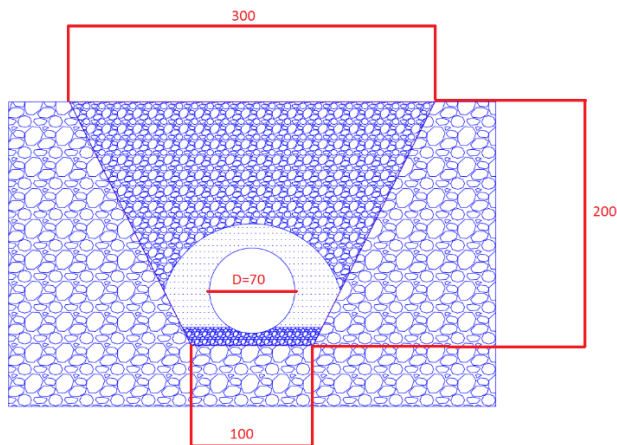
Lokacija postavitve zajetja za hidroelektrarno in pitno vodo se bi nahajala na višini 755 metrov nadmorske višine. Bruto padec pa bi znašal 235m. Vodno zajetje bi bilo pokrito z armirano betonsko ploščo in tako obvarovano pred zunanjimi vplivi (slika 16).



Slika 16: Prikaz variante zajetja za vodovod in mHE Možnica

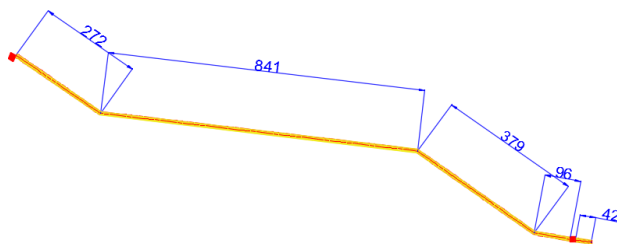
6.2 Tlačni cevovod

Cevovod premera 70cm bo vgrajen v tla globine vsaj 1m. Cev bo postavljena na posteljico visoko 10cm, nato bo cev zasuta z drobnim peskom tako, da bo cev prekrita 20 cm. Jamo do vrha zasujemo s prej izkopanim materialom.

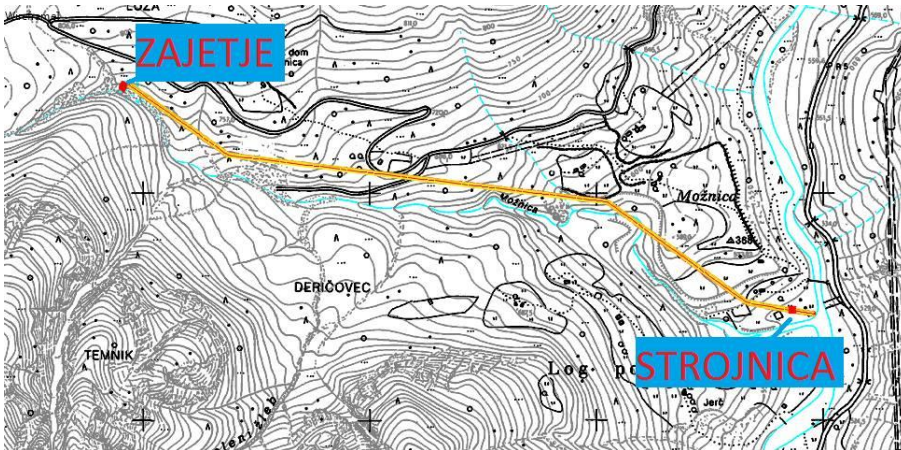


Slika 17: Karakteristični prerez vkopanega cevovoda

Na slikah 18 in 19 je prikazan potek tlačnega cevovoda od zajetja do strojnice. Cevovod poteka tako, da ima stalno padec, saj cevovoda ne smemo speljati višje od zajetja. Na sliki 18 so prikazane dimenzije cevovoda v metrih, na sliki 19 pa je prikazan cevovod na topografski karti.



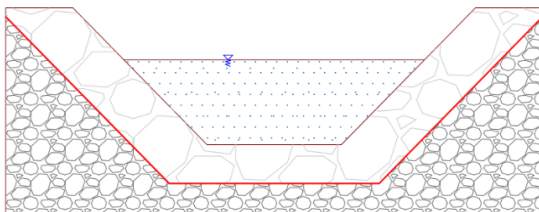
Slika 18: Dimenzije tlačnega cevovoda (v metrih)



Slika 19: Lokacija tlačnega cevovoda

6.3 Strojnica z izpustom

Strojnica se nahaja na levem bregu potoka Moznica tik pred izlivom v Koritnico. Kota strojnice je na 515 metrih nadmorske višine. Iztočni kanal strojnice bo speljan v reko Koritnico. V hidroelektrarni bi vgradili Peltonovo turbino z generatorjem ter pripadajočo opremo, ki omogoča optimalno izkoriščanje vodne energije pri velikih padcih in relativno majhnih pretokih. Za Peltonovo turbino sem se odločil s pomočjo slike 10, kjer je razvidno, da je za padec $\sim 200\text{m}$ in pretok $1\text{m}^3/\text{s}$ najbolj optimalna ta turbina. Izток iz stojnice omogoča odprt vodni kanal trapezne oblike s kamnito oblogo, ki preprečuje erozijo dna in brežin. Globina korita znaša 1m, širina spodnjega dela struge je 1m, zgornja širina struge je pa 3m. Voda v koritu bi segala, pri pretoku $1\text{m}^3/\text{s}$ in predvideni hitrosti $1\text{m}/\text{s}$, do višine 62cm.



