

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Vodarstvo in  
komunalno inženirstvo

Kandidat:

**Miha Ranfl**

# **Idejna študija obnove male HE Kitič na Bohinjski Bistrici**

**Diplomska naloga št.: 126**

**Mentor:**  
prof. dr. Mitja Brilly

**Somentor:**  
doc. dr. Andrej Kryžanowski

Ljubljana, 24. 9. 2009

## **Izjava o avtorstvu**

Podpisani **MIHA RANFL** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE MALE HIDROELEKTRARNE KITIČ NA BOHINJSKI BISTRICI**«.

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

Ljubljana, 02.09.2009

## **Izjave o pregledu naloge**

## **Bibliografsko dokumentacijska stran in izvleček**

<b>UDK:</b>	<b>627.8 (043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Miha Ranfl</b>
<b>Mentor:</b>	<b>Prof.dr. Mitja Brilly</b>
<b>Somentor:</b>	<b>Viš. pred. dr. Andrej Kryžanowski</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Idejna študija obnove male HE Kitič na Bohinjski Bistrici</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>95 str., 17 pregl., 39 sl., 20 en., 9 gr.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>turbine, mala hidroelektrarna, peskolov, Turbenpro, načrtovanje</b>

Diplomska naloga je sestavljena iz dveh delov. V prvem so predstavljene teoretične osnove projektiranja mHE, v drugem pa obravnavam idejno študijo obnove male hidroelektrarne Kitič na Bohinjski Bistrici. Idejna študija obnove male hidroelektrarne Kitič temelji na podrobnih preučitvah dejanskega stanja obstoječega objekta in terena, ter na preučitvi hidroloških značilnosti vodotoka na danem odseku. Po pridobitvi geodetskega posnetka mHE Kitič sem lahko določil bruto padec, ki mi je kasneje služil pri določitvi neto padca. Iz podatkov o dolgoletnih pretokih na danem odseku sem določil krivuljo trajanja za sušno, srednje in mokro leto in na podlagi dobljenih krivulj izbral instaliran pretok. S pomočjo hidravličnih izračunov sem nato določil dimenzije dovodnega in odvodnega kanala, ter hidravlične izgube v dovodnem kanalu, in s pomočjo programa HEC-RAS določil še potek gladin vode v odvodnem kanalu. Na podlagi dobljenih gladin pri različnih pretokih sem določil neto padce, na podlagi instaliranega pretoka in neto padcev pa sem s primerjavo Francisove in Kaplanove turbine v programu Turbnpro prišel do zaključka, da več električne energije proizvede Kaplanova turbina. Za Kaplanovo turbino sem nato opravil še natančnejše izračune proizvodnje električne energije in jih primerjal z rezultati iz programa Turbnpro. Za konec sem napravil še oceno investicijskih stroškov in preveril upravičenost investicije.

## **Bibliographic-Documentalistic information and abstract**

<b>UDC:</b>	<b>627.8 (043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Miha Ranfl</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Prof.Ph.D. Mitja Brilly</b>
<b>Co-Supervisor</b>	<b>Ass.Ph.D. Andrej Kryžanowski</b>
<b>Title:</b>	<b>Outline sheme of small hydroelectricpower station Kitič on Bohinjska Bistrica</b>
<b>Notes:</b>	<b>95 p., 17 tab., 39 fig., 20 eq., 9 ch.</b>
<b>Key words:</b>	<b>turbin, small hydropower, Turbenpro, desigen</b>

The graduation thesis is composed of two parts. The first part presents the theoretical basis of design mHE and is followed by study outline sheme of small hydroelectricpower station Kitič on Bohinjska Bistrica. Outline sheme of small hydroelectricpower station Kitič reconstruction is based on a detailed examination of the facts of the existing building and the terrain, and examined hydrological characteristics of the river in a given section. After obtaining geodetic clip mHE Kitic I was able to determine the gross head, which I later used in determining the net head. With all facts and information on the long flows in a given section, I set duration curve for the arid, medium and wet year and the obtained curves chosen design discharge. With the help of hydraulic computation, I set the dimensions approach and diversion channel, and hydraulic losses in approach channel. Using HEC-RAS program, I set course of surface water in the diversion channel. Based on surface water obtained at different flow rates, I set the net head. Based on design discharge and net heads, I compared Francis and Kaplan turbine using Turbnpro program, and I came to the conclusion, that Kaplan turbines produce more electricity than Francis turbine. Then I made even more precise calculations for Kaplan turbine of electricity production and compared the results with results provided by the Turbnpro program. In conclusion I made the assessment of the investment cost and I also verified the legitimacy of the investment.

## Zahvala

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so mi pomagali pri izdelavi diplomske naloge, predvsem mentorju prof. dr. Mitja Brillyu in somentorju viš. pred. dr. Andreju Kryžanowskemu. Ob enem bi se rad zahvalil tudi g. Jožetu Troha iz Turboinštituta, ki mi je omogočil uporabo programa Turbenpro in tudi splošno seznanil z značilnostmi turbin, g. Marku Valiču, ki mi je pomagal pri nastanku geodetskega posnetka terena, ga. Miri Kobold iz agencije republike Slovenije za okolje, za posredovane hidrološke podatke in g. Jožetu Topolovcu iz podjetja Gopla d.o.o., za pomoč pri izbiri hidromehanske opreme.

Posebna zahvala gre tudi hčerki Sari, ženi Ireni, ter očetu in mami, ki so mi vsa leta študija stali ob strani, hkrati pa tudi fizično pomagali pri nastanku diplomske naloge.

## Kazalo

Izjava o avtorstvu.....	I
Izjave o pregledu naloge .....	II
Bibliografsko dokumentacijska stran.....	III
Bibliographic-Documentalistic information .....	IV
Zahvala .....	V
Kazalo.....	VI
Kazalo slik .....	VIII
Kazalo grafikonov .....	IX
Kazalo preglednic .....	X
1 UVOD.....	1
2 PROJEKTIRANJE.....	3
2.1 Hidrologija in hidravlični izračun pretokov in gladin .....	3
2.1.1 Pretoki.....	3
2.1.2 Merjenje pretokov.....	3
2.1.2.1 Meritve polja hitrosti.....	3
2.1.2.2 Objekti za meritve pretokov .....	5
2.1.3 Krivulja trajanja pretokov .....	6
2.1.4 Instaliran pretok .....	7
2.1.5 Preračun gladin .....	7
2.1.5.1 Hec-RAS 4.0 .....	7
2.1.5.2 Hidravlične izgube odvzemnih zgradb.....	8
2.2 Padci.....	10
2.2.1 Bruto padec.....	10
2.2.2 Merjenje bruto padca .....	10
2.2.3 Neto padec .....	11
2.3 Dovod vode .....	12
2.4 Avtomatizacija .....	12
2.5 Delo, moč in izkoristek .....	13
2.6 Dodelitev koncesija.....	15
3 HIDROTEHNIČNI OBJEKTI.....	18
3.1 Zajezitvene zgradbe.....	18
3.2 Odzemna zgradba.....	19
3.3 Dovodni in odvodni objekti.....	19
3.4 Peskolov .....	21
3.5 Dimenzioniranje fine rešetke.....	24
4 ELEKTRO-MEHANSKA OPREMA .....	26
4.1 Strojnice .....	26
4.2 Turbine .....	27
4.2.1 Francis.....	29
4.2.2 Pelton .....	30
4.2.3 Kaplan.....	31
4.3 Način obratovanja .....	32
4.4 Generatorji.....	33
4.4.1 Sinhronski generatorji.....	33
4.4.2 Asinhronski generatorji.....	34
4.5 Zaščita električnih naprav in opreme .....	35
5 IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE mHE KITIČ.....	37

5.1	Opis obstoječega stanja.....	37
5.1.1	Naravne značilnosti na danem odseku.....	37
5.1.2	Zgodovina objekta .....	39
5.1.3	Opis objektov.....	40
5.1.4	Dosedanji režim obratovanja MHE Kitič .....	43
5.1.5	Predlogi in možnosti renovacije .....	45
5.2	Hidrologija .....	47
5.2.1	Hidrološki podatki .....	47
5.2.2	Krivulja trajanja pretokov.....	50
5.3	Geodetski podatki .....	57
5.4	Zasnova zajetja .....	57
5.4.1	Zajemna zgradba.....	57
5.4.2	Grobe rešetke.....	60
5.4.3	Tablaste zapornice .....	62
5.5	Peskolov.....	63
5.6	Preliv.....	66
5.7	Fine rešetke.....	66
5.8	Hidravlične izgube odzemnih zgradb.....	69
5.9	Odvodni kanal.....	71
5.9.1	Izračun gladin v odvodnem kanalu.....	72
5.10	Izbira turbine.....	76
5.10.1	Primerjava turbin Francis-Kaplan .....	76
5.10.2	Kaplanova turbina .....	77
5.11	Izbira generatorja .....	88
5.12	Primerjava izračunanih vrednosti z dobljenimi vrednostmi iz programa Turbenpro 3.0.....	88
5.13	Ocena investicijskih stroškov.....	91
5.13.1	Statični kazalci .....	92
6	ZAKLJUČEK .....	93
7	VIRI.....	94
	INTERNETNI VIRI.....	95
8	PRILOGE .....	96



## Kazalo slik

Slika 1.1: Razvoj turbin .....	1
Slika 2.1: Krivulja trajanja pretokov in hidrogram .....	6
Slika 2.2: Napeljava vode po odprtem kanalu v turbinski jašek. (Šolc,1981) .....	10
Slika 2.3: Merjenje bruto padca (Šolc,1981) .....	11
Slika 2.4: Neto padec (Šolc,1981) .....	11
Slika 3.1: Priporočene karakteristike peskolova (Valant, 1986).....	23
Slika 3.2: Prikaz dimenzij pri računu fine rešetke .....	25
Slika 3.3: Fine rešetke z čistilnim strojem (HE Soteska).....	25
Slika 4.1: Turbina v jašku in strojnica ( <a href="http://www.hydro-hit.si/sl/tipi_elektrarn">http://www.hydro-hit.si/sl/tipi_elektrarn</a> ).....	27
Slika 4.2: Francisova turbina ( <a href="http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html">http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html</a> ).....	30
Slika 4.3: Peltonova turbina ( <a href="http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html">http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html</a> ) .....	31
Slika 4.4: Kaplanova turbina ( <a href="http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html">http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html</a> ) .....	32
Slika 5.1: Prispevno področje ( <a href="http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso">http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso</a> ) ..	37
Slika 5.2: Lokacija mHE Kitič ( <a href="http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso">http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso</a> ) ..	38
Slika 5.3: Tablaste zapornice na vstopu v dovodni kanal in jez na Bistrici .....	41
Slika 5.4: Drobna rešetka pred predturbinskimi zapornicami, ter pričetek dovodnega kanala za ribogojnico z tablasto zapornico in prelivom. ....	41
Slika 5.5: Turbinski jašek z turbino .....	42
Slika 5.6: Situacija obstoječe mHE Kitič.....	42
Slika 5.7: Tloris zajemne zgradbe z čistilnim kanalom .....	58
Slika 5.8: Prikaz dimenzij, pri izračunu izpusta z tablasto zapornico.....	59
Slika 5.9: Groba rešetka v prerezu F-F (glej prilogo E).....	61
Slika 5.10: Tloris grobe rešetke .....	61
Slika 5.11: Tablasta drsna zapornica( HE Soteska) .....	62
Slika 5.12: Skica peskolova v prerezu A-A .....	65
Slika 5.13: Skica preliva v prerezu D-D .....	66
Slika 5.14: Skica fine rešetke.....	68
Slika 5.15: Okno za vnos prečnih profilov in karakteristik prereza.....	72
Slika 5.16: Grafičen prikaz poteka gladine pri pretoku $Q_{max}=4m^3/s$ .....	74
Slika 5.17: 3D prikaz poteka $Q_{min}$ in $Q_{max}$ v odtočnem kanalu.....	75
Slika 5.18: Začetno okno programa Turbenpro za določitev Kaplanove turbine.....	77
Slika 5.19: Podatkovno okno programa Turbenpro 3.0 za vnos značilnosti obravnavanega področja.....	78
Slika 5.20: Okno za vnos osnovnih značilnosti turbine .....	79
Slika 5.21: Poročilo z izračunanimi karakteristikami izbrane turbine .....	83
Slika 5.22: Prikaz školjčnega diagrama izkoristka turbine .....	83
Slika 5.23: Prikaz rezultatov, izračuna proizvedene električne energije.....	85
Slika 5.24: Prikaz uporabnosti pretokov .....	85
Slika 5.25: Krivulja izkoristkov za izbrano krivuljo .....	86
Slika 5.26: Diagram izkoristkov turbine glede na krivuljo trajanja pretoko .....	87
Slika 5.27: Skica izbrane turbine .....	87

## Kazalo grafikonov

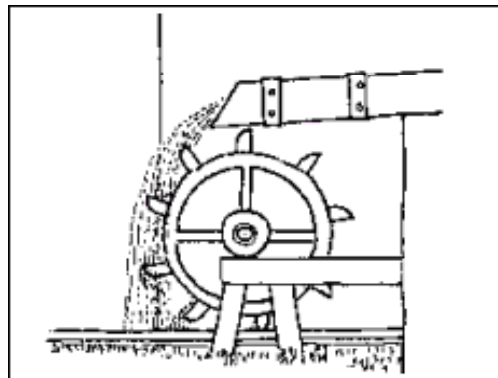
Graf 2.1: Notranji izkoristek vodnih turbin; A - Pelton, B – Kaplan (regulacijske), C - Francis, Č- Francis (hitre), D – Kaplan (neregulacijske), E – propellerske (Tuma, 2005).....	14
Graf 4.1: Območje uporabe glavnih vrst turbin; A- Pelton, B- Banki, C- Francis, Č- Deriaz, D- Kaplan, vertikalne, E- Kaplan, horizontalne (Tuma, 2005) .....	28
Graf 5.1: Diagram pretokov skozi zapornico (Šolc, 1991).....	44
Graf 5.2: Najmanjše mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	47
Graf 5.3: Srednje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	48
Graf 5.4: Največje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	49
Graf 5.5: Krivulja trajanja srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	51
Graf 5.6: Krivulja trajanja največjih srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005.....	52
Graf 5.7: Krivulja trajanja najmanjših srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005.....	53
Graf 5.8: Primerjava krivulj trajanja za realno sušno, realno mokro in srednje leto, z odštetim $Q_{bmin}$ (za obdobje 1969-2005).....	54
Graf 5.9: Primerjava krivulj trajanja za sušno leto 2005 pridobljene z podatki za povprečne dnevne pretoke .....	56

## Kazalo preglednic

Tabela 5.1: Najmanjše mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	47
Tabela 5.2: Srednje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	48
Tabela 5.3: Največje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005 .....	49
Tabela 5.4: Krivulje trajanja nizkih, srednjih in največjih srednjih mesečnih in letnih vrednosti za obdobje, ter krivulje trajanja z odštetim biološkim minimumom 1969 – 2005 .....	50
Tabela 5.5: Prikaz pretokov realno sušno, srednje in realno mokrega leta, z odštetim .....	54
Tabela 5.6: Krivulji trajanja povprečnih dnevni in mesečnih pretokov. ....	55
Tabela 5.7: Izračun hitrosti usedanja .....	64
Tabela 5.8: Pogovorno okno za vnos pretokov, ki jih želimo preveriti na danem odseku .....	72
Tabela 5.9: Tabelaričen prikaz gladin pri pretoku $Q=4\text{m}^3/\text{s}$ .....	73
Tabela 5.10: Tabelaričen prikaz gladin pri pretoku $Q_{\text{min}}=0,356\text{m}^3/\text{s}$ .....	74
Tabela 5.11: Proizvodnja električne energije Francisove in Kaplanove turbine s pomočjo programa Turbenpro 3.0 .....	76
Tabela 5.12: Izračun gorvodnih gladin .....	81
Tabela 5.13: Izračun gladin na iztoku iz mHE .....	82
Tabela 5.14: Izračun proizvedene električne energije za srednje leto .....	88
Tabela 5.15: Izračun proizvedene električne energije za realno sušno leto 2005 .....	89
Tabela 5.16: Izračun proizvedene električne energije za realno mokro leto 1982 .....	90
Tabela 5.17: Ocena investicijskih stroškov .....	91
Tabela 5.18: Cene zagotovljenega odkupa električne energije iz proizvodnih naprav obnovljivih virov energije – hidroenergija (UPEE,2009).....	92

## 1 UVOD

Sodobni človek si življenja brez elektrike skoraj ne more več predstavljati. Pripovedi o načinu življenja naših pradedov, ki so se skozi dolge zimske večere prebijali ob skromnem siju leščerb, sveč in petrolejk, se nam zde le še kot bajke. To je čisto razumljivo, saj se z elektriko oziroma z njenimi učinki srečuje v vsakem trenutku, ob vsakem koraku. Dež in staljeni sneg sta bili prvi obliki naravne energije, ki je pomagala človeku, da je opravljal več dela z manjšim naporom. Pred približno 2100 leti so na bližnjem vzhodu izumili vodno kolo. Kolo je bilo vodoravno z navpično osjo. Deročo vodo iz reke ali potoka so napeljali na eno stran kolesa, tako da se je vrtelo. Nato so iznašli pomično kolo z vodoravno osjo ali Vitrovijevo kolo. V primerjavi s prvim je bilo bolj zapleteno, ker so morali vodoravno os preko zobatega lesenega kolesja spojit z vertikalno osjo, ki je gnala mlinsko kolo. Prvi razmah vodnih koles v Evropi je bil po propadu rimskega cesarstva. Bila so poglavitni vir energije za razne industrijske obrate vse do 18. stoletja, ko so jih začeli izpodrivati parni stroji. Te spremembe družbe in razvoja tehnike so povzročile ponoven hiter razvoj vodnih koles sredi 19. stoletja. Med najuspešnejšimi predstavniki starejše generacije sta Furneyron (1827) in Jonal (1837), ki sta podala temelje razvoja turbin, za resnejše raziskave novejših generacij turbin, pa so zaslužni: Francis, Pelton in Kaplan. Te turbine so še danes v množični uporabi.