Slika 20: Prečni prerez korita iztoka

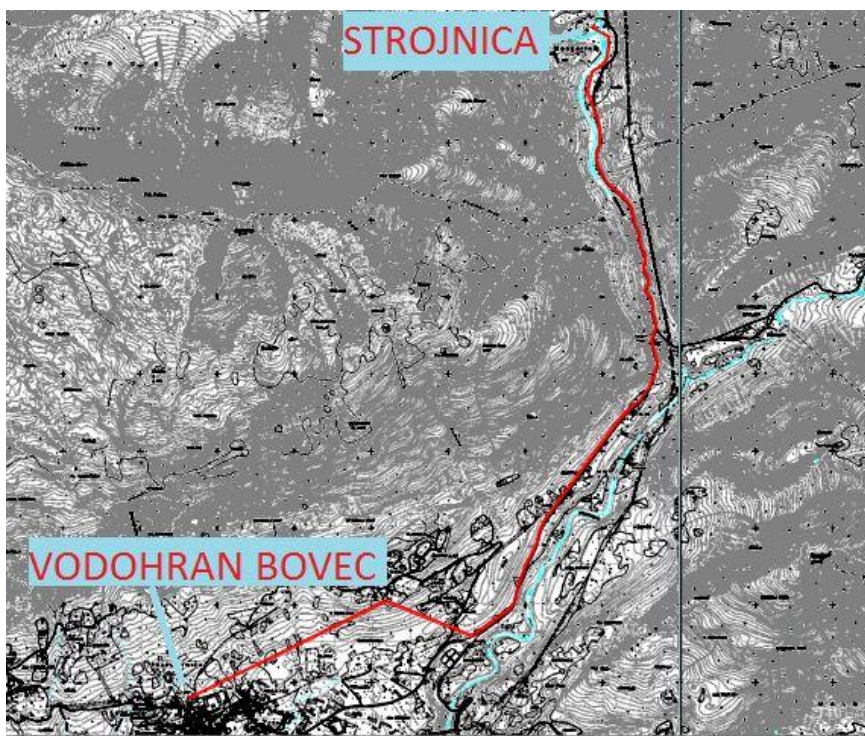
6.4 Gradbeni objekti za vodovod

6.4.1 Zajem vode

Zajem vode bi se izvršil na sifonskem delu elektrarne, ki je večjega tlorisa od običajnih zaradi umirjanja vode in enakomernega odvzema vode za pitje. V primeru, da hidroelektrarna ne obratuje, se preko predturbinskega obtoka voda direktno pretaka v sifonski del.

6.4.2 Trasa cevovoda za pitno vodo

Cevovod za pitno vodo bi bil speljan čez strugo reke Koritnice, po terenu vznožja ceste Bovec- Log pod Mangartom ter nato vkopan ob cestišče, če je to mogoče. Vodohran se nahaja na nadmorski višini 497,5m, kar pomeni, da se ta nahaja 17,5 metrov nižje od strojnice. Dolžina cevovoda znaša 7km, cevovod mora biti dimenzioniran tako, da izgube ne bodo presegle dejanskega padca.



Slika 21: Trasa cevovoda za pitno vodo od strojnice do vodohrana Bovec

6.4.3 Vodohran

Obstoječi vodohran najverjetneje ne bi zadostoval, zato bi bilo potrebno zgraditi novega. Izgradnja novega vodohrana bi omogočala enakomerno dobavo vode za krajane naselja Bovec in Čezsoča.



Slika 22: Lokacija vodohrana Bovec

(Vir: PISO)

7 IZBIRA INSTALIRANE MOČI IN PRETOKOV ZA mHE MOŽNICA

Pri izračunu ekološko sprejemljivega pretoka sem dobil dve različni vrednosti, zato bom v nadaljevanju preračunal, katera je optimalna izbira instaliranega pretoka za različna ekološko sprejemljiva pretoka. Varianta 1 bo izračunana z razpoložljivim pretokom določenim z Uredbo. V varianti 2 pa bom računal z razpoložljivimi pretoki določenimi po Mattheyesevi enačbi za določitev ekološkega minimuma. Pri računanju sem upošteval podatke o pretokih na VP Možnica med leti 1957 in 1965. Podatke sem pridobil iz ARSO-vega arhiva površinskih voda.

7.1 Varianta 1: preračun optimalnega instaliranega pretoka z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka po uredbi

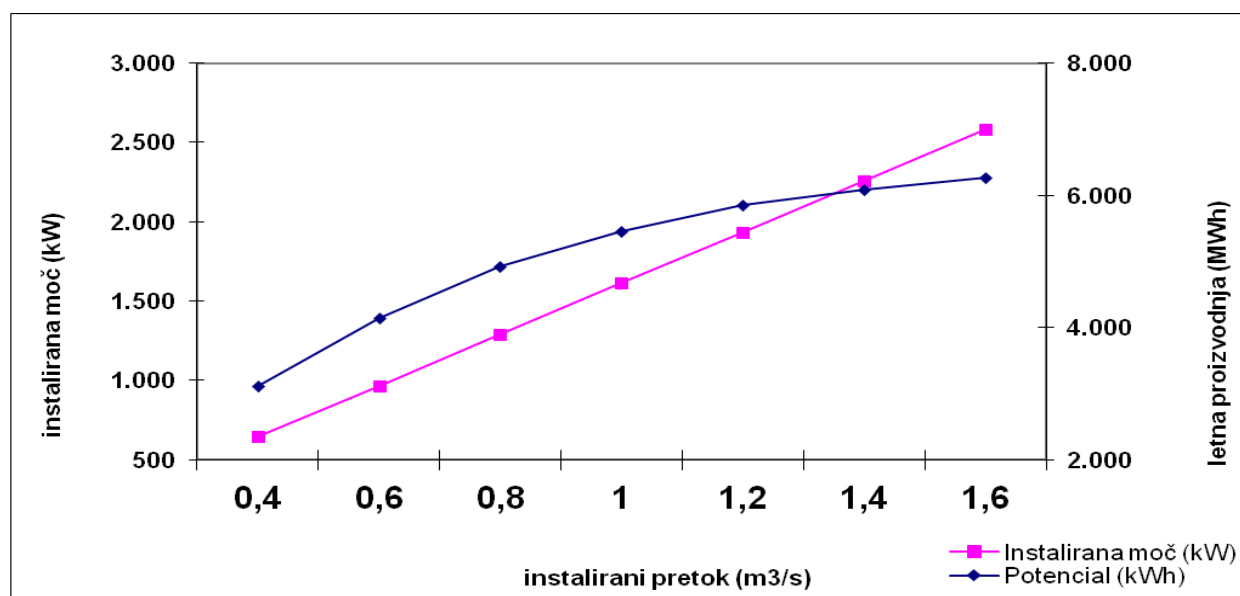
Ekološko sprejemljiv pretok na mestu zajema vode izračunan po veljavni Uredbi znaša 530l/s. V spodnjih izračunih sem upošteval pretoke iz vodomerne postaje Možnica, ki sem jih pomnožil s faktorjem (6,9/9,9), kar predstavlja razmerje med prispevno površino do zajetja in prispevno površino do VP na Možnici. Tako sem dobil količino vode na porečju. Pri zasnovi mHE Možnica sem se odločil, da preverim možno energetsko proizvodnjo s stopnjevanjem vrednosti instaliranih pretokov za 200l/s od 400l/s do 1600l/s.

Z večanjem instaliranega pretoka se večja tudi instalirana moč agregata. Instalirana moč je produkt bruto padca, instaliranega pretoka, gravitacijskega pospeška (9,81m/s) in izkoristka 0,7. Faktor 0,7 sem ocenil tako, da sem upošteval faktor izgub na cevovodu, izkoristek turbine in izkoristek generatorja. Bruto padec znaša 235 metrov.

Preglednica 9: Prikaz energetskega potenciala za varianto 1

Q_{inst}	Instalirana moč (kW)	Potencial (kWh)	Delež izrabe potenciala
0,4	645	3119	0,38
0,6	968	4138	0,50
0,8	1291	4931	0,60
1,0	1614	5453	0,66
1,2	1936	5852	0,71
1,4	2259	6084	0,74
1,6	2582	6264	0,76

Na spodnjem grafikonu 8 modra črta prikazuje spreminjanje proizvodnje električne energije v kilovatnih urah za različne instalirane pretoke. Roza črta predstavlja instalirano moč agregata. Opazimo, da se rast proizvodnje energije z višanjem instalirane moči zmanjšuje. Optimalna izbira instaliranega pretoka se nahaja tam, kjer je prirastek proizvodnje energije še smiseln. Za izbran ekološko sprejemljiv pretok po Uredbi, je ustrezno instalirati turbino s pretokom nekje med $0,8\text{m}^3/\text{s}$ in $1,0\text{m}^3/\text{s}$.