Slika 1.1: Razvoj turbin

Prve elektrarne so bile zgrajene v Sloveniji sorazmerno zgodaj. V dobi pred prvo svetovno vojno so nastale v Sloveniji manjše vodne in termo elektrarne, ki so bile bolj ali manj lokalnega pomena. Zanimivo je, da je bila prva slovenska elektrarna, ki ni obratovala samo za

lastne potrebe, zgrajena že leta 1894 v Škofji Loki, naslednja pa je bila termoelektrarna v Ljubljani, ki je pričela obratovati v letu 1898. Leta 1948 je bila skupna instalirana moč v javnih elektrarnah Slovenije 171,8 MW in sicer v hidroelektrarnah (22 HE) 129,8 MW in v termoelektrarnah (3 TE) 42 MW. Današnja instalirana moč javnih elektrarn je 2662 MW, in sicer v hidroelektrarnah (72 HE) 829 MW (proizvodnja v letu 1998 je znašala 3216 GWh) in v termoelektrarnah (4 TE+1 NE) 1833 MW (proizvodnja v letu 1998 je znašala 9171 GWh). Poleg tega so danes v Sloveniji na elektroenergetski sistem priključene še male HE (356 mHE) s skupno močjo približno 20,5 MW (proizvodnja v letu 1998 je znašala 97 GWh). (Koželj, 2009)

Obratovanje malih hidro elektrarn je povezano predvsem z racionalnim koriščenjem naravnega obnovljivega energetskega vira in določene zagotovljenosti napajanja lokalnih odjemalcev. Letna proizvodnja je odvisna od letnih hidroloških razmer. Dinamika proizvodnje je neposredno odvisna od vodnih dotokov, saj male hidro elektrarne niso opremljene z akumulacijami, ki bi lahko urejale dinamiko proizvodnje v daljšem časovnem obdobju.

V diplomski nalogi bom preveril možnost obnove male hidroelektrarne Kitič, smiselnost obnove, ter izrabe energetskega vira, ki jih obstoječa hidroelektrarna še ne izkorišča. V diplomski nalogi se bom najprej posvetil pridobitvi in obdelavi hidroloških podatkov, s pomočjo katerih bom dobil krivuljo trajanja. Na podlagi dobljenih podatkov, bom lahko določil instalirani pretok. Na terenu bom s pomočjo geodeta napravil geodetski posnetek obstoječega stanja, ki mi bo služil pri določitvi bruto padca in umestitvi novih oziroma obnovljenih objektov male hidro elektrarne v prostor. Na podlagi hidravličnih izračunov in krivulje trajanja bom preveril potek gladine vode v dovodnem in odvodnem kanalu. Dobljeni rezultati pa mi bodo služili pri določitvi neto padca. Ko imam neto padeč in instaliran pretok določen, bom lahko določil vrsto turbine, ki je najprimernejša in izvedel izračun proizvedene električne energije. Na koncu bom opravil še oceno investicijskih stroškov obnove in izris načrtov novih objektov mHE Kitič.

## **2 PROJEKTIRANJE**

### **2.1 Hidrologija in hidravlični izračun pretokov in gladin**

#### **2.1.1 Pretoki**

Naši potoki in reke med letom močno spreminjajo svojo vodnatost. Pomladi in jeseni, ko imamo veliko padavin, so visoke vode, poleti in pozimi nizke. Pravimo, da med letom naše vode spreminjajo svoj pretok. Spreminjajo ga v zelo širokih mejah. Ko reka naraste, ima do 50-krat večji pretok kot ob suši. To razmerje je odvisno predvsem od suhega ali mokrega leta in včasih močno presega navedeno vrednost. Celo pri velikih hidroelektrarnah ni gospodarsko utemeljeno energetske izkoriščati visoke vode. Prekratko je njihovo trajanje in turbine zanje bi bile predrage. Še bolj to velja za male hidroelektrarne, ki so navadno opremljene samo z eno turbino. Turbina svoje požiralnosti ne more prilagajati spremenljivemu pretoku vode v takih mejah, kot se ta spreminja, temveč v mnogo ožjih: najmanjši pretok, ki ga turbina še lahko zadovoljivo energetske izkorišča, je odvisna od tipa turbine in znaša približno 10 do 70% njenega instaliranega pretoka. Nadvse je torej pomembno, da vemo kakšen je najmanjši pretok. (Šolc,1981)

#### **2.1.2 Merjenje pretokov**

Pretok je ena najpomembnejših hidroloških veličin, ki jo definiramo kot volumen vode, ki v enoti časa priteče skozi določen prečni prezek vodotoka. Pri meritvah vode ločimo neposredne in posredne metode ali postopke. Neposredne metode meritev so uporabne le pri manjših količinah vode, ko neposredno z mersko posodo zajemamo vodo ali ugotavljamo število polnitev posode kot pri merilcu padavin. (Brilly, 2000)

##### **2.1.2.1 Meritve polja hitrosti**

Pri tej metodi merimo hitrost v prečnem prerezu s hidrometričnim krilom, pretok pa računamo s pomočjo integrala: (Brilly, 2000)

$$Q = \iint_S v^* dS \quad (1)$$

$v$  srednja hitrost skozi elementarno površino

$dS$  elementarna površina

$S$  površina prečnega prereza toka

Da bi bil postopek uporaben moramo poiskati ustrezen profil, kjer so hitrosti v profilu vzporedne in pravokotne na profil, je porazdelitev hitrosti v prečnem in vzdolžnem prerezu pravilna (ni vrtincev), je hitrost vode večja od 10 do 15 cm/s, sta dno in breg stabilna in pravilno oblikovana, je globina vode višja od 30 cm, se voda ne preliva čez bregove in dno ni poraščeno. (Brilly, 2000)

Pretok vode v naravnem vodotoku in tudi hitrosti nihajo, zato meritve hitrosti v prekratkih intervalih ( 10 sekund) lahko povzročijo večja odstopanja od dejanske povprečne hitrosti. Po mednarodnih predpisih je najmanjši čas meritve ena minuta. (Brilly, 2000)

Profil hitrosti v vzdolžnem prerezu toka ima značilno obliko, kar omogoča ugotavljanje razporeditve hitrosti na podlagi meritev v parih točkah vertikale. Število točk v vertikali, v kateri merimo hitrost, je odvisna od zelene točnosti in globine vode: (Brilly, 2000)

- Meritev v eni točki. Merimo v globini 0.6 od gladine in merjeno vrednost sprejmemo kot povprečje v vertikali.
- Meritev v dveh točkah. Merimo v globini 0.2 in 0.8 ter njihovo povprečje sprejmemo kot povprečno hitrost v vertikali.
- Meritev v treh točkah. Merimo v globinah 0.15, 0.5 in 0.85 od površine. Povprečna hitrost je enaka srednji vrednosti meritev.
- Meritev v petih točkah. Merimo na površini, na 0.2, 0.6, 0.8 in dnu. Srednjo vrednost izračunamo s pomočjo enačbe:

$$v_{sr} = 0,1^*(v_{pov} + 3^*v_{0,2} + 3^*v_{0,6} + 2^*v_{0,8} + v_{dna}) \quad (2)$$

Meritve v dveh točkah uporabljamo pri standardni porazdelitvi hitrosti in globini vode večje od 60 cm. Pri manjših globinah merimo samo v eni točki. Meritve v treh točkah izvajamo na vodotokih, pokritih z ledom ali zaraščeno strugo. Meritve v petih točkah pa so priporočljive pri izredno neregulirani obliki porazdelitve hitrosti v vertikalni. V vsakem primeru je priporočljivo, ko prvič merimo pretok v nekem profilu, meriti v šest do desetih točkah po vertikalni. Po mednarodnih predpisih je najmanjše število vertikal 10. Položaj vertikal določimo tako, da vsaka vertikala nosi enak delež pretoka v strugi. Tako jih v matici zgostimo ob bregovih pa razredčimo. (Brilly, 2000)

Za manj točno in hitrejšo izvajanje meritev uporabljamo integralno metodo. Krilo pomikamo z enakomerno hitrostjo (0.03 do 0.12 m/s) po celotnem prerezu in ugotavljamo povprečno hitrost vode. Ko so hitrosti v posameznih točkah prereza izmerjene, izračunamo integral s pomočjo računalniškega programa. (Brilly, 2000)

### **2.1.2.2 Objekti za meritve pretokov**

Inženirska praksa je razvila številne objekte, katerih glavni namen je meritev pretoka, uravnavanje pretoka ali razdelitev vode. Objekti so zasnovani tako, da obstaja enolična funkcionalna soodvisnost:  $Q=f(h)$  ali  $Q=f(h,\Delta h)$ . V prvem primeru je dovolj, če merimo gladino v eni točki, ker gladina vode dolvodno ne vpliva na tok skozi sam merilni objekt, sicer moramo meriti gladine v dveh točkah, kar pa nam zmanjša točnost meritev. Posamezni objekti omogočajo dovolj točne rezultate meritev le za del območja pretokov, katere želimo meriti. Zato gradimo kombinirane objekte. Moramo se zavedati, da objekti za merjenje pretokov povzročajo tudi dodatno turbulenco in izgube energije. Tako smo pri izbiri objektov omejeni tudi z razpoložljivim padcem gladine, ki ga lahko uporabimo za meritve. Voda nosi tudi plavajoče predmete, ki lahko ogrozijo delovanje objekta in njegovo stabilnost. Ti objekti so standardizirani in njihove glavne podatke lahko pridobimo iz tabel. (Brilly, 2000)

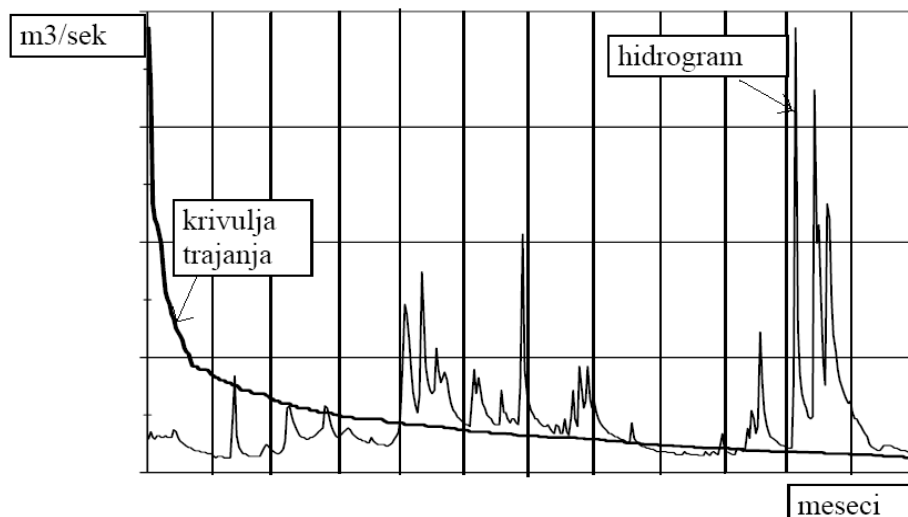


### 2.1.3 Krivulja trajanja pretokov

Pri izbiri vrste in velikosti turbine za izmerjeni padec in normalni nizki pretok je dobro vedeti, kako dolgo trajajo večji pretoki od izmerjenega in kolikšni so ti pretoki. Ti podatki so potrebni pri računanju časa obratovanja izbrane turbine s polno močjo in ocenjevanju energije, ki jo letno lahko proizvedemo. (Šolc,1981)

Z merjenjem pretoka ob normalni nizki vodi si lahko ustvarimo približno sliko o tem, koliko mesecev na leto imamo več vode in kolikšni so takrat pretoki. To nam pokaže krivulja trajanja pretokov. Pretok, ki smo ga izmerili pri normalni nizki vodi, imamo na voljo vse leto, izjemoma ob izredni suši ali hudem mrazu, imamo kratkotrajne manjše pretoke. Krivuljo trajanja pretokov bomo rabili kasneje pri izbiranju ustrezne vrste in velikosti turbine. (Šolc,1981)

Krivuljo trajanja pretokov lahko določimo s pomočjo hidrograma (prikaz vrednosti pretokov nanizanih v kronološkem zaporedju). Celoletne meritve pretokov ne razvrstimo kronološko, temveč jih razvrstimo po velikosti. Tako dobimo krivuljo, ki nam pokaže število dni v letu, ko je vodotok imel vsaj tolikšen ali večji pretok. Krivulja trajanja se lahko naredi za eno ali večletno obdobje. (Šolc,1981)



Slika 2.1: Krivulja trajanja pretokov in hidrogram

#### 2.1.4 Instaliran pretok

Potreben presek dovodnega kanala je odvisna od pretoka, ki ga želimo energetsko izkoriščati. Najprej se moramo odločiti za največji pretok, ki naj ga turbina še požira, šele nato lahko določimo presek kanala. Največji pretok, za katerega naj bo izdelana turbina, ki naj omogoča največjo moč hidroelektrarne, imenujemo instaliran pretok. (Šolc,1981)

Višino instaliranega pretoka določimo s pomočjo krivulje trajanja pretokov. Če želimo električno energijo proizvajati skozi vse leto moramo pri določenih vrstah turbin skrbno izbrati instaliran pretok, ki je odvisen od nihanja pretokov čez leto, števila turbin... Višino instaliranega pretoka lahko določimo tudi s stališča popolnejšega energetskega izkoriščanja danega vodnega toka. V tem primeru se postavi instaliran pretok na štirimesečno vodo ali celo višje. Vendar je potrebno tu vzeti v zakup, da hidroelektrarna obratuje le del leta in ni primerna za direktno oskrbovanje gospodinjstev z električno energijo, je pa primernejša za direkten priklop na omrežje.

#### 2.1.5 Preračun gladin

##### 2.1.5.1 Hec-RAS 4.0

Pri preračunu gladin sem uporabil računalniški program HEC-RAS 4.0. Računalniški program HEC-RAS 4.0 (Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System) je zasnovala skupina raziskovalcev pod okriljem ameriške vojske. Program omogoča izvedbo enodimenzionalnega računa stalnega neenakomernega toka, v prihodnosti pa naj bi omogočal tudi izvedbo računa enodimenzionalnega nestalnega toka in transporta plavin. HEC-RAS spada v skupino programov tako imenovane naslednje generacije (NexGen), ki bo omogočala popolno analizo vodotokov pod raznovrstnimi pogoji. Program ima trenutno naslednje omejitve: (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>)

- Tok je stalen
- Tok se spreminja postopoma ( $Q=\text{konst.}$ ,  $S=S(x)$ ) (razen pri prepustih, mostovih,...)
- Tok je enodimenzionalen
- Vzdolžni padec vodotoka naj ne bo večji od 10%

Tok je predpostavljen kot stalen zato, ker časovno spremenljivi členi niso vključeni v energijsko enačbo. Če se tok spreminja postopoma, se za izračun uporabi energijska enačba, razen v primerih, ko je ta nenaden, se uporabi momentna enačba (mostovi, prepusti,...). Tok je enodimenzionalen, ker so upoštevane samo komponente hitrosti v smeri toka. Manjši padci dna so pogojevani zato, ker je globina vode, ki nastopa v energijski enačbi, merjena vertikalno. (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>)

### 2.1.5.2 Hidravlične izgube odvzemnih zgradb

Hidravlične izgube odvzemnih zgradb izračunamo po enačbi: (Pemič, 2005)

$$\Delta h = \sum \xi * \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

- v hitrost toka
- $\xi$  hitrost toka
- g težni pospešek

#### a) Koeficient izgub zaradi oblike vtoka

$\xi = 0,5$  pravokotni ostrorobi vtok

$\xi \sim 0,5$  eliptično oblikovan vtok

#### b) Koeficient izgub zaradi rešetke

Pri ravninskem toku: 
$$\xi = \beta * \left(\frac{s}{b'}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \alpha \quad (4)$$

Pri vrtinčnem in prostorskem toku so izgube lahko znatno večje. Izgube so zelo velike, če rešetka ni čista. Razmik palic  $b'$  je odvisen od vrste in premera tekača turbine D1: za Kaplanovo turbino  $b=d1/20$ , oziroma  $b_{max}=200mm$ . Normalna hitrost vodnega toka pred rešetko je  $v \approx 1$  m/s.