Grafikon 8: Prikaz instalirane moči in letne proizvodnje za varianto 1

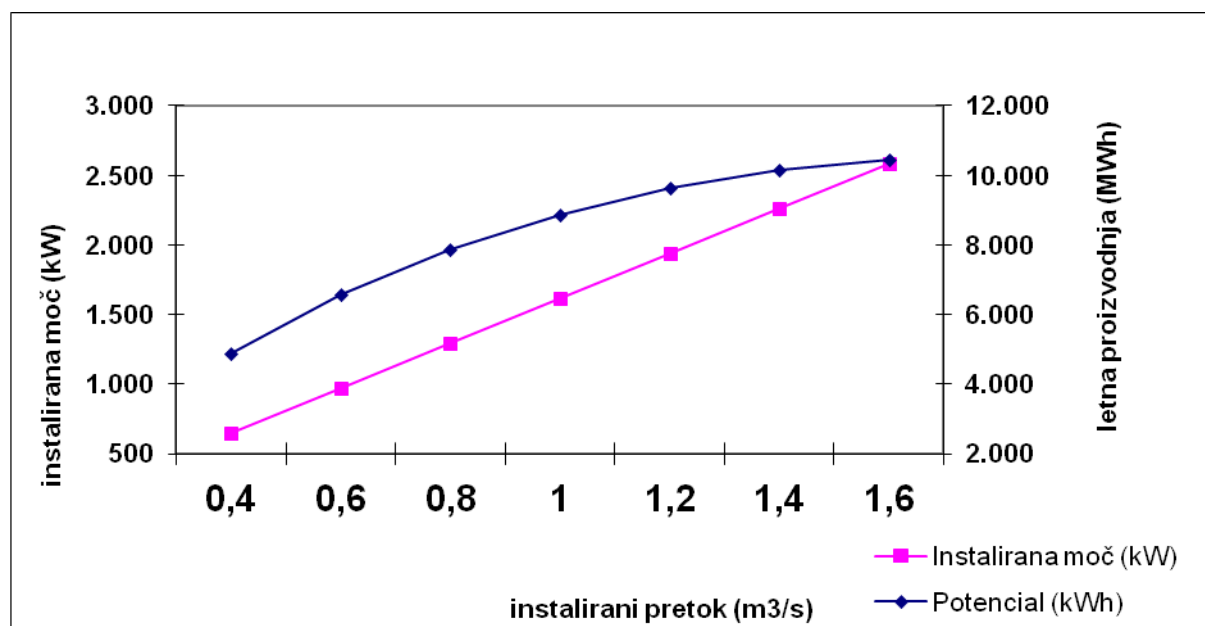
7.2 Varianta 2: preračun optimalnega instaliranega pretoka z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka določenega po Mattheysevi enačbi

Po Mattheysevi enačbi sem izračunal ekološko sprejemljiv pretok 146l/s. Kljub temu, da imamo pri danih instaliranih pretokih enako instalirano moč na agregatu, so vrednosti proizvodnje električne energije večje od tistih preračunanih v varianti 1.

Preglednica 10: Prikaz energetskega potenciala za varianto 2

Q_{inst}	Instalirana moč (kW)	Potencial (kWh)	Delež izrabe potenciala
0,4	645	4862	0,37
0,6	968	6592	0,51
0,8	1291	7873	0,61
1,0	1614	8879	0,68
1,2	1936	9638	0,74
1,4	2259	10137	0,78
1,6	2582	10436	0,80

Kot pri varianti 1 sem tudi za varianto 2 izračunali proizvodnjo električne energije z različnimi instaliranimi pretoki. Pri enakih instaliranih pretokih in instalirani moči letno proizvedemo precej več energije. Ekološko sprejemljiv pretok izračunan po Mattheysevi enačbi je precej manjši od tistega podanega z Uredbo.



Grafikon 9: Prikaz instalirane moči in letne proizvodnje za varianto 2

7.3 Primerjava variant

Ekološko sprejemljiva pretoka se precej razlikujeta, zato bi morali ekološko sprejemljiv pretok določiti na podlagi študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka.

Preglednica 11: Primerjava ekološko sprejemljivih pretokov s srednjim pretokom

Mattheyseva enačba	Q_{es}/sQ_s	14%
Ekološko sprejemljiv pretok po Uredbi	Q_{es}/sQ_s	50%

V zgornji preglednici 11 imamo izračunano razmerje med ekološko sprejemljivim pretokom izračunanih po dveh različnih metodah in srednjim letnim pretokom za porečje. Precej izstopa podatek, da je potrebno 50% vse vode pustiti v vodotoku. Tako velik ekološko sprejemljiv pretok bi pomenil, da se elektrarne na Možnici ne splača graditi.

8 UPRAVIČENOST IZGRADNJE OBJEKTA

Zanima me, v kolikšnem času se bodo pokrili stroški izgradnje objekta. Pri računanju vrednosti investicije sem ocenil, da cena izgradnje objekte znaša 5000€ na kilovat instalirane moči. Od tega predstavlja elektro-strojna oprema 2000€, gradbena dela in hidromehanska dela pa 3000€. Cena prodane kilovatne ure pa znaša 0,04€ za kilovatno uro, kar predstavlja njeno tržno vrednost na trgu brez subvencij.

Dodal sem še izračun s ceno električne energije s subvencijo. Cena zagotavljenega odkupa električne energije je različna za različne moči hidroelektrarne. MHE Možnica z različnimi instaliranimi pretoki pade v dve različni kategoriji elektrarne, mala hidroelektrarna z močjo manjšo od 1MW in srednja hidroelektrarna nad 1MW.

Preglednica 12: Cena zagotavljenega odkupa električne energije za 2015

(Vir: https://www.borzen.si/Portals/0/SL/CP/Podpore_slo.pdf)

Hidroelektrarna	Cena (€)
Mala - manjše od 1MW	92,61
Srednja - od 1MW do vključno 10MW	82,34

8.1 Varianta 1 preračun

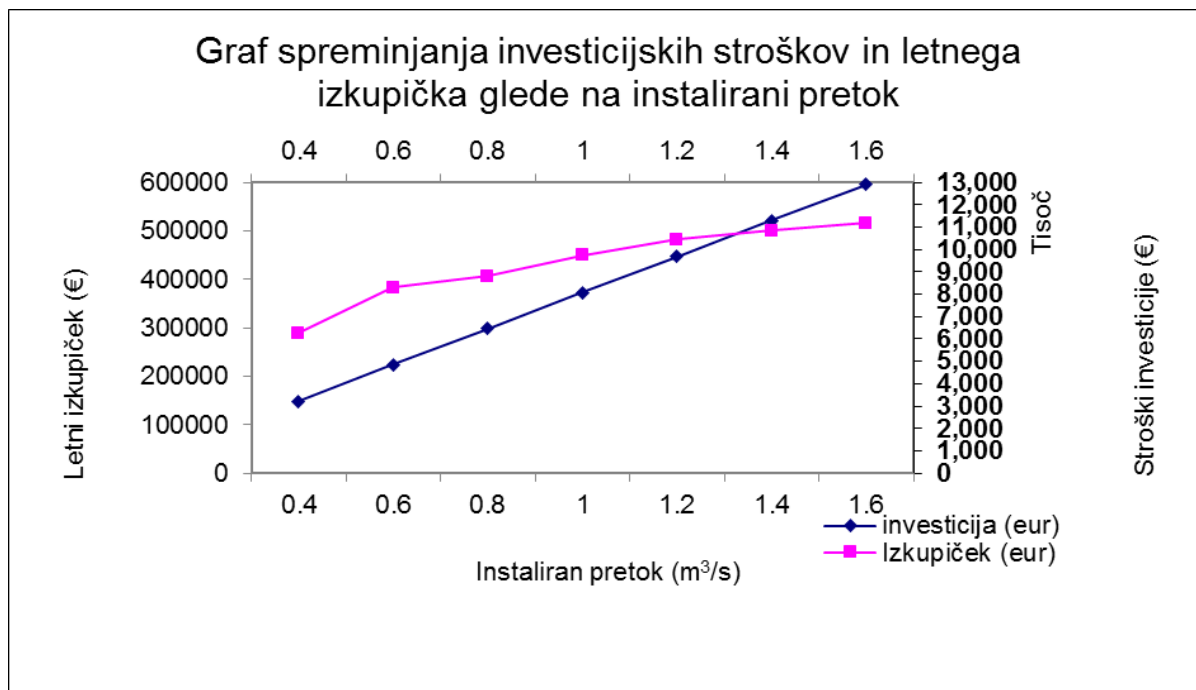
Izračunan imamo tudi čas v katerem se posamezna naložba povrne. Razvidno je tudi to, da se najbolj splača zgraditi elektrarno z najmanjšim pretokom, saj bi tako lahko obratovala pri manjši moči skoraj vse dni v letu.

Preglednica 13: Stroški in koristi varianta 1 (brez subvencije)

Q_{inst}	Instalirana moč (kW)	Izkupiček (€)	Investicija (€)	Povračilo investicije (leta)
0,4	645,5	124749,3	3227490,0	25,8718
0,6	968,2	165523,2	4841235,0	29,24807
0,8	1291,0	197220,9	6454980,0	32,72969
1,0	1613,7	218107,3	8068725,0	36,99429
1,2	1936,5	234069,8	9682470,0	41,36574
1,4	2259,2	243367,1	11296215,0	46,41635
1,6	2582,0	250548,1	12909960,0	51,52687

Preglednica 14: Stroški in koristi varianta 1 (s subvencijo)

Q_{inst} (m ³ /s)	Instalirana moč (kW)	Izkupiček (€)	Investicija (€)	Cena (€/1MW)
0,4	645,5	288825,9	3227490,0	92,61
0,6	968,2	383227,6	4841235,0	92,61
0,8	1291,0	405979,3	6454980,0	82,34
1,0	1613,7	448973,8	8068725,0	82,34
1,2	1936,5	481832,6	9682470,0	82,34
1,4	2259,2	500971,3	11296215,0	82,34
1,6	2582,0	515753,3	12909960,0	82,34



Grafikon 10: Prikaz stroškov investicije in dobička od prodaje za varianto 1 s subvencijo