c) Koeficient izgub zaradi utorov

$$\xi_u = 0,1 * L_v / B \quad (5)$$

$L_v$  širina vodila

$B$  pretočna širina

d) Koeficient izgub zaradi odprtine za spuščanje zapornic na temenu cevovoda ali jaška

$$\xi_{oz} = 0,05 * L_{oz} / h \quad (6)$$

$L_{oz}$  širina tablaste zapornice

$H$  višina pretočnega prereza

e) Koeficient izgub zaradi konfuzorskih in difuzorskih oblik prečnega prereza določamo na podlagi Bordinega obrazca

f) Trenjske izgube v kanalu (Mikoš,2008)

$$\Delta z = \frac{L * v^2}{k^2 * R^{\frac{4}{3}}} \quad (7)$$

$\Delta z$  energijske izgube [m]

$R$  hidravlični radij [m]

$k$  Stricklerjev koeficient [ $m^{1/3}/s$ ]

$L$  dolžina kanala [m]

$v$  hitrost vode [m/s]

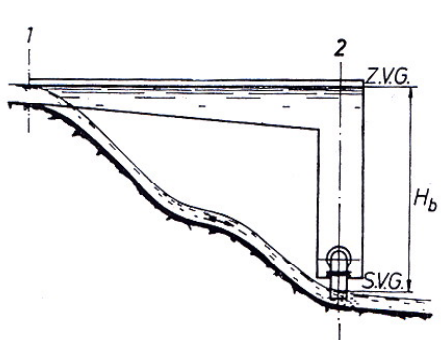
## 2.2 Padci

### 2.2.1 Bruto padec

Vse tekoče vode v naravi imajo nagnjeno strugo. Če struge ne bi bile nagnjene, se vode ne bi mogle gibati. Vsako gibanje ovira trenje in tako mora tudi voda med svojim tekom premagovati trenje na dnu in ob bregovih svoje struge. Prav za premagovanje trenja je pa potrebna določena višinska razlika med krajem, kjer voda pričenja svoj tek in krajem, kjer ga zaključuje. (Šolc,1981)

Strokovno pravimo, da ima vsak naravni vodni tok (potok, reka) svoj padec. Pri tem pa navadno ne govorimo o padcu od izvira do njenega izliva, temveč o padcu o določenem odseku vodnega toka. Bruto padec pomeni torej višinsko razliko med vodnima gladinama na začetku in na koncu merjenega odseka vodnega toka. (Šolc,1981)

Bruto padec vodnega toka ni mogoče neposredno izkoristiti. Potrebno je poseči v naravni tok vode in ga spremeniti tako, da je celotna vrednost bruto padca na voljo na enem samem mestu, in sicer tam, kjer nameravamo postaviti turbino, to je na kraju uporabe vodne energije.

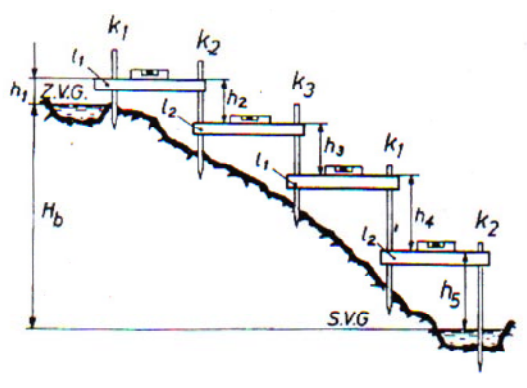


Slika 2.2: Napeljava vode po odprtem kanalu v turbinski jašek. (Šolc,1981)

### 2.2.2 Merjenje bruto padca

Izmeriti bruto padec se pravi, ugotoviti višinsko razliko med zgornjo in spodnjo vodno gladino na odseku vodnega toka, ki ga želimo energetske izkoriščati. V večini primerov nam

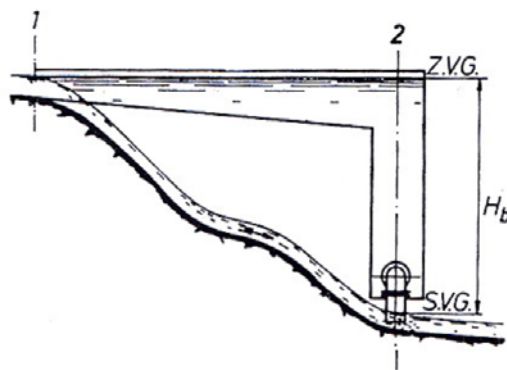
bruto padec določi geodet z nivelacijskim inštrumentom ali teodolitom. Obstaja pa tudi preprostejši način za izmeriti višinsko razliko. To je merjenje s pomočjo dveh letev in libele (prikazano na sliki 2.3). (Šolc,1981)



Slika 2.3: Merjenje bruto padca (Šolc,1981)

### 2.2.3 Neto padec

Če bi bilo korito še tako gladko, trenja vode ob stenah in dnu ne bi bilo mogoče popolnoma izključiti. Zato mora biti korito nekoliko nagnjeno, da med obratovanjem turbine voda lahko doteka v turbinski jašek. Ker je delček padca torej uporabljen za premagovanje trenja, leži med obratovanjem turbine gladina v jašku nekoliko nižje kot v preseku 1. višinsko razliko med gladinama v presekih 1 in 2 imenujemo izgubo padca v dovodu. (Šolc,1981)



Slika 2.4: Neto padec (Šolc,1981)

Pri določanju neto padca je potrebno upoštevati energijo zgornje in spodnje vode. Ker pa v primeru turbine v jašku s prosto gladino gorvodno povzročimo zajezbo, je energija zgornje vode praktično enaka nivoju vodne gladine. Isto lahko trdimo za spodnjo vodo, kjer prihaja do zajezbe zaradi majhnega naklona odtočnega korita (posledično majhnih odtočnih hitrosti) in zato je energija spodnje vode približno enaka nivoju vodne gladine. Zaradi zanemarljivih razlik med energijo vode in vodno gladino sem neto padec določil na podlagi višinske razlike med gorvodno in dolvodno gladino.

### **2.3 Dovod vode**

Naravni tok vode ni mogoče neposredno uporabiti za proizvodnjo energije. Treba je spremeniti tok vode in vodo napeljati k turbini bodisi po kanalu ali cevovodu. Po načinu kako dovajamo vodo k turbini, delimo male hidroelektrarne na naslednje skupine: (Šolc,1981)

- Hidroelektrarne z odprtim dovodom
- Hidroelektrarne z zaprtim dovodom
- Hidroelektrarne z delno odprtim dovodom.

Ta delitev je zelo važna, ker opredeljuje splošno zasnovo vodne naprave in s tem opremo dovoda samega, kakor tudi vrsto in konstrukcijsko izvedbo turbine. Pri dovajanju vode so namreč potrebne drugačne turbine, kot jih priključujemo na dovodne cevovode. (Šolc,1981)

### **2.4 Avtomatizacija**

Avtomatizacija, ki pride v poštev za MHE, lahko po namenu in obsegu razdelimo na 3 stopnje. V prvo stopnjo sodi tista osnovna avtomatizacija, ki zagotavlja normalno in predvsem varno obratovanje. Normalni ukrepi pri zagonu in rednem ustavljanju, pa tudi potrebni posegi med obratovanjem so ročni in odvisni od človekovega znanja in preudarnosti. V situacijah, ko zahtevnost ali obseg ukrepanja presega sposobnosti človeškega reagiranja, pa mora to delo opraviti avtomatika. Sem prištevamo vso relejno zaščito to so: zaščitni odklop generatorja, razbuditev generatorja, zaustavitev turbine. (Klemenc, 1986)

Glede dodatne opreme 1. stopnje avtomatizacije, ni zahtevna, obratovanje pa zahteva več strežbe, znanja in odgovornega ravnanja. V drugo stopnjo sodi avtomatska regulacija frekvence in napetosti pri otočnem obratovanju oz. nivoja vode pri vzporednem obratovanju z omrežjem. Pri sinhronskem generatorju je urejeno avtomatsko sinhroniziranje regulacija oddaje moči v omrežje. Glede dodatne oprema v je 2. stopnja avtomatizacije, lahko obratuje brez stalne strežbe; zadostujejo občasni pregledi stanja naprav in ročno spreminjanje nastavljenih vrednosti na avtomatskih regulatorjih, kadar je potrebno. Zagon in normalno zaustavljanje agregata pa sta še vedno ročna. Za zasebnega lastnika MHE bo ta stopnja avtomatizacije vključno z znatno višji ceni opreme prišla v poštev, kadar elektrarna ne leži v neposredni bližini doma in zato ni možna stalna ali vsaj dovolj pogosta navzočnost za strežbo, ki bi jo zahtevala oprema s 1. stopnjo avtomatizacije. V tretjo stopnjo sodi popolna avtomatizacija vseh postopkov v elektrarni. Vsi deli opreme imajo daljinske pogone. Zagon in normalna zaustavitev agregata sta v celoti avtomatizirana in se sprožita z enim samim začetnim impulzom (s pomočjo tipke). Kjer je potrebno je tudi krmiljenje čistilnega stroja na vtoku vode avtomatsko. Glede dodatne opreme je popolna avtomatizacija zelo zahtevna, je pa zato stopnja opremljenosti tolikšna, da lahko obratuje brez vsake lokalne strežbe in je usposobljena za daljinsko vodenje, če dodamo opremo še napravi za daljinske meritve in signalizacijo. (Klemenc, 1986)

## 2.5 Delo, moč in izkoristek

Moč vodne turbine je dana s pretokom vode  $Q$  in razpoložljivo višinsko razliko  $\Delta H = H_{neto} = H_1 - H_2$  med zgornjo in spodnjo gladino. Moč vode se izračuna po enačbi:

$$P_v = g * Q * H_{neto} \quad (8)$$

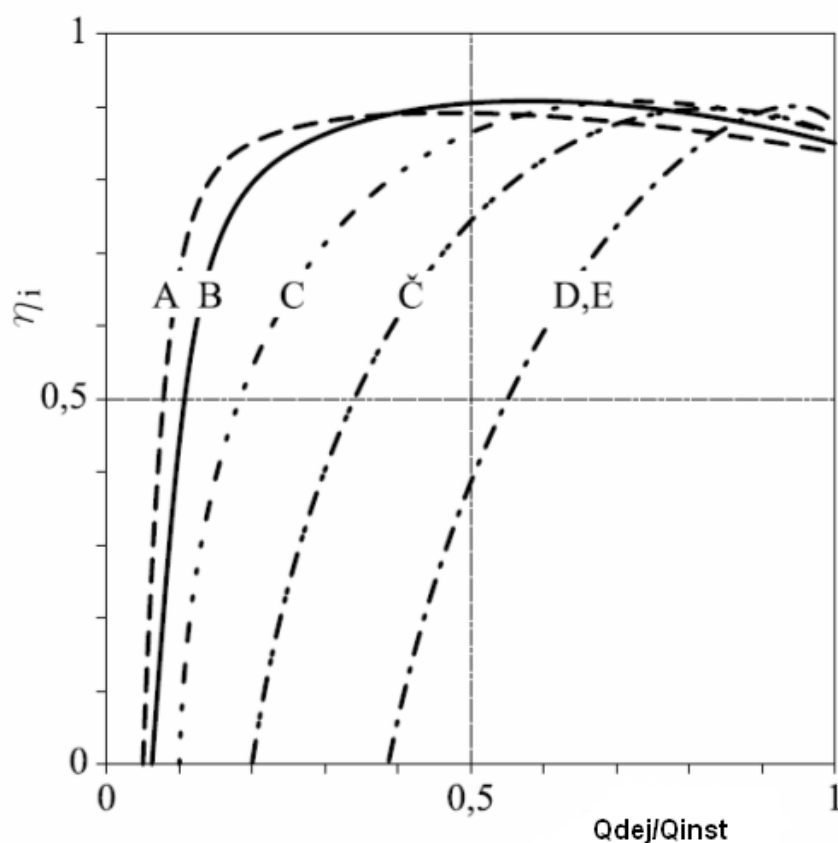
Ko upoštevam še izkoristek turbine in generatorja zapišemo enačbo v naslednji obliki:

$$P_e = \eta_e * g * Q * H_{neto} \quad (9)$$



Pretok vode je prvenstveno določen s povprečno količino rečne vode, višinska razlika pa z topografijo na mestu postavitve elektrarne. Koristni padec je višinska razlika med energijo zbiralnega jezera in energijo vode na iztoku iz turbine, zmanjšana za izgube tekočinskega trenja v priključnih cevovodih in armaturah. (Tuma, 2005)

Moč vodnih turbin konstrukcijsko skoraj ni omejena, omejena je le z topografijo in s količino padavin. Regulira se s spreminjanjem pretoka vode, višinska razlika se praktično ne spreminja, koristni padec se glede na pretok malenkostno spreminja: z večanjem ali manjšanjem pretoka vode se namreč ustrezno večja ali manjša tekočinsko trenje in s tem manjša ali večja koristni padec. Večina turbin, ki se danes uporabljajo, ima velik notranji izkoristek ne samo pri imenski obremenitvi, ampak tudi v širokem območju delnih obremenitev. (Tuma, 2005)



Graf 2.1: Notranji izkoristek vodnih turbin; A - Pelton, B – Kaplan (regulacijske), C - Francis, Č- Francis (hitre), D – Kaplan (neregulacijske), E – propellerske (Tuma, 2005)

## 2.6 Dodelitev koncesije

Koncesija je plačilo, za vsako leto rabe vode, posebej ves čas trajanja koncesije. Višina plačila za koncesijo je sorazmerna razpoložljivosti vode in vrednosti, ki jo za proizvedeno električno energijo imetniki koncesije pridobijo na trgu. Država kot koncendent lahko podeli koncesijo za gospodarsko izkoriščanje vodotokov. Da pa je koncesija lahko podeljena more koncesionar izpolnjevati naslednje pogoje: (UK, 1994).

- da je pravna oseba, registrirana v Republiki Sloveniji, ali da je fizična oseba, ki je državljan Republike Slovenije,
- da je lastnik zemljišč, na katerih so oziroma bodo zgrajeni objekti male hidroelektrarne,
- da je usposobljen za opravljanje dejavnosti proizvodnje električne energije. Koncesija se na posameznem vodotoku lahko podeli eni ali več fizičnim osebam kot koncesionarjem hkrati, če izpolnjujejo pogoje iz prejšnjega odstavka. V primerih iz prejšnjega odstavka so fizične osebe solidarno odgovorne za vse obveznosti, ki izvirajo iz te uredbe in koncesijske pogodbe.

Zagotoviti pa mora tudi naslednje pogoje: (UK, 1994)

- zagotovi ukrepe za nespremenjeno izvajanje pravice do gospodarskega izkoriščanja vodotoka drugih obstoječih uporabnikov,
- zagotovi ukrepe, da se vodni režim med gradnjo ne bo bistveno poslabšal,
- zagotovi ukrepe proti poslabšanju razmer v zvezi s kakovostjo in količino podtalnice,
- zagotovi izvedbo objektov in naprav tako, da ne bo vplival na poslabšanje kakovosti površinskih voda, poslabšanje vodnega režima odtoka visokih voda in preprečevanja migracij vodnih živali,
- zagotovi ukrepe za preprečevanje škodljivega odlaganja gramoza, suspenzij in drugih plavin,
- zagotovi varnost predvidenih objektov in naprav pred poplavami ter zagotovi, da se dosedanja poplavna varnost na vplivnem območju objektov in naprav ne bo zmanjšala, na urbaniziranih površinah pa bo po možnosti povečana,

- zagotovi ekološko sprejemljivi pretok v naravni strugi na odseku predvidenega zmanjšanja pretokov zaradi odvzema vode za gospodarsko izkoriščanje (od odvzemnega objekta do izpusta),
- zagotovi optimalni izkoristek vodnega energetskega potenciala vodotoka v smislu racionalnega gospodarskega izkoriščanja naravnega vira in z izbiro racionalne tehnologije,
- zagotovi, da bo predvideni poseg v okolje projektiran in izveden tako, da se v največji možni meri zmanjša poraba prostora, snovi in energije v gradnji in obratovanju,
- zagotovi ukrepe za zavarovanje zemljišč, objektov, naprav in drugih dobrin pred škodljivimi posledicami med gradnjo in obratovanjem hidroelektrarn oziroma zagotovi nadomestila ali odškodnine,
- upošteva urbanistične, arhitektonske in krajinske značilnosti pri oblikovanju objektov, naprav in drugih ureditev; pri oblikovanju vodnogospodarskih objektov upošteva tudi načela sonaravnega urejanja,
- zagotovi javno prehodnost jezovnih zgradb, kjer bo to funkcionalno utemeljeno,
- zagotovi ohranjanje biološke raznovrstnosti in avtohtonosti habitatov,
- zagotovi ohranjanje in varovanje naravne in kulturne dediščine,
- zagotovi ukrepe za varnost prebivalcev in njihovega premoženja med gradnjo in obratovanjem,
- zagotovi ukrepe v zvezi s sanacijo, vzpostavitvijo novega oziroma nadomestitvijo prejšnjega stanja okolja po prenehanju koncesije.