8.2 Varianta 2 preračun

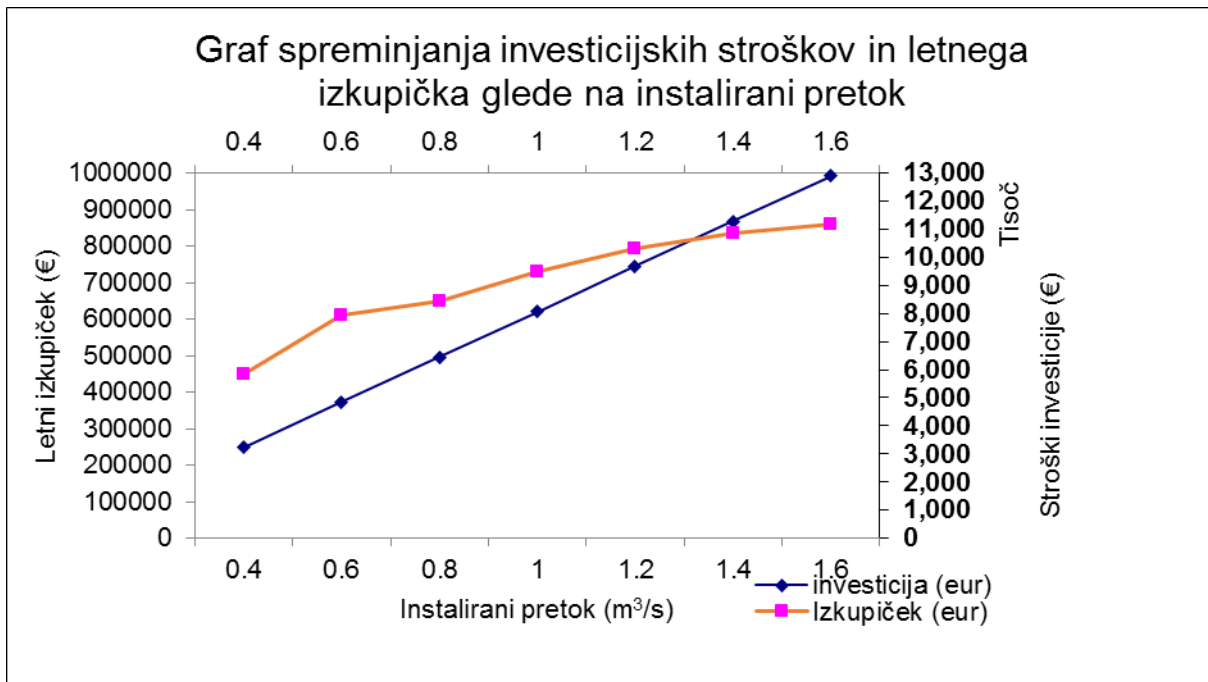
Kot pri varianti 1 se tudi tukaj najhitreje povrne investicija v primeru, ko vgradimo turbino z najmanjšo močjo. Preračun investicije je izračunan zelo na grobo. Strošek izgradnje je tu odvisen le od instalirane moči, kar pa v realnosti ne drži, saj imamo fiksne in spreminjajoče stroške.

Preglednica 15: Stroški in koristi varianta 2 (brez subvencije)

Q_{inst}	Instalirana moč (kW)	Izkupiček (€)	Investicija (€)	Povračilo investicije (leta)
0,4	645,5	194475,4	3227490,0	16,6
0,6	968,2	263682,1	4841235,0	18,4
0,8	1291,0	314900,1	6454980,0	20,5
1,0	1613,7	355166,9	8068725,0	22,7
1,2	1936,5	385529,3	9682470,0	25,1
1,4	2259,2	405461,0	11296215,0	27,9
1,6	2582,0	417438,2	12909960,0	30,9

Preglednica 16: Stroški in koristi varianta 2 (s subvencijo)

Q_{inst} (m ³ /s)	Instalirana moč (kW)	Izkupiček (€)	Investicija (€)	Cena (€/1MW)
0,4	645,5	450259,3	3227490,0	92,61
0,6	968,2	610489,9	4841235,0	92,61
0,8	1291,0	648221,9	6454980,0	82,34
1,0	1613,7	731111,0	8068725,0	82,34
1,2	1936,5	793612,1	9682470,0	82,34
1,4	2259,2	834641,5	11296215,0	82,34
1,6	2582,0	859296,5	12909960,0	82,34



Grafikon 11: Prikaz stroškov investicije in dobička od prodaje za varianta 2 s subvencijo

Če bi na podlagi študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka ugotovili, da je ekološko sprejemljiv pretok podoben pretoku, ki sem ga izračunal po Uredbi, bi to pomenilo, da se hidroelektrarne ne splača graditi, saj mora 50% vse vode ostati v strugi.

9 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem preučeval možnosti večnamenske izrabe vode na potoku Možnica. Vodo bi izrabljali za proizvodnjo električne energije in zagotavljanje pitne vode. Odločil sem se, da bi postavil zaježitveni objekt na območju stalnih izvirov, saj je le tako zagotovljena najvišja kvaliteta vode za pitje.

Vodo bi zajeli s kaptažo zajetja, saj bi tako preprečili onesnaženje pitne vode iz zaledja. Cevovod bi povezoval zaježitveni objekt s strojnico. Vkopan bi bil v tla, tako bi preprečili morebitne poškodbe nastalih zaradi zunanjih vplivov. Podzemni cevovod bi manj vplival na vizualno podobo krajine. Razgibanost terena omogoča velik hidravlični padec, kar vpliva na izbiro turbine. Zaradi bruto padca 235m in instaliranega pretoka med $0,4\text{m}^3/\text{s}$ in $1,6\text{m}^3/\text{s}$ sem se odločil za Peltonovo turbino. Vodo iz sifonskega dela turbine bi speljal po cevovodu do vodohrana Bovec. Trasa cevovoda bi bila potekala ob cesti, ki povezuje naselje Bovec in Log pod Mangartom.

Podatke o pretokih in padavinske podatke, ki so mi služili pri računanju vodnega potenciala vodotoka sem pridobil na spletni strani ARSO. Računal sem tudi ekološko sprejemljiv pretok po dveh različnih metodah. Prva varianta je bila izračunana po Uredbi, druga pa po Mattheyesevi enačbi. Ker se rezultati zelo razlikujejo, sem se odločil, da bom pri izračunu energetskega potenciala upošteval obe varianti. Ekološko sprejemljiv pretok izračunan po Mattheyesevi enačbi je več kot trikrat manjši od pretoka izračunanega po Uredbi, zato je energetski potencial v varianti 2 (Mattheyeseva enačba) večji od energetskega potenciala v varianti 1 (Uredba). Izračun ekološko sprejemljivega pretoka po Uredbi kaže na ekonomsko neupravičenost izgradnje hidroelektrarne. Ker vrednotenje po Mattheyesevi enačbi kaže veliko bolj pozitiven ekonomski izid mHE, ostaja v razmislek izvedba zakonsko dovoljene študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka. Le-ta bi natančno določila vrednost ekološko sprejemljivega pretoka, ki je ključni dejavnik pri presoji upravičenosti izgradnje objekta.

Novo zgrajeni objekt mHE Možnica bi z relativno majhnim posegom v okolje zagotavljal veliko korist prebivalcem okoliških krajev. Na potoku bi delovala mHE z velikim energetskega potencialom, kar bi lahko hitro pokrilo začetni vložek. Čas, v katerem bi se investicija povrnila, je odvisen od instaliranega pretoka in izbranega ekološko sprejemljivega pretoka. Stroški izgradnje bi se predvidoma povrnili v obdobju od deset do dvajset let.

VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje: Arhiv hidroloških podatkov – dnevni podatki.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (Pridobljeno 15. 6. 2015)

Brilly, M., Kompare, B., Kryžanowski, A. *et al.* 2014. Predavanje Inženirska Hidrotehnika.

<http://ucilnica1314.fgg.uni-lj.si/login/index.php> (Pridobljeno 3. 8. 2015).

Brus, J. 1981. Grafikoni za določanje velikih voda in numerične tabele za določanje odtočnih koeficientov ter povprečnih letnih specifičnih pretokov po empiričnih obrazcih nekaterih poznanih tujih avtorjev, Zveza vodnih skupnosti Slovenije, Ljubljana: 19 str.

<http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/collection/meteo.cfm> (Pridobljeno 18. 12. 2004).

Geološka karta. 2013. http://www.geopedia.si/?params=T241#T241_x389956_y139804_s14_b4
(Pridobljeno 15. 7. 2015).

Herzog, A. V., Lipman, T. E., Kammen, D. M. 2001. Renewable energy resources. USA, University of California, Berkley, Energy and Resources Group, Renewable and Appropriate Energy Laboratory (RAEL): 63 str.

http://rael.berkeley.edu/old_drupal/sites/default/files/old-site-files/2001/Herzog-Lipman-Kammen-RenewableEnergy-2001.pdf (Pridobljeno 3. 8. 2015).

Janic, Z. 2004. Small Hydro Power Plants in Croatia. V: Vukelic, Zvonimir (ur.). The 4th International Workshop on Research on Irrigation and Drainage. Skopje, University St. Cyril and Methodus in Skopje, Faculty of Civil Engineering: str. 293-302.

https://bib.irb.hr/datoteka/205957.Small_Hydro_Power_Plants_in_Croatia.doc (Pridobljeno 5. 8. 2015).

Komunala Tolmin. 2015.

<http://www.komunala-tolmin.si/files/strani/Bovec%20-%20oskrba%20s%20pitno%20vodo.pdf>
(Pridobljeno 23. 8. 2015).

Meteo. 2015.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGcw9ydIJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5Wah9lb3xXYyNGapZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZuIWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf> (Pridobljeno 20.8.2015).

Natura 2000. Biseri slovenske narave: Območja v Sloveniji. 2015.

http://www.natura2000.si/index.php?area_id=279&id=105 (Pridobljeno 1.9.2015).

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: univerzitetni učbenik. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo. 289 str.

Pravilnik o pitni vodi, *Uradni list RS*, št. [19/04](#), [35/04](#), [26/06](#), [92/06](#) in [25/09](#).

<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713> (Pridobljeno 26. 7. 2015).