Prihodki od plačila za koncesijo so vir proračuna Republike Slovenije in proračuna občin, na območju katerih je del vodnega telesa površinske vode, ki je namenjen za proizvodnjo električne energije. Plačilo za koncesijo se med državo in občinami razdeli v razmerju 40:60 v korist občin. Če je del vodnega telesa površinske vode, za rabo katerega je podeljena koncesija, na območju več občin, se del plačila sorazmerno porazdeli med vse občine. (USD,2003)

Plačilo za koncesijo se določi za vsako koledarsko leto posebej na podlagi letne količine proizvedene električne energije. Letna količina proizvedene električne energije je električna energija, ki je v koledarskem letu v hidroelektrarni proizvedena in oddana v javno električno

omrežje. Višina plačila za koncesijo je enaka do 10% povprečne prodajne vrednosti v koledarskem letu proizvedene in v javno električno omrežje oddane električne energije. (USD,2003)

### 3 HIDROTEHNIČNI OBJEKTI

#### 3.1 Zajezitvene zgradbe

Z zajezitvenimi zgradbami zajezimo vodotok in omogočimo zadrževanje vode, za različne potrebe vodnega gospodarstva in industrijskih dejavnosti. Z zajezitvenimi zgradbami je neločljivo povezan tudi akumulacijski prostor. Zajezitvene zgradbe delimo na velike pregrade (višina > 15m) in jezove (višina < 15m). (Pemič,2005)

Varnostne zahteve pri načrtovanju, gradnji in vzdrževanju zajezitvenih zgradb se ne nanašajo samo na višino ali velikost akumulacije, vendar tudi na stopnjo ogroženosti prebivalstva in okolja v območju zajezitvene zgradbe in akumulacije. (Pemič,2005)

Jez oziroma pregrada je osnovni del vsake mHE. Glede na to kako so jezovi sestavljeni ločimo fiksne, pomične in sestavljene jezove. Pomični jez se imenuje zapornica na fiksnem pragu ali nizkem jez, s katero je mogoče zvezno uravnavati pretok in vzdrževati stalno gladino zgornje vode. Fiksni jezovi pa niso opremljeni z zapornicami in se ne dajo uporabljati za uravnavanje pretoka in vzdrževanje stalne gladine zgornje vode. Omogočajo samo zajezitev in dvig gladine, ki pa ni stalna in je odvisna od pretoka vode. Fiksni jezovi se uporabljajo za vzdrževanje padca dna vodotoka, razbremenjevanje in merjenje pretokov in zajezitev v zadrževalnikih. V praksi so znane številne izvedbe fiksnih jezov, kot npr. strehasti, široki prag, jez z zakrivljeno krono. (Pemič,2005)

Pretočno zmogljivost jezov se določi na podlagi enačbe: (Steinman,1999)

$$Q = \frac{2}{3} \eta * B * \sqrt{2g} * h_{pr}^{\frac{3}{2}} \quad (10)$$

Q pretok

$\eta$  pretočni koeficient preliva

B širina preliva

$h_{pr}$  prelivna višina, preko krone jezov

### 3.2 Odvzemna zgradba

Površinske odvzemne zgradbe se uporabljajo na vodotokih, na katerih je pričakovati zelo mala nihanja gladin. Podobno kot akumulacijske odvzemne zgradbe so tudi rečne odvzemne zgradbe del zajezitvene zgradbe in z zajezitveno zgradbo oblikujemo konstrukcijsko celoto. Ker se nahajajo v območju rinjenih in lebdečih plavin, plavajočih predmetov, plavajočega lesa in ledu, so pogoji za njihovo namestitev zahtevni. (Pemič,2005)

Vnašanje rinjenih plavin oziroma proda v odvzemno zgradbo preprečujemo z ustrezno mikrolokacijo odvzemne zgradbe glede na morfološko ter hidravlično značilnost vodotoka, z ustrezno obliko in zasnovo zajetja, ter z usedalniki in kanali za odplakovanje proda, ki z vodnim tokom dospeva v odvzemno zgradbo. (Pemič,2005)

Pomemben del odvzemne zgradbe so tudi grobe rešetke saj preprečujejo vnos plavajočih predmetov (les, plastika, kosi ledu,...) v dovodne objekte hidroelektrarne.

### 3.3 Dovodni in odvodni objekti

Vodo dovajamo v turbino na različne načine. V primeru večjih oddaljenosti zajetja od turbine, običajno uporabimo položen kanal, cevi ali rov, da pripeljemo vodo v neposredno bližino strojnice od tam pa po tlačnem cevovoda ali navpičnem jašku (nizkotlačne turbine) direktno na turbino. Voda, ki teče po položnem delu trase, lahko teče pod tlakom ali pa tvori prosto gladino. Za izvedbo dovodnega objekta v dveh različnih naklonih (razdeljen v dovodni in tlačni del) se odločimo zaradi finančnih razlogov, saj bi bila gradnja dolgega tlačnega voda veliko dražja kot pa izvedba v dveh različnih naklonih. (Valant, 1986)

Najpogostejši objekti za dovod vode s tokom s prosto gladino so kanali. Pretok po njih se izračuna po Manningovi enačbi za tok z prosto gladino: (Steinman,1999)

$$Q = \frac{\sqrt{I}}{n_g} * S * R^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

I padec dna korita

$n_g$	Manningov koeficient hrapavosti
S	površna prečnega prereza
R	hidravlični radij

Zaradi boljših pretočnih karakteristik, in čim manjših hidravličnih izgub na dovodnem kanalu, se je najbolje odločiti za izvedbo armiranobetonskega kanala, če stroški za izvedbo le tega niso previsoki, saj vodotesnosti kanalov vkopanih v zemljinu ni mogoče zagotoviti.

Ker so lahko v kanal speljane tudi druge zaledne vode in zaradi nenadnih visokih pretokov, je potrebno na kanalu izvesti varnostno nadvišanje stranic, ter izvedbo preliva, ki prepreči nekontrolirano prelivanje vode iz kanala. Za primarno varnost, moramo poleg nadvišanja in bočnega preliva, posvetiti pozornost tudi vodotesnosti kanala, saj puščanje vode iz sistema vpliva na pretok in na proizvodnjo energije.

Dovodni in odvodni kanali imajo glede na način, kako so izdelani, lahko različne preseke. Leseni in betonski odprti kanali ter taki, ki so vsekani v skalo, imajo pravokotni presek. Sicer so preseki odprtih kanalov v splošnem trapezne oblike, pri čemer so nakloni brežin odvisni od hribine. Trapezasti kanali so lahko izkopani, delno izkopani in delno obdani z nasipi ali pa v celoti obdani z nasipi. Velikost potrebnega preseka kanala (to je ploščina njegovega preseka), je odvisna od pretoka, ki naj ga kanal prevaja. Čim večji je pretok, večji presek je potreben in obratno. Ploščina preseka je odvisna tudi od hitrosti, s katero naj teče voda po kanalu. Čim večja je hitrost, manjši presek je potreben; počasneje teče voda, večji mora biti presek. (Šolc, 1981)

Pri odvodnih kanalih se uporablja pretežno trapezna oblika korita, saj so le ti vkopani v zemljinu. Brežine pa se zaščitijo z kamenjem. Pri odvodnih kanalih ni potrebno zagotavljati vodotesnosti, saj uhajanje vode nima vpliva na proizvodnjo električne energije, zamakanje brežin pa tudi ni problematično saj je odvodni kanal postavljen na najnižji možni koti in tako ne predstavlja grožnje glede plazov in zdrsov zemljine. Priporočen padec na odvodnem kanalu znaša en promil.

### 3.4 Peskolov

Vsak potok in reka nosita prod, pesek in mulj, še posebno ko voda naraste. Prod in pesek voda vleče pri dnu, zato imenujemo ta način premikanja proda rinjene plavine, mulj pa lebdi razpršen v vodi in ga imenujemo lebdeče plavine. Na mestih, kjer se hitrost vode zmanjša, se vsede najprej najtežji prod, pri nadaljnjem zmanjševanju hitrosti vode pa se vsede bolj droben material. Da pa bi se izločil mulj, mora voda skoraj popolnoma mirovati. (Valant, 1986)

Prod in pesek, ki z veliko hitrostjo prispeta v turbino, bi hitro odbrusila lopatice, prav tako stene cevovoda. Zato je nujno čim več tega materiala odstraniti iz vode, še preden dospe do kanala ali cevovoda. To seveda velja za visoko tlačne turbine, pri nizkotlačnih turbinah pa to ne predstavlja velikega problema, saj prod in pesek zaradi majhnih hitrosti nimata takega erozijskega učinka. Za velikimi pregradami nastanejo jezera, v katerih se material ustavi, ter jih počasi zasipava, pri nižjih jezovih, kjer je v koritu še vedno precejšnja hitrost vode se del nanosa ustavi (prod), del pa zlasti ob naraslih vodah dospe skozi grobo rešetko v zajetje in tega moramo odstraniti. (Valant, 1986)

Ker vseh plavin zaradi prevelikih stroškov ne moremo izločiti iz vodotoka (vzrok je velikost takega peskolova), nam podatek o velikosti dovoljenega največjega zrna določi dobavitelj turbine. Debelina izločenih zrn je odvisna tudi od padca, ki ga ima elektrarna. Čim višji je padec, tem manjša zrna lahko spustimo na turbino. (Valant, 1986)

Za izračun dolžine peskolova potrebujemo hitrost vsedanja delca določene dimenzije. Hitrost vsedanja delcev izračunamo po naslednji enačbi:

$$v_s = \sqrt{\frac{4 * g}{3\lambda} \left( \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v} \right) * d} \quad (12)$$

Koeficient upora  $\lambda$  je odvisen od Reynoldsovega števila in vrste toka (laminarni, prehodni, turbulentni). Reynoldsovo število se izračuna po enačbi: (Valant, 1986)

$$\text{Re} = \frac{v_s * d}{\nu} \quad (13)$$



Re	Reynoldsovo število
d	premer zrna
$v_s$	hitrost usedanja
$\nu$	kinematična viskoznost vode (pri 10°C znaša $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )

Laminarno področje;	$Re < 1$	$\lambda = \frac{24}{Re}$	(14)
---------------------	----------	---------------------------	------

Prehodno področje;	$1 < Re < 2000$	$\lambda = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$	(15)
--------------------	-----------------	--	------

Turbulentno področje;	$Re > 2000$	$\lambda = 0,4$	(16)
-----------------------	-------------	-----------------	------

Dno bo zrno doseglo v času, ki je enak višini vode, deljeni s hitrostjo padanja zrna  $v_s$ . V tem času pa bo zrno opravilo tudi pot naprej, ki bo enaka hitrosti vode pomnožena s časom tonjenja. Torej se potrebno dolžino peskolova lahko zapiše v obliki: (Valant, 1986)

$$l = \frac{\nu * H}{v_s} \quad (17)$$

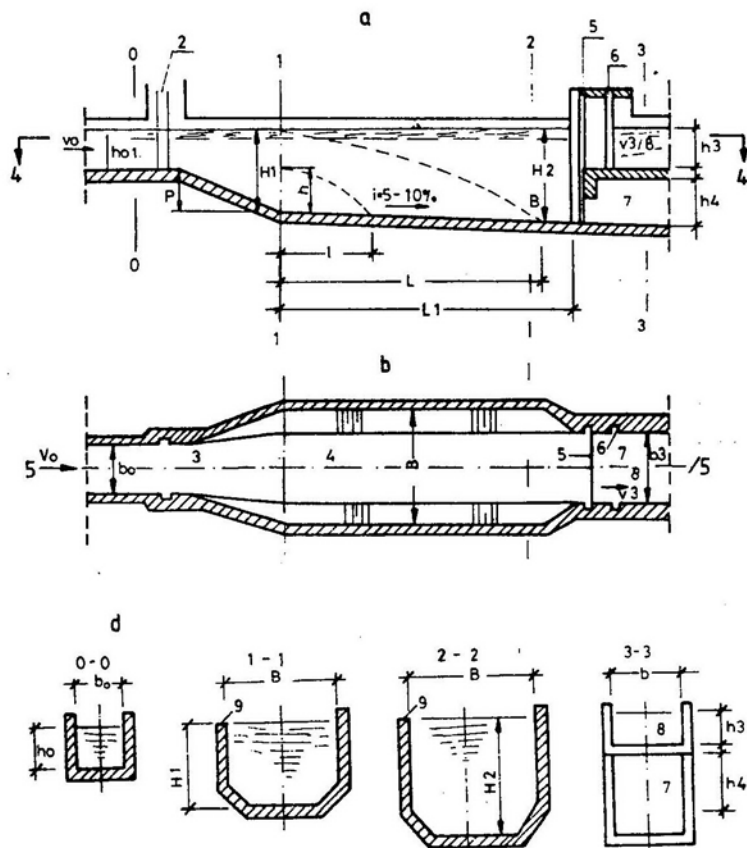
l	potrebna dolžina peskolova
$\nu$	hitrost vode
$v_s$	hitrost tonjenja
H	globina vode na danem odseku

To pot bo zrno opravilo, če hitrost vode v peskolovu ne bo prevelika in če v vodi ne bo vrtinčenja. Da bi to dosegli je potrebno vtočni objekt razširiti in poglobiti, da bo voda imela čim manjšo hitrost. Razširitev in poglobitev izvedemo v skladu z našimi zmožnostmi. Upoštevati moramo naravne danosti in seveda ekonomski vidik. (Valant, 1986)

Vsak peskolov mora imeti naslednje karakteristike, če jih je le mogoče zagotoviti: (Valant, 1986)

- Prehod iz vtočnega dela v komoro tako, da se poglobi za višino p razširi od b na B.

- Dno peskolova mora biti močno nagnjeno (od 5 do 10 cm na meter), da pri izplakovanju proda voda dobi čim večjo hitrost. Zaradi lažjega odplakovanja je prerez pri dnu največkrat trapezne oblike.
- Izpustni kanal je opremljen z izpustno zapornico. Služi za izplakovanje proda.
- Vtok v dovodni kanal ali cevovod je opremljen z zapornico. Z njo zapiramo dovodni kanal kadar čistimo peskolov. Ta zapornica ni potrebna če jo že imamo na vtoku v peskolov.
- Preliv



Slika 6/87

Peskolov

a - vzdolžni rez po osi 5-5, b - rez 4-4, c - prerezi

1 - vtok s hitrostjo  $v_0$ , 2 - zapornica, 3 - razširitev in poglobitev,

4 - komora peskolova, 5 - izpustna zapornica, 6 - zapornica v kanal,

7 - prodni izpust, 8 - vtok v kanal, 9 - preliv

Slika 3.1: Priporočene karakteristike peskolova (Valant, 1986)

### 3.5 Dimenzioniranje fine rešetke

Pri dovajanju obratovalne vode v odprtem kanalu s prosto gladino, kamor lahko pridejo še različni predmeti na odvzemu opustimo drobno rešetko (izvedemo grobo rešetko na odvzemu) in jo namestimo šele pred vtokom v cevovod ali turbino. (Valant, 1986)

Rešetka je lahko vbetonirana lahko pa je tudi montažna, da jo po potrebi odstranimo. Pri malih površinah je iz enega kosa, pri večjih pa večdelna. Izdelana je v obliki okvirja s privarjenimi palicami iz ploščatega železa. Razdalja med palicami naj bo med 2 in 10 cm, odvisno od velikosti turbine in vrste plavin, ki jih nosi voda. Kadar je rešetka zelo visoka jo podpremo na tretjini ali polovici višine. Zaradi lažjega čiščenja in boljše pretočnosti rešetko zamaknemo pod kotom 70°. (Valant, 1986)

Debelino palic izračunam po enačbi: (Valant, 1986)

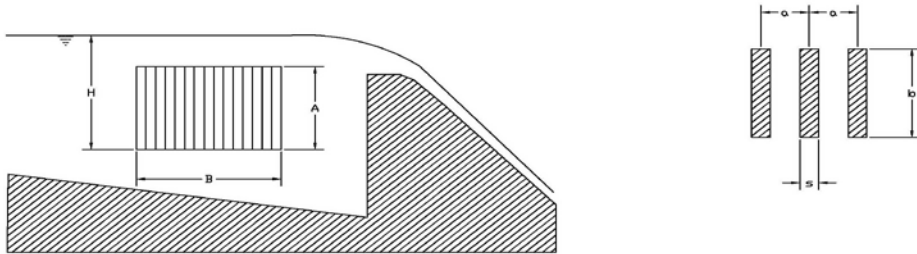
$$s = 12,33 * \sqrt[3]{a * H * A^2} \quad (18)$$

s...[mm] debelina ploščate palice pri kateri znaša višina  $b=5*s$

a...[m] razdalja med osmi palic

H...[m] višina visoke vode nad sredino rešetke

A...[m] dolžina palic



Slika 3.2: Prikaz dimenzij pri računu fine rešetke



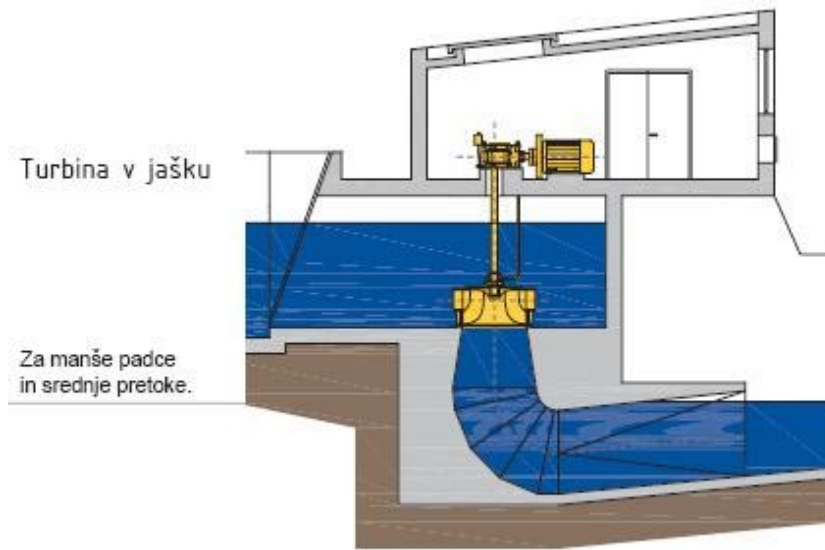
Slika 3.3: Fine rešetke s čistilnim strojem (HE Soteska)

## **4 ELEKTRO-MEHANSKA OPREMA**

### **4.1 Strojnica**

Strojnica je objekt v katerem so nameščena pogonska in elektromehanska oprema. Velikost in oblika strojnice je odvisna od terena, padca in instaliranega pretoka, ki ga z elektromehansko opremo izrabljamo. Pri izvedbi strojnice je pomembna pravilna izvedba temeljev, na katerih sta postavljena turbina in generator. Če sta turbina in generator spojena, je potreben samo en temelj, če pa sta povezana z jermenom potrebujeta vsak svoj temelj. Zaradi obratovanja agregata (sestavljata ga turbino in generator) lahko prihaja do tresljajev, ki škodijo stavbni konstrukciji, zato je potrebno ločiti temelje strojne opreme od strukture stavbe strojnice in tako preprečimo prenos tresljajev na stavbno konstrukcijo in posledično preprečimo poškodbe lete. Zaradi natančne izvedbe strojne opreme je potrebna tudi velika natančnost pri montaži opreme. Vsaka turbina ima natančno določen višinski položaj svoje osi nad spodnjo gladino vode in tako je tudi določen položaj strojnice. Ti podatki so pridobljeni iz strani proizvajalca turbin.