Pušnik, M., Mikoš, M., Smolar, Ž., N. 2010. Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje z uporabo večkriterijske analize. V Zbornik Mišičevega vodarskega dne 2010. Maribor, Vodnogospodarski inštitut: str. 61, 62.

<http://mvd20.com/LETO2010/R10.pdf> (Pridobljeno 3. 8. 2015).

Smart mini idro. 2015.

<http://aim2014.eu/tools/smart-mini-idro.php> (Pridobljeno 10. 7. 2015)

Statistični urad Republike Slovenije 2012.

http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=9202&ind_id=456 (Pridobljeno 2. 8. 2015).

Steinman, F., Banovec, P. 2004. Hidrotehnika: Vodne zgradbe I. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: Hidravlično inženirstvo & Vodno gospodarstvo: 117 str.

Šolc, L. 1981. Zgradimo majhno hidroelektrarno. 1. del: Moč dajeta padec in pretok vode, 2. del: Napeljava vode. Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije: 61 str.

Šolc, L. 1983. Zgradimo majhno hidroelektrarno. 3. del: Turbine in pomožna oprema. Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije: 111 str.

Triglavski narodni park. 2015a. Spoznavati o narodnem parku. Naloge parka.

<http://www.tnp.si/spoznavati/C82/> (Pridobljeno 12. 8. 2015).

Triglavski narodni park. 2015b. Spoznavati o narodnem parku. Soglasja, mnenja, predkupna pravica-gradnja objektov TNP.

<http://www.tnp.si/spoznavati/C257/> (Pridobljeno 1. 9. 2015).

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka: Uradni list RS, št. 97/2009.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=94816> (Pridobljeno 5. 8. 2015).

Možnica. 2002. Utrinki iz Slovenije.

<http://www.burger.si/Slapovi/Posocje/LogPodMangartom/Moznica/Moznica.htm> (Pridobljeno 26. 5. 2015).

Zakon o ohranjanju narave. Uradni list RS, št. 96/04 – uradno prečiščeno besedilo, 61/06 – ZDru – 1, 8/10 – ZSKZ-B in 46/14.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKON1600> (Pridobljeno 1.9. 2015)

Zakon o vodah. Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13 in 40/14.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244> (Pridobljeno 5. 8. 2015).

Zakon o Triglavskem narodnem parku. Uradni list RS, št. 52/10 in 46/14 – ZON-C.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5487> (Pridobljeno 12. 8. 2015)

PRILOGE

Priloga 1: Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Priloga 2: Skupine ekoloških tipov vodotokov za izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Priloga 1: Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Preglednica 1: Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri nepovratnem odvzemu

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1.000 km ²	1.000–2.500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2.500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Majhen odzem celo leto ali velik odzem v sušnem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,5	1,5	1,2	1,0	
2 ⁽¹⁾	1,5	1,2	1,0	1,0	
3	1,2	1,0	0,8		
4					0,8
Velik odzem v vodnatem obdobju					
1 ⁽¹⁾	2,4	2,4	1,9	1,6	
2 ⁽¹⁾	2,4	1,9	1,6	1,6	
3	1,9	1,6	1,3		
4					1,3

⁽¹⁾ faktor f se pomnoži z 1,6, če je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20

Preglednica 2: Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri povratnem odvzemu

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1.000 km ²	1.000–2.500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2.500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Točkoven odzem					
1 ⁽¹⁾	0,7	0,7	0,5	0,4	
2 ⁽¹⁾	0,7	0,5	0,4	0,4	
3	0,5	0,4	0,3		
4					0,3
Kratek odzem celo leto ali dolg odzem v sušnem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,2	1,2	1,0	0,8	
2 ⁽¹⁾	1,2	1,0	0,8	0,8	
3	1,0	0,8	0,7		
4					0,7
Dolg odzem v vodnatem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,9	1,9	1,6	1,3	
2 ⁽¹⁾	1,9	1,6	1,3	1,3	
3	1,6	1,3	1,1		
4					1,1

⁽¹⁾ faktor f se pomnoži z 1,6, če je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20

Priloga 2: Skupine ekoloških tipov vodotokov za izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Skupina ekoloških tipov ⁽¹⁾	Ekoregija	Bioregija	Ekološki tip vodotoka ⁽²⁾
1	3	Spodnja vipavska dolina in Brda	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonska gričevja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Krško-brežiška kotlina	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Obalna gričevja	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	vsi ekološki tipi v bioregiji
2	4	Predalpska hribovja-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Predalpska hribovja-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Preddinarska hribovja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	vsi ekološki tipi v bioregiji
3	4	Karbonatne Alpe-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Silikatne Alpe	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Karbonatne Alpe-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarska hribovja	vsi ekološki tipi v bioregiji
4		Velike reke	vsi ekološki tipi v bioregiji

⁽¹⁾ skupine ekoloških tipov so prikazane na publikacijski karti, ki je objavljena na spletnih straneh ministrstva

⁽²⁾ ekološki tipi vodotokov v skladu s predpisi, ki urejajo stanje površinskih voda