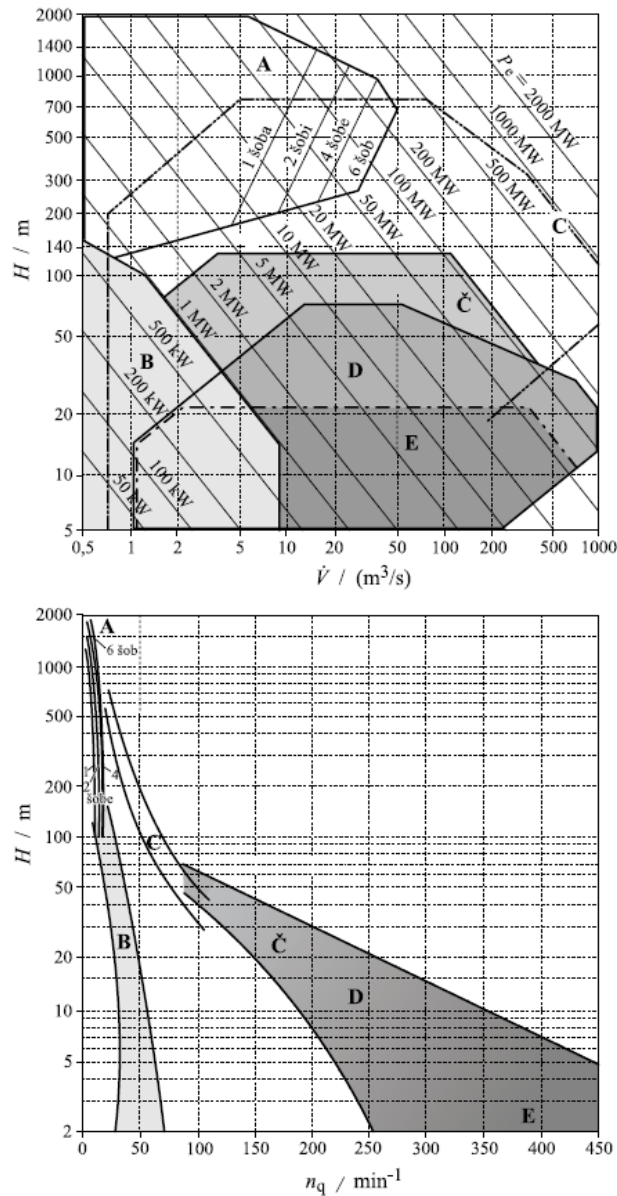
Pri izgradnji strojnice je potrebno paziti na enostavnost montaže opreme in izvedbo konstrukcije stavbe. Sem spada izvedba primerne odprtine za dostavo strojne opreme, izvedba stropnega žerjava ali obes na stropu za dvig težkih strojnih delov, izvedba oken, ki služijo prezračevanju objekta (strojna oprema se med obratovanjem pregreva). Poleg primerne hidro izolacije pa ne smemo pozabiti tudi na termo izolacijo, saj v primeru zaustavitve turbine v zimskem obdobju, lahko pride do zamrznitve in poškodbe strojne opreme.



Slika 4.1: Turbina v jašku in strojnica ([http://www.hydro-hit.si/sl/tipi\\_elektrarn](http://www.hydro-hit.si/sl/tipi_elektrarn))

## 4.2 Turbine

Vodne turbine so pogonski stroji, ki opravljajo delo pri pretvarjanju potencialne energije v kinetično energijo. Tekoča voda odda del svoje energije vodnemu kolesu. Vodna kolesa so poznali že v starem veku. Tudi vodne turbine v hidroelektrarnah so vodna kolesa, le da so velike jeklene mojstrovine, te pa v primerjavi z vodnim kolesom vodi odvzemajo do 92% energije. Razvitih je bilo že kar nekaj tipov vodnih turbin, vendar so se nekako najbolj uveljavile Peltonova, Francisova ter Kaplanova turbina. Vgrajevanje teh turbin v hidroelektrarne pa je odvisno predvsem od padca ter pretoka vode. ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005 /vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))



Graf 4.1: Območje uporabe glavnih vrst turbin; A- Pelton, B- Banki, C- Francis, Č- Deriaz, D- Kaplan, vertikalne, E- Kaplan, horizontalne (Tuma, 2005)

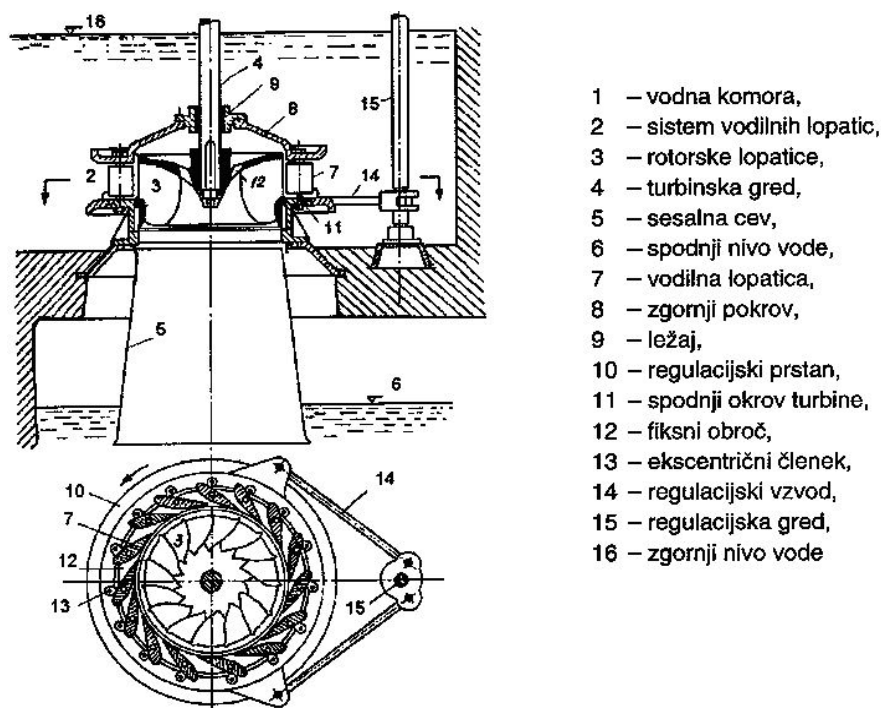
Najvažnejša sestavna dela vsake turbine sta gonilnik in okrov. Gonilnik je vodno kolo, pogosto ga imenujemo tudi rotor, sestavljen pa je iz lopatic, ki sprejemajo energijo vode in jo pretvarjajo v mehansko energijo. Mehanska energija se prenaša na gred gonilnika. Drugi pomemben del turbine imenujemo okrov, pogosto tudi »stator«, njegova funkcija pa je, da obdaja ter nosi vse dele v turbini. Glede na lastnosti posameznih tipov vodnih turbin jih delimo na: ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))

- a) Način pretvarjanja vodne energije:
- akcijske ali enotlačne (Pelton,...),
  - reakcijske ali nadtladne (Francis, Kaplan,...).
- b) Pri akcijskih vodnih turbinah se vsa kinetična energija spremeni v potencialno energijo v vodniku, pri nadtlacnih oz. reakcijskih pa se en del te energije spremeni šele na gonilniku. Vodne turbine locimo tudi glede na smer pretoka vode:
- radialne (Francisova),
  - aksialne (Kaplanova),
  - diagonalne (Deriaz),
  - tagencialne (Peltonova).
- c) Locimo pa jih tudi glede na lego osi vodne turbine:
- vertikalne,
  - horizontalne,
  - poševne.

#### 4.2.1 Francis

Francisova vodna turbina se imenuje po izumitelju Jamesu B. Francisu, ki je leta 1848 izdelal oziroma izboljšal že obstojeco vodno turbino. Njegovi matematični in grafični izračuni so pripomogli k boljšemu projektiranju turbin. Francisova vodna turbina spada med reakcijske vodne turbine, kar pomeni, da se tlak vode spreminja, ko teče skozi turbino in oddaja energijo. Ves okrov francisove turbine je napolnjen z vodo, kar pomeni, da na vse lopatice gonilnika deluje enaka sila. Moč turbine je odvisna od pretoka vode in smeri toka vode glede na lopatice gonilnika. Za regulacijo dotoka vode ima francisova turbina nameščene lopatice tudi v okrovu turbine. Lopatice v okrovu so medsebojno povezane v mehanizem imenovan vodilnik. S pomočjo spreminjanja lege teh lopatic lahko reguliramo moč turbine. Gredi gonilnikov so lahko nameščeni vodoravno ali navpčno. Te vrste turbin uporabljamo za srednje velike padce od 10 do 400 metrov. Izkoristek Francisove turbine je do 0,9. ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005 /vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))





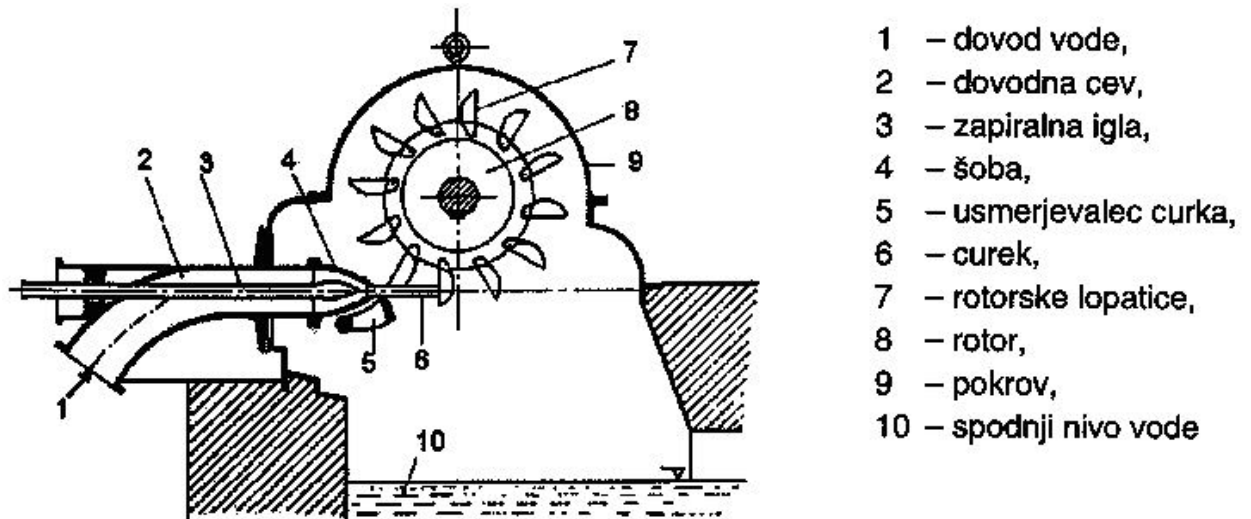
- 1 – vodna komora,
- 2 – sistem vodilnih lopatic,
- 3 – rotorske lopatice,
- 4 – turbinska gred,
- 5 – sesalna cev,
- 6 – spodnji nivo vode,
- 7 – vodilna lopatica,
- 8 – zgornji pokrov,
- 9 – ležaj,
- 10 – regulacijski prstan,
- 11 – spodnji okrov turbine,
- 12 – fiksni obroč,
- 13 – ekscentrični členek,
- 14 – regulacijski vzvod,
- 15 – regulacijska gred,
- 16 – zgornji nivo vode

Slika 4.2: Francisova turbina ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))

#### 4.2.2 Pelton

Lester Allan Pelton je leta 1879 izumil vodno turbino, leta 1880 jo je tudi patentiral pod svojim imenom. Peltonova vodna turbina spada med akcijske oziroma enotlačne vodne turbine. Danes te vrste turbin uporabljamo pri visokih padcih in majhnih količinah vode. Padci vode so lahko tudi do 2000 metrov. Peltonova vodna turbina je vedno priključena na tlačni cevovod, ki se pred turbino zaključuje s šobo iz katere teče voda v curku na gonilnik (lopatice turbine). Namestitev turbine je lahko vodoravna ali pa navpična. Curek vode, ki priteče iz šobe brizga z veliko hitrostjo tangencialno na lopatice turbine, ki pa so zvarjene iz dveh delov v obliki enojne ali dvojne zajemalke. Količino vode, ki priteče na lopatice turbine reguliramo z pomočjo igle v šobi. S pomočjo servomotorjev pomikamo iglo v ali iz šobe. Pri tem se spreminja pretok vode. Pred šobo najdemo tudi odklonilnik curka, katerega funkcija je, da v trenutku močno povečanega tlaka zaradi zapiranja igle ta curek preusmeri in s tem zmanjša pritisk na lopatice. Peltonove turbine lahko dosežajo moci do 250MW (lako tudi več),

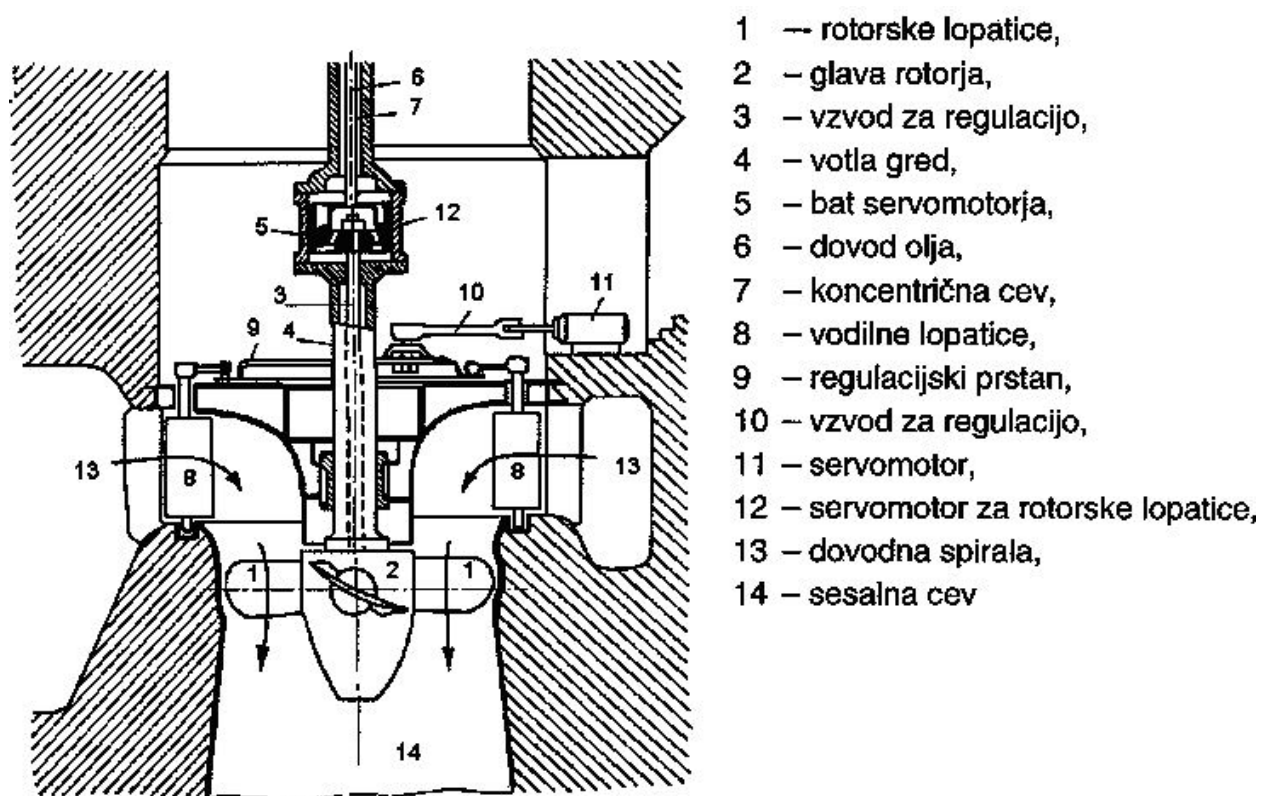
izkoristek teh turbin pa je 0,85 do 0,9. ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))



Slika 4.3: Peltonova turbina ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))

### 4.2.3 Kaplan

Avstrijski profesor Viktor Kaplan je leta 1913 leta v Brnu izumil vodno turbino z nastavljivimi lopaticami gonilnika t.i. propelerski tip turbine. To vrsto vodne turbine je nadgradil iz francisove vodne turbine. Novost pri tej vrsti turbine so nastavljive lopatice na gonilniku. Le te lahko reguliramo s pomočjo hidravlike speljane skozi votlo os gonilnika. Profil lopatice je podoben profilu letalskega krila. V kaplanovi vodni turbini prav tako najdemo vodilnik, torej lahko reguliramo moč turbine s pomočjo obeh nastavitvev lopatic. Takšna regulacija je zelo dobra, saj z njo dosegamo najboljše izkoristke, čez 0,9. Kaplanovo vodno turbino uporabljamo pri majhnih padcih (do 70m) in večjih pretokih vode. Trenje v sami turbini je majhno, na gonilniku pa lahko najdemo od 2 do 8 kril. Vtok vode v turbino je radialen, pretok pa aksialen. ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))



- 1 -- rotorske lopatice,
- 2 – glava rotorja,
- 3 – vzvod za regulacijo,
- 4 – votla gred,
- 5 – bat servomotorja,
- 6 – dovod olja,
- 7 – koncentrična cev,
- 8 – vodilne lopatice,
- 9 – regulacijski prstan,
- 10 – vzvod za regulacijo,
- 11 – servomotor,
- 12 – servomotor za rotorske lopatice,
- 13 – dovodna spirala,
- 14 – sesalna cev

Slika 4.4: Kaplanova turbina ([http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005 /vodne\\_turbine.html](http://tehnika.fnm.unimb.si/projekti/energetika%2005/vodne_turbine.html))

### 4.3 Način obratovanja

Pri mHE poznamo dva osnovna načina obratovanja; otočnega in vzporednega. Pri otočnem napaja generator z električno energijo svojo mrežo, ki je ločena od javne (lahko pa je tudi povezano v javno mrežo). Pri vzporednem obratovanju pa je generator povezan v mrežo, ki jo napajajo tudi drugimi generatorji. Vzporedno obratovanje je ekonomsko bolj upravičeno zaradi naslednjih razlogov: (Šolc, 1983)

- Neporabljeno energijo, ki jo proizvaja mHE oddaja v javno mrežo
- M HE deluje neprekinjeno s tolikšno močjo kot dovoljuje dotok vode
- kWh oddane v omrežje elektrogospodarstvo plačuje po pogodbeno določeni ceni
- Oprema je cenejša kot pri otočnem obratovanju

## 4.4 Generatorji

Pri izbiri generatorja moramo upoštevati moč generatorja, ki je določena z razpoložljivo močjo, ki jo prejema na gred od turbine in hitrost vrtenja generatorja oz št. polov, ki je določeno s hitrostjo turbine. Ponavadi uporabimo generator s čim večjo hitrostjo, saj so hitri generatorji za enako moč cenejši od počasnih. Prav tako je pomemben tudi način pritrditve generatorja za obliko generatorja in mehanska zaščita za preprečitev nevarnosti dotika električne napetosti in škodljivega vpliva, ki ga imajo tujki, prah in voda. (Šolc, 1983)

Vsak generator mora biti opremljen s tablico, ki vsebuje nazivne podatke, ki poleg splošnih podatkov (tip turbine, tovarniška številka, letnica izdelave...) vsebujejo tudi podatke o obratovanju (navidezna moč, faktor moči  $\cos\phi$  (velja za sinhronske generatorje), napetost, tok, frekvenca, vrtilna hitrost). Vrsta podatkov navedenih na tablici je odvisna tudi ali gre za sinhroni ali asinhroni generator. (Klemenc, 1986)

Osnovna izbira generatorja je odvisna od načina obratovanja mHE. Pri otočnem obratovanju lahko uporabimo sinhronske ali asinhronske generatorje z lastnim vzbujanjem, pri vzporednem pa navaden asinhronski generator. Asinhronski generatorji so cenejši, vendar sami ne morejo ustvariti električne napetosti. Zato pri izgubi električne napetosti v mreži prenehajo proizvajati energijo. (Klemenc, 1986)

### 4.4.1 Sinhronski generatorji

Poznamo tri vrste sinhronskih generatorjev, ki jih uporabljamo pri MHE:

**Sinhronski generator s prigradenim enosmernim vzbujevalnikom** ima neposredno prigraden manjši enosmerni generator. Energija pri vzbujanju je neodvisna od energije na izhodu iz generatorja, zato le ta dobro premaguje prehodne obremenitve. Vendar pa je ta generator razmeroma drag in zahteva precej vzdrževanja. (Klemenc, 1986)

**Pri sinhronskemu generatorju s rotirajočimi diodami** je prednost v tem, da ne potrebuje skoraj nobenega vzdrževanja. Kljub temu, da je energija za vzbujanje vzbujevalnika odvisna od napetosti na izhodu iz generatorja, še vedno uspešno premaguje prehodne obremenitve, vendar pa pri njemu obstaja nevarnost kratkega stika, ki ogrozi navitje generatorja, zato je za njegovo zaščito potrebno predvideti posebne ukrepe. Zaradi zmerne cene, enostavnosti in zanesljivosti je zelo primeren za MHE. (Klemenc, 1986)

**Tretja vrsta je sinhronski generator s statičnim vzbujanjem**, kjer vzdrževanje ni zahtevno, je najcenejši od vseh treh in je zelo primeren tam, kjer je predvideno otočno obratovanje brez priključenih večjih motorjev. (Klemenc, 1986)

#### 4.4.2 Asinhronski generatorji

Najpreprostejši je asinhroni kratkostični motor, ki je brez kakršnih koli dodatkov uporaben kot generator za vzporedno obratovanje. Najcenejši je v izvedbi s kratkostično kletko, saj je zaradi preproste konstrukcije rotor dovolj trden, da zmore brez škode prenesti tudi povečano vrtilno hitrost pri pobegu turbine. Vzbujevalno energijo tak generator vzema iz omrežja. Če želimo zmanjšati odvzema vzbujevalne energije moramo vzporedno z generatorjem priključiti tudi kondenzatorje, ki pokrijejo del potreb po magnetnem toku. (Klemenc, 1986)

Ker je napetost na generatorju določena z napetostjo omrežja, ne potrebujemo regulatorja napetosti. Ker je hitrost regulatorja večja od vrtilnega polja omrežja, ni potrebe, da je turbina opremljena z regulatorjem hitrosti. Zato so dobre strani takega generatorja cena, preprostost, zanesljivost, serijska izdelava, enostaven priključek na omrežje in minimalna vzdrževalna dela..slabost pa popolna odvisnost od omrežja in nevarnost samovzbujanja. (Klemenc, 1986)

Če asinhronemu generatorju na izvode navitij priključimo kondenzatorje, ki so dovolj močni, da pokrijejo potrebo po magnetilnem toku, dobimo **asinhroni generator z lastnim vzbujanjem**, ki lahko deluje kot samostojni generator brez priključka na javno omrežje.

Poznamo štiri vrste asinhronih generatorjev: navaden asinhronski kratkostični motor z deljeno kondenzacijsko vzbujačo baterijo, navaden asinhronski kratkostični motor z vzbujevalnim kondenzatorjem in nasičeno dušilko, asinhronski generator z nasičenim magnetnim krogom in reluktični asinhronski generator. (Klemenc, 1986)

#### **4.5 Zaščita električnih naprav in opreme**

Če je mHE pravilno načrtovana in če je v njej uporabljena kakovostna oprema, lahko varno in zanesljivo obratuje. Vendar pa moramo vedno pričakovati nepravilnosti, ki se lahko pojavajo v omrežju, na katero je priključena mHE. Vse nepravilnosti utegnejo povzročiti hude posledice zlasti na električnih napravah in opremi. Da to preprečimo, moramo varovati vso opremo, predvsem pa generator. Zaščita mora biti taka, da zanesljivo varuje naprave pred okvarami, če pa so že nastale, jih mora omejiti. Zaščitna oprema mora biti kvalitetna, enostavna in zanesljiva. (Klemenc, 1986)

Najhujši sovražnik električnih naprav je previsoka temperatura. Ta uničuje izolacijo navitij, s tem pa se manjša mehanska trdnost vodnikov. Povečana temperatura nastane zaradi povečanja toka, ki je večji od nazivnega pri preobremenitvah in kratkih stikih. V mHE uporabljamo za zaščito pred kratkimi stiki varovalke, pri preobremenitvah pa za zaščito izberemo bimetalne releje. (Klemenc, 1986)

Drugi nevarni sovražnik je previsoka napetost, ki obremenjuje izolacijo. Vzrok prenapetosti so lahko napake pri regulaciji napetosti ali nagla razbremenitev generatorja pri pobegu turbine. Opremo zaščitimo s prenapetostnimi odvodniki ali releji. Poleg temperature in napetosti je potrebna tudi zaščita proti vlagi, ki jo dosežemo s čim boljše mehansko zaščito. (Klemenc, 1986)

Izolacija se lahko pokvari tudi zaradi mehanskih vplivov. Zaradi okvar izolacije pride napetost na kovinski okrov. Za tak primer uporabimo zaščito pred zemeljskim stikom, torej napetostno ali tokovno zaščitno stikalo. Tudi nizka napetost je nezaželjena. To povzroči povečan tok, kar pomeni delovanje bimetalne zaščite. Pri zelo močnem znižanju ali izpadu napetosti pa se bo izključil generatorjev kontaktor. (Klemenc, 1986)

Velik problem so tudi višji harmonični tokovi, ki se zaključujejo skozi nevtralni vodni. S tem se vodnik obremeni pa tudi fazni vodniki se segrevajo. Tu uporabimo zaščito pred dodatnim segrevanjem, kar pomeni zaščito pred komponentami višjih harmoničnih tokov. (Klemenc, 1986)

Če se pojavi nesimetrično obratovanje, izvedemo zaščito s pomožnimi releji, ki ob preobremenitvi izklopi in vstavi turbino. Pravilno izbrana in dovolj kakovostna zaščitna oprema bo opravila svojo nalogo, če jo bomo vestno vzdrževali in preizkušali. Opremo pregledujemo vsaj enkrat letno. (Klemenc, 1986)

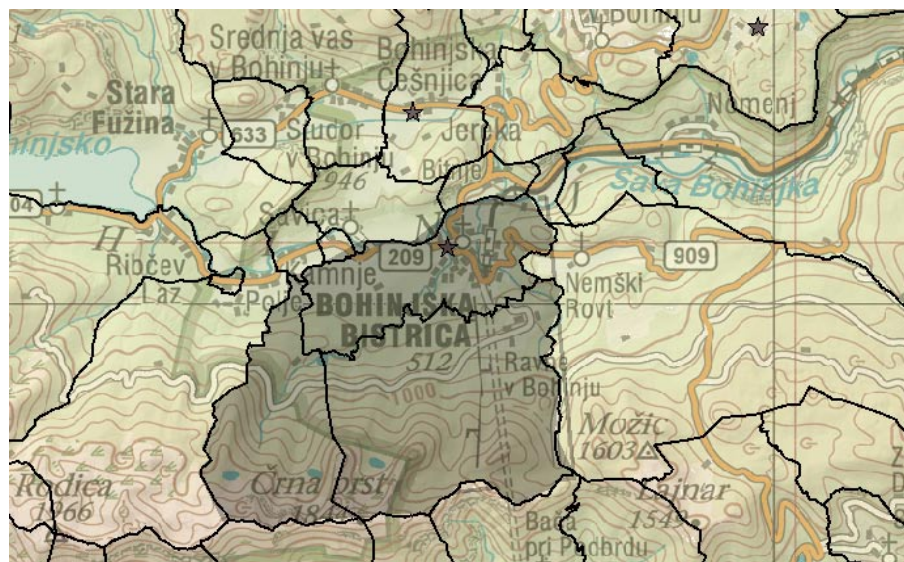
## 5 IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE mHE KITIČ

### 5.1 Opis obstoječega stanja

#### 5.1.1 Naravne značilnosti na danem odseku

Diplomska naloga obravnava obnovo mHE Kitič na Bohinjski Bistrici. Bohinjska Bistrica je manjši vodotok dolžine približno 4,3km, s približno 25 km<sup>2</sup> velikim prispevnim področjem in srednjim letnim pretokom na vodomerni postaji Bohinjska Bistrica 3,161 m<sup>3</sup>/s (za obdobje 1969 – 2005). Površina in dolžina povodja ni točno določena, zaradi značilnega kraškega prispevnega področja. Približno površino in dolžino vodotoka sem določil s pomočjo atlasa Okolja na spletni strani agencije Republike Slovenije za okolje.

Bohinjska Bistrica se danes že izkorišča v hidroenergetske namene, saj na njej že obratujeta dve hidroelektrarni in ena od teh je mHE Kitič, ki že ima koncesijo za obratovanje. Predmet mojega diplomskega dela je obravnava možnosti izboljšanja in povečanja pridobivanja električne energije na mHE Kitič. Geodetski posnetek obstoječega stanja mHE Kitič sem priložil pod prilogo A.



Slika 5.1: Prispevno področje ([http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.asp?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.asp?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso))





Slika 5.2: Lokacija mHE Kitič ([http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso))

### 5.1.2 Zgodovina objekta

Sami začetki proizvodnje električne energije na Bohinjski Bistrici, segajo v začetek 20 stoletja. Takrat si je železniška uprava za potrebe izgradnje Bohinjskega predora, prizadevala postaviti najsodobnejše obrate z modernimi stroji in napravami. Osnovni pogoj za nemoteno obratovanje je bil stalni in zanesljiv vir električne energije. Potok Bistrica, ki sta ga zahodno od predora tvorila dva ločena izvira, drug od drugega oddaljena 500m sta bila primeren vodni vir za proizvodnjo električne energije. Skupni pretok obeh izvirov je znašal 800 l/s (v sušnem obdobju 500 l/s) in koristnim padcem 93m. Tak padec in pretok so nameravali izkoristiti za pogon generatorjev in prezračevalnih ventilatorjev. Po pridobitvi dovoljenja za zajezitev potoka Bistrica so leta 1901 pričeli z izgradnjo strojnice. Za izgradnjo strojnice in pripadajočih objektov so uredili pet parcel. Zgradili so jih na delu temeljev nekoč veliko obsežnejše bistriške železarne- Fužina Bistrica, ki je oktobra 1890 popolnoma pogorela. V kamniti stavbi, ki še danes stoji nasproti Zoisovega gradu, so do konca izgradnje predora proizvajali elektriko. Nato pa je bila od leta 1913 v njej ribogojnica, ki je dokončno prenehala obratovati pred kratkim. (Sorč, 2006)

Vodna tokova izvirov Bistrice so zajeli v vodohranu in jih po tlačnem cevovodu s premerom 750 mm in dolžine 856 m pripeljali do strojnice, kjer so jih preko pretočnih regulatorjev speljali na tri turbine. Cevovod je imel 87 m padca. Iz istega vira so tudi oskrbovali pomembnejše zgradbe s pitno vodo. (Sorč, 2006)

Visokotlačna turbina je pri pretoku vode 555 l/s lahko razvila moč 337 kW (450KM). Prigrajen ji je bil vztrajnik, ki je bil neposredno spojen s horizontalno ležečo, osemkrat uležajeno glavno gredjo. Na njej so bile vgrajene štiri pogonske jermenice, ki so preko širokih jermenov poganjale električne generatorje v sledečem zaporedju; Prvi generator za enosmerni tok je proizvajal energijo za razsvetljavo z napetostjo 2 x 220V. Ta generator je dovajal energijo za 17 obločnic in približno 300 žarnic, s katerimi so razsvetljevali delovišče v predoru in pred njim. Generator pa je gnal tudi 10 kW elektromotor, ki je gnal šest stebni vrtalni stroj, dve stružnici, brusilni kamen, pnevmatsko kladivo, krožno žago in ventilator za podpihovanje štirih kovaških ognjišč. Drugi in tretji generator sta proizvajala trifazno napetost

6 kV, ki so jo uporabljali tudi na podbrški strani. Četrty trifazni generator z močjo 34 kW je proizvajal električno energijo z napetostjo 2,2 kV za napajanje štirih elektromotorjev na glavnem vrtalnem stroju. (Sorč, 2006)

Po izgradnji tunela so objekte hidroelektrarne uporabili za ribogojnico, visokotlačni cevovod pa uporabili za sodobnejšo malo hidroelektrarno, ki so jo postavili nekoliko višje ob Bohinjski Bistrici. Odprti kanal, ki je v času izgradnje služil za dovod vode, ki so jo uporabili za izpiranje peska, je po končani izgradnji tunela služil kot dovod vode v ribogojnico. Na tem kanalu pa je bila kasneje zgrajena mala hidroelektrarna Kitič, ki je bila obnovljena leta 1991 in v nespremenjenem obsegu in izgledu deluje še danes.

### 5.1.3 Opis objektov

Pri MHE Kitič znaša bruto padec 3,6 m. Bruto padec nam zagotovi jez na Bohinjski Bistrici, iz katerega je izpeljan dovodni kanal do MHE. Do izgube padca pride na vtoku in grobih rešetkah (0,04 m), na zavojju in drobnih rešetkah (0,06 m). Izgube v dovodnem kanalu lahko zanemarimo, tako da neto padec  $H$  znaša 3,5 m. Na vstopu v kanal so nameščene grobo rešetko širine 3,5 m in višine 2,5 m. Za rešetko so dvodelne tablaste zapornice s katerimi je uravnavan dotok Bistrice v kanal. Širina posamezne zapornice znaša 1,7 m. Nato se dovodni kanal zoži na širino 3,1 m in višino 2,1 m. Dolžina dovodnega kanala znaša 13,2 m. Na koncu dovodnega kanala imamo narejen sistem, ki je zgrajen iz treh delov: izpusta, kanala za dovajanje vode v ribogojnico in dovoda v dva turbinska jaška. Na koncu kanala je dno kanala dvignjeno. Preko praga voda vstopa v dovodni kanal za ribogojnico. Dotok vode v kanal je reguliran z tablasto zapornico širine 1,5 m in prelivom na višini tal kanala. Pred turbinskima jaškoma je postavljena drobna rešetka širine 3,8 m in višine 2,1 m. Za njimi pa dve predturbinski tablasti zapornici širine 2,2 m oz. 1,4 m, s katerimi je uravnavan dotok vode do posamezne turbine. Turbini imate pri  $H=3,5$  m naslednje lastnosti : (Šolc, 1991)

-požiralnost večje turbine je  $Q=1,826$  m<sup>3</sup>/s,

$n=135$  /min,  $P_t=50$ kW

-požiralnost manjše turbine je  $Q=1,169$  m<sup>3</sup>/s,

$n=168$  /min,  $P_t=32$ kW

Generatorja, ki sta priklopljena na turbini sta osem polna, asinhronska in lahko proizvedeta 55 kW na večji turbini in 37 kW na manjši turbini. Nato voda preko sesanih cevi odteče po odvodnem kanalu nazaj v Bistrico. (Šolc, 1991)



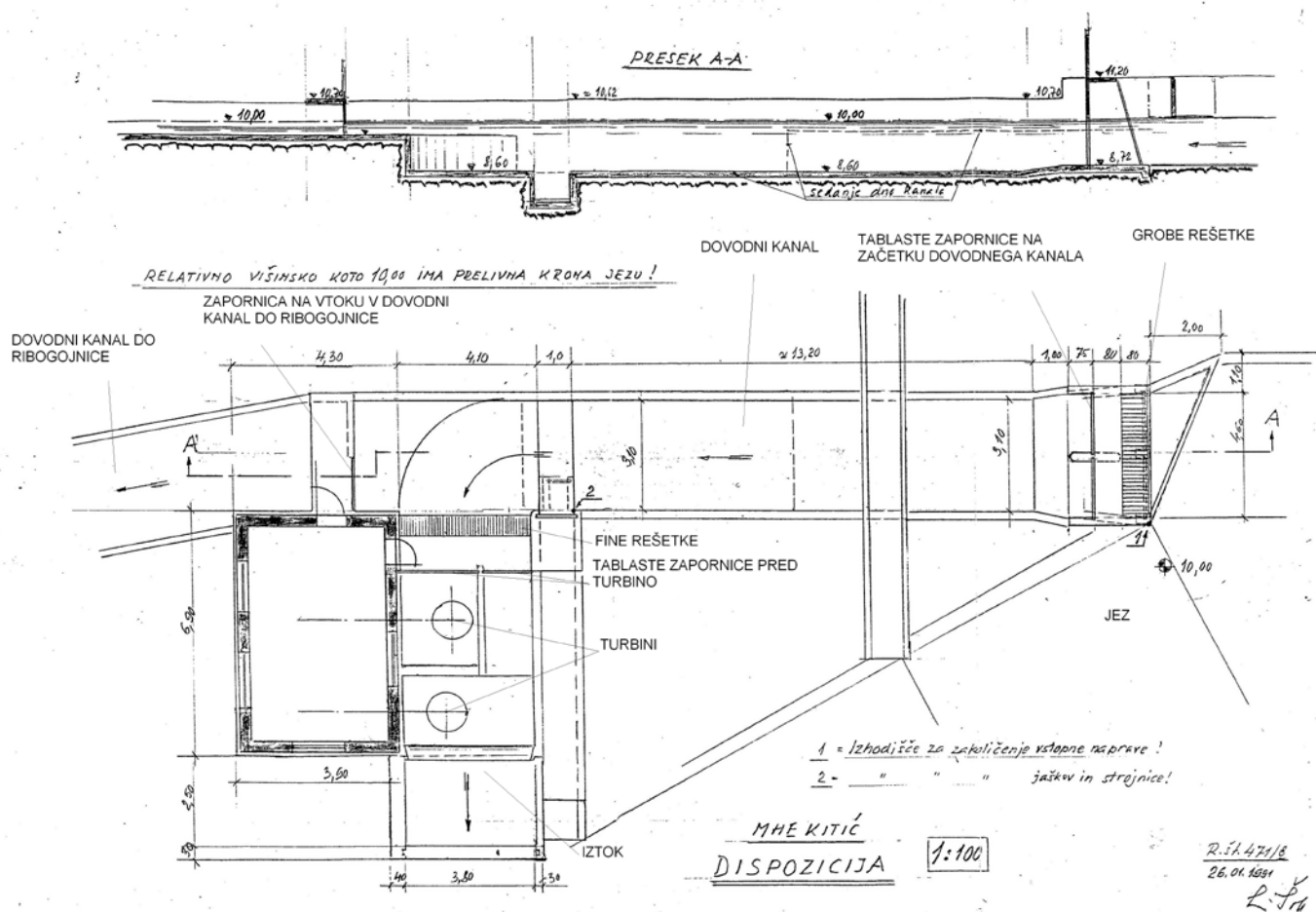
Slika 5.3: Tablaste zapornice na vstopu v dovodni kanal in jez na Bistrici



Slika 5.4: Drobna rešetka pred predturbinskimi zapornicami, ter pričetek dovodnega kanala za ribogojnico z tablasto zapornico in prelivom.



Slika 5.5: Turbinski jašek z turbino



Slika 5.6: Situacija obstoječe mHE Kitič

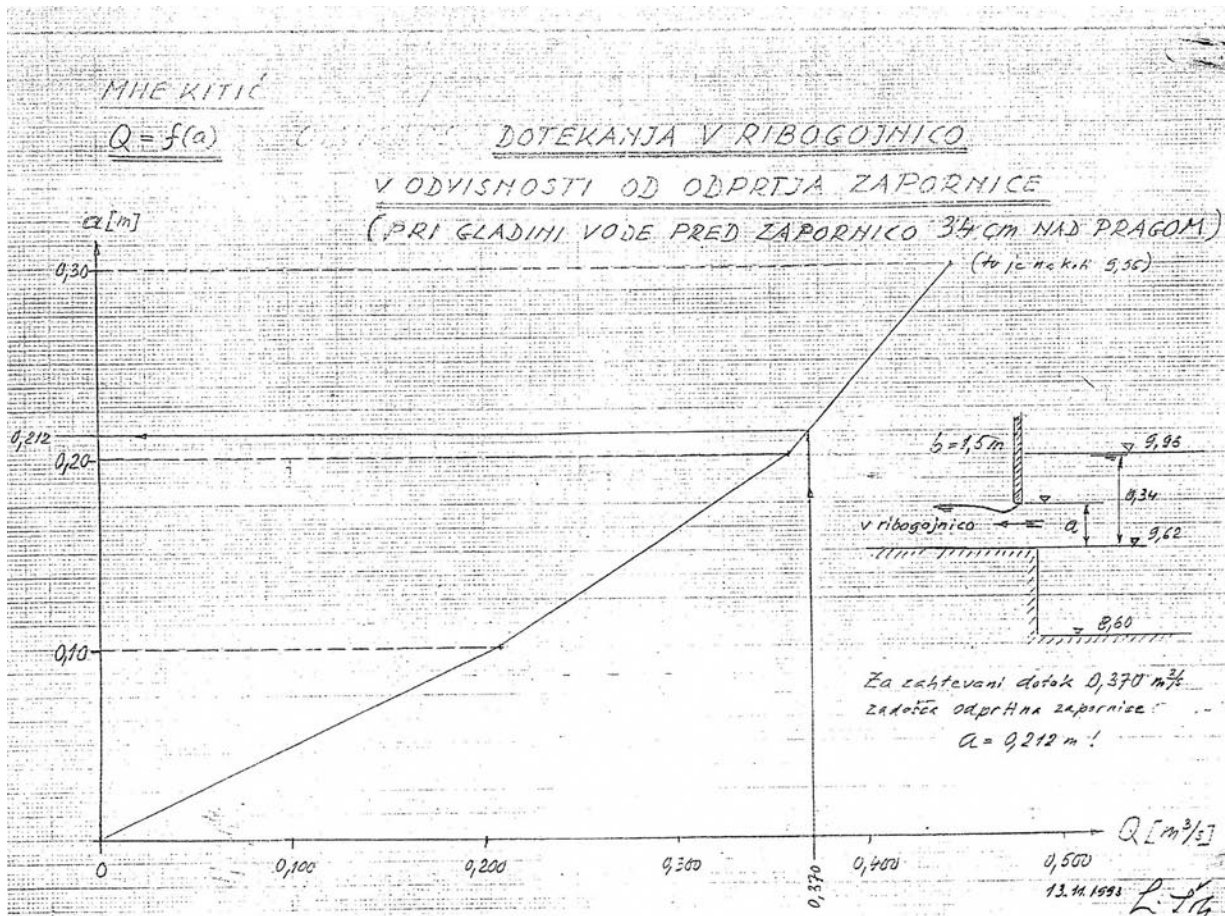
#### 5.1.4 Dosedanji režim obratovanja MHE Kitič

Z upoštevanjem zahteve ribogojnice znaša pretok v dovodnem kanalu (do dozirne zapornice za ribogojnico) in upošteva nominalne požiralnosti turbin: (Šolc, 1991)

Obvezni dovod v ribogojnico	0,370 m <sup>3</sup> /s
Požiralnost večje turbine ( nominalna)	1,826 m <sup>3</sup> /s
<u>Požiralnost manjše turbine (nominalna)</u>	<u>1,169 m<sup>3</sup>/s</u>
Skupaj	Q= 3,365 m <sup>3</sup> /s

Račun hidravlične izgube v dovodnem kanalu (po dimenzijah projekta) kaže, da so pri tem pretoku izgube zanemarljivo majhne. Ko znaša dotekanje vode po strugi Bistrice 3,365 m<sup>3</sup>/s, vstopa vsa dotekajoča količina vode v dovodni kanal in gladina vode pred zapornico za ribogojnico bo na relativni koti 9,96. (Relativna kota prelivne krone jezua 10,00 po projektu zmanjšana za predpostavljeno izgubo na vtoku v dovodni kanal 0,04 m) (glej sliko 5.6). (Šolc, 1991)

Vzdrževanje vodne gladine na koncu dovodnega kanala na koti 9,96 zagotavlja potrebno dotekanje vode v ribogojnico pri dvigu zapornice za 21,2 cm, kot kaže priloženi graf 5.1, o pretoku skozi zapornico v odvisnosti od dviga zapiralne plošče. (diagram je narisana na temelju računa pretoka pri dvigih a= 10, 20 in 30 cm). (Šolc, 1991)



Graf 5.1: Diagram pretokov skozi zapornico (Šolc, 1991)

Pri dotekanju Bistrice  $Q=3,365 \text{ m}^3/\text{s}$ , je možno vzdrževati zgornjo vodno gladino na koncu dovodnega kanala na koti 9,96 pri skupni požiralnosti obeh turbin v višini  $1,826 + 1,169 = 2,995 \text{ m}$ , kar pomeni na sponkah generatorjev skupno moč  $43,5 + 27,4 = 70,9 \text{ kW}$ . Po podatkih projekta bi odpiranje turbin za doseganje moči nad to mejo ogrozilo obvezno dovajanje vode v ribogojnico. (Šolc, 1991)

Pri dotokih Bistrice pod  $3,365 \text{ m}^3/\text{s}$  je treba prav tako vzdrževati vodno gladino na relativni koti 9,96 s primernim priprtjem vodilnikov obeh turbin oziroma obratovanjem ene same turbine, seveda te ustrezno priprte, če ni vode za 43,5 oz. 27,4 kW na sponkah generatorja. Iz krivulje trajanja razberemo da 5,5 mesecev v letu obratujeta obe turbini, 1,5 meseca obratuje samo večja turbina in 4 mesecev obratuje le manjša turbina, ter 1 mesec v letu zaradi

prenizkega vodostaja elektrarna ne obratuje. Pri tem ostaja zapornica odprta 21,2 cm (glej graf 5.1). (Šolc, 1991)

Šele ko je dotekanje Bistrice povečano preko 3,365 m<sup>3</sup>/s ( kar traja približno samo 3 mesece na leto) in se hoče voda prelivati preko jezua kljub obratovanju elektrarne s skupno močjo 70,9 kW in odprtju zapornice za 21,2 cm, se lahko turbine preodprejo in izkoriščajo rezervo v njuni požiralnosti in moči. Tudi pri tem je treba paziti, da gladina vode ne pade pod koto 9,96. Če je dotekanje Bistrice tolikšno, da se gladina vode dvigne preko kote 9,96 kljub do kraja odprtim turbinam in zapornici z nespremenjeno odprtino, bo v ribogojnico dotekalo več vode kot je obvezno, kar pa ne bo povzročilo škode pri proizvodnji električne energije. (Šolc, 1991)

### 5.1.5 Predlogi in možnosti renovacije

- Zaradi zaprtja ribogojnice, se lahko pretok na turbinah poveča za 0,370 m<sup>3</sup>/s. Dosedanji režim obratovanja je bil vezan na zagotavljanje konstantnega dotoka vode v ribogojnico. Ribogojnica je zaradi neprimernih razmer vodotoka (prenizka temperatura vode) prenehala obratovati. Povečan pretok, ki ga s tem pridobimo, lahko uporabimo za večjo proizvodnjo električne energije. Povečan pretok pa vpliva tudi na izbiro tipa turbine in števila turbin na novem objektu.
- Dvig gladine vode, ki ga bomo dosegli s povišanjem prelivne krone obstoječega jezua. Dosedanji jezik je že nadvišan s pomočjo hrastovih plohov. Zaradi neoskrbovanja in sanacije obstoječega jezua to nadvišanje pušča in tako zmanjšuje gorvodno gladino. Z sanacijo, bi zamenjal obstoječe hrastave plohe z betonskim nadvišanje krone jezua, ki bi preprečila uhajanje vode in zniževanje gorvodne gladine. V sklopu tega nadvišanja bi predvidel tudi izgradnjo odvodnega kanala pred vtokom v dovodni kanal, ki bo služil za izpust biološkega minimuma in čiščenje poglobitve pred vtokom v dovodni kanal.
- Posodobitev opreme. Oprema na sami hidroelektrarni je zastarela in glede na izkoristke, ki jih ima obstoječa hidroelektrarna, je tudi neprimerna. Pri posodobitvi mHE bi zamenjal celotno hidromehansko, elektro in strojno opremo, saj je zaradi boljšega izkoristka nujno



potrebna tudi avtomatizacija celotnega sistema (samočistilne fine rešetke, tablaste zapornice z pogonom na elektromotor, nova regulacijska turbina,...).

- Poglobitev odvodnega kanala. Obstoječi odvodni kanal je zaradi hudourniškega potoka, ki priteče v odvodni kanal, zaproden. Ena od možnih sanacij je speljati hudourniški potok v obstoječi kanal, ki vodi do ribogojnice (po sanaciji mHE ta dovodni kanal do ribogojnice, ne bo imel nobene druge funkcije) in tako preprečimo nanos proda v odvodni kanal. Drugi poseg na odvodnem kanalu pa je zmanjšanje padca dna korita. To bi dosegel s poglobitvijo dna kanala, kar pa bi privedlo do povečanja bruto padca in posledično tudi neto padca.

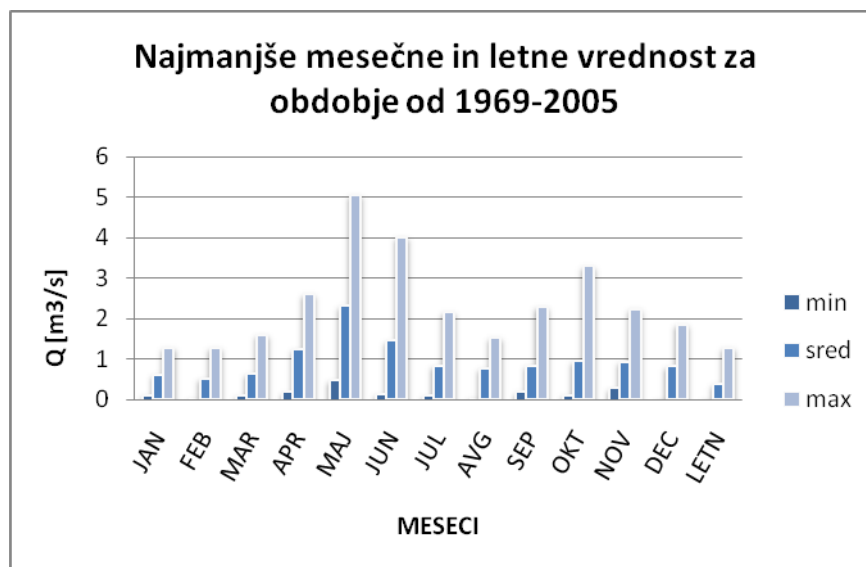
## 5.2 Hidrologija

### 5.2.1 Hidrološki podatki

Navedeni pretoki so izmerjeni uradni podatki meteorološkega zavoda za vodotok Bistrica, na merilni postaji Bohinjska Bistrica. Podatki se nanašajo na obdobje 37 let, od leta 1969 do leta 2005. Na podlagi najmanjših, srednjih in največjih pretokov sem določil krivulje trajanja za sušno, mokro in povprečno leto. Dobljene krivulje trajanja za srednji mesečne in letne vrednosti, sem uporabil pri izbiri ustrezne turbine mHE Kitič.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETNI
min	0,116	0,034	0,100	0,183	0,486	0,146	0,095	0,046	0,192	0,116	0,283	0,017	0,017
sred	0,622	0,521	0,637	1,242	2,309	1,449	0,840	0,765	0,845	0,947	0,934	0,818	0,375
max	1,280	1,280	1,600	2,600	5,050	4,010	2,160	1,530	2,290	3,290	2,240	1,860	1,280

Tabela 5.1: Najmanjše mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005



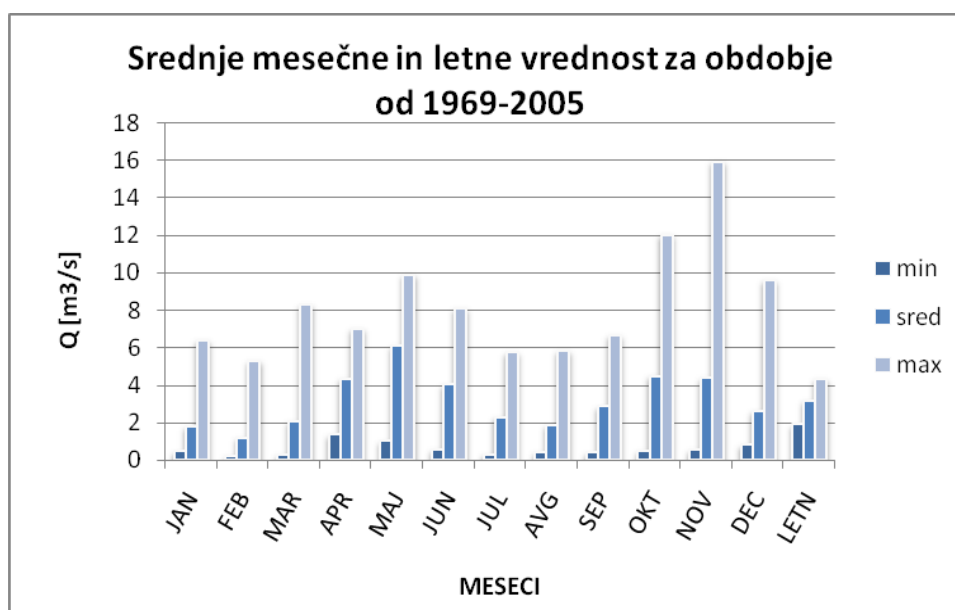
Graf 5.2: Najmanjše mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

V zgornji tabeli in grafu so prikazani pretoki, ki sem jih pridobil iz tabele Pregled najmanjših mesečnih in letnih dnevni vrednosti –  $Q_{np}$  (glej PRILOGA B). Pretoki so minimalni (npr.:

januarski minimum v obdobju 1969-2005), srednji (npr.: januarско povprečje v obdobju 1969-2005) in maksimalni (npr.: januarско maksimum v obdobju 1969-2005), izmerjeni v določenem mesecu in obdobju 37 let. Ker v obstoječi koncesiji ni nobenih omejitev biološkega minimuma, sem po priporočilih iz predloga uredbe o kriterijih za določitev, ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (biološki minimum), vzela najmanjši srednji letni pretok, ki znaša  $0,375 \text{ m}^3/\text{s}$ .

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETNI
min	0,435	0,199	0,269	1,320	0,981	0,533	0,284	0,406	0,369	0,481	0,522	0,778	1,870
sred	1,772	1,177	2,052	4,326	6,059	4,021	2,271	1,865	2,839	4,470	4,359	2,604	3,161
max	6,380	5,280	8,260	7,000	9,880	8,070	5,730	5,810	6,630	12,000	15,900	9,570	4,300

Tabela 5.2: Srednje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005



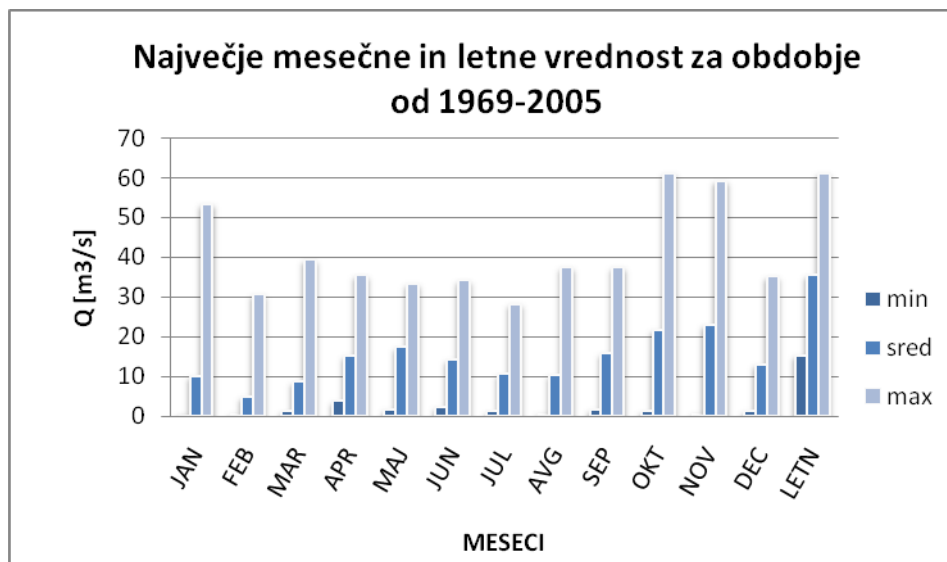
Graf 5.3: Srednje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

Zgornja tabela in graf nam prikazujeta podatke, ki sem jih pridobil iz tabele Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti –  $Q_s$  (glej PRILOGA C). Pretoki so minimalni (npr.: januarско minimum v obdobju 1969-2005), srednji (npr.: januarско povprečje v obdobju 1969-2005) in maksimalni (npr.: januarско maksimum v obdobju 1969-2005), izmerjeni v določenem

meseču in obdobju 37 let. Srednje mesečne in letne vrednosti sem kasneje uporabil pri določitvi krivulje trajanja, saj nam podatki dolgoletnih srednjih vrednosti najboljše opišejo pretoke, ki jih lahko na danem odseku pričakujemo.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETNI
min	0,46	0,51	1,13	3,61	1,62	2,17	1,01	0,61	1,49	1,04	0,60	1,16	15,20
sred	9,99	4,71	8,51	15,14	17,16	14,10	10,47	10,30	15,73	21,62	22,86	12,92	35,39
max	53,30	30,50	39,20	35,30	33,20	34,00	28,10	37,30	37,30	60,90	59,10	35,00	60,90

Tabela 5.3: Največje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005



Graf 5.4: Največje mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

Zgornji graf in tabela nam prikazujeta pretoke, ki sem jih pridobil iz tabele Pregled največjih mesečnih in letnih dnevni vrednosti –  $Q_{vp}$  (glej PRILOGO D). Pretoki so minimalni (npr.: januarski minimum v obdobju 1969-2005), srednji (npr.: januarsko povprečje v obdobju 1969-2005) in maksimalni (npr.: januarski maksimum v obdobju 1969-2005), izmerjeni v določenem mesecu in obdobju 37 let. Ti podatki so mi služili za določitev maksimalne gladine vode pred jezom, na podlagi izmerjenega največjega pretoka, ki znaša  $60,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Iz grafov je lepo razvidno, da gre za kombiniran rečni režim, saj imamo dve konici pretokov. Do prve konice pride spomladi aprila, maja in junija zaradi taljenja snega in padavin. Do druge konice pa pride jeseni septembra, oktobra in novembra, ko obilne jesenske padavine povzročijo visoke pretoke. Tako lahko spomladi in jeseni pričakujemo večjo proizvodnjo električne energije.

### 5.2.2 Krivulja trajanja pretokov

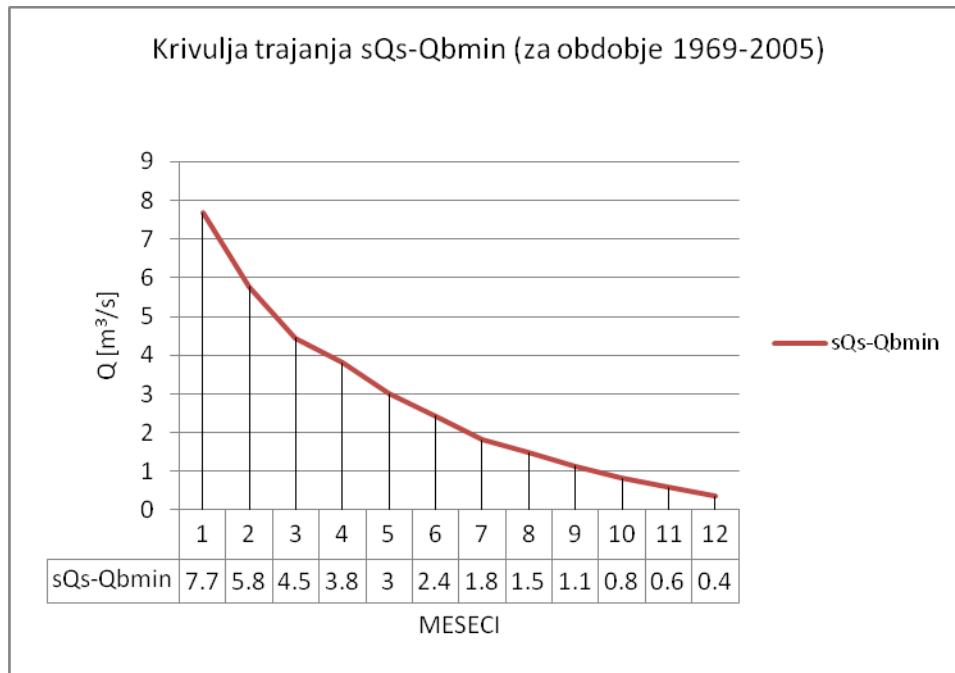
Krivulje trajanja nizkih (nQs), srednjih (sQs) in največjih (vQs) srednjih mesečnih in letnih vrednosti pretokov za obdobje 1969 – 2005, sem določil na podlagi tabele Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti – Qs (glej PRILOGA C). Krivulje trajanja nQs (sušno leto), sQs (srednje leto) in vQs (mokro leto) sem določil tako, da sem za vsako leto posebej naredil krivuljo trajanja. Tako sem dobil 36 krivulj trajanja. Na podlagi teh krivulj sem nato iz enomesečnih pretokov določil vseh krivulj nizki, srednji in največji enomesečni pretok. Enako sem naredil za ostale mesečne pretoke in dobil naslednje rezultate:

	Meseci	sQs [m <sup>3</sup> /s]	sQs-Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	vQs [m <sup>3</sup> /s]	vQs-Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	nQs [m <sup>3</sup> /s]	nQs-Qbmin [m <sup>3</sup> /s]
	1	8,051	<b>7,676</b>	15,900	<b>15,525</b>	4,080	<b>3,705</b>
	2	6,141	<b>5,766</b>	9,090	<b>8,715</b>	2,550	<b>2,175</b>
Q3	3	4,826	<b>4,451</b>	6,910	<b>6,535</b>	2,530	<b>2,155</b>
	4	4,179	<b>3,804</b>	6,270	<b>5,895</b>	2,150	<b>1,775</b>
	5	3,387	<b>3,012</b>	5,070	<b>4,695</b>	1,740	<b>1,365</b>
Q6	6	2,794	<b>2,419</b>	4,420	<b>4,045</b>	1,070	<b>0,695</b>
	7	2,187	<b>1,812</b>	3,600	<b>3,225</b>	1,020	<b>0,645</b>
	8	1,848	<b>1,473</b>	3,530	<b>3,155</b>	0,838	<b>0,463</b>
Q9	9	1,513	<b>1,138</b>	2,250	<b>1,875</b>	0,735	<b>0,360</b>
	10	1,195	<b>0,820</b>	2,190	<b>1,815</b>	0,537	<b>0,162</b>
	11	0,964	<b>0,589</b>	1,780	<b>1,405</b>	0,324	<b>0,000</b>
Q12	12	0,731	<b>0,356</b>	1,510	<b>1,135</b>	0,199	<b>0,000</b>

Tabela 5.4: Krivulje trajanja nizkih, srednjih in največjih srednjih mesečnih in letnih vrednosti za obdobje, ter krivulje trajanja z odštetim biološkim minimumom 1969 – 2005

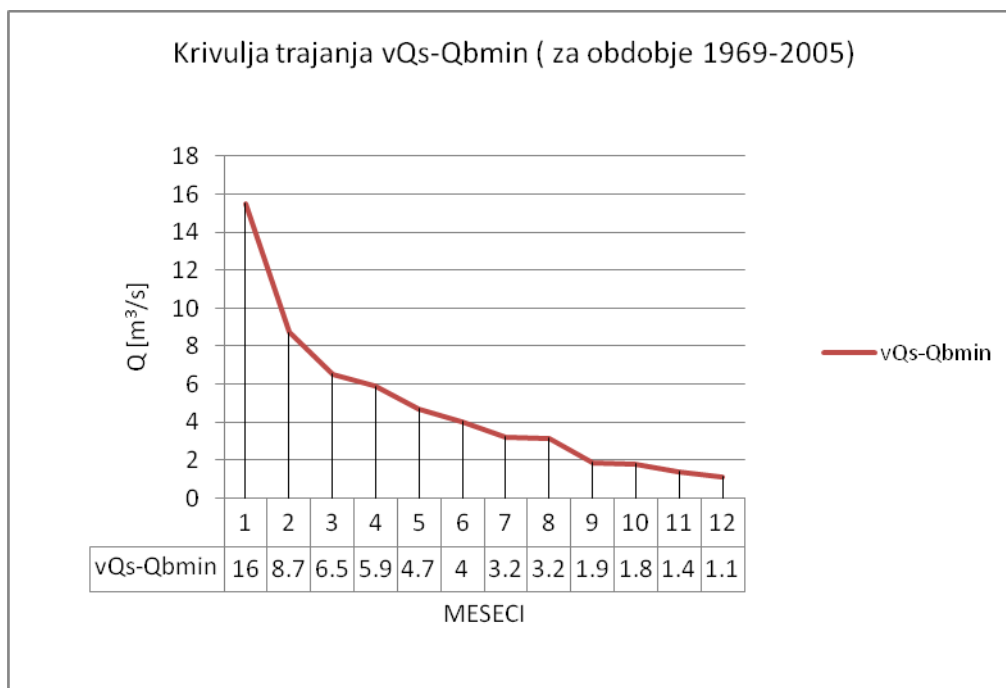
Ko sem določil krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto, je bilo potrebno določiti krivulje trajanja, ki jih bomo lahko uporabili za izračun proizvedene energije. Ker sem

potreboval pretoke, ki jih bom lahko uporabil za proizvodnjo električne energije, sem od dobljenih krivulj trajanja odštel biološki minimum in tako dobil naslednje krivulje trajanja  $nQ_s-Q_{bmin}$ ,  $sQ_s-Q_{bmin}$  in  $vQ_s-Q_{bmin}$ , ki so prikazane v tabeli 5.4 in grafih 5.5, 5.6 in 5.7.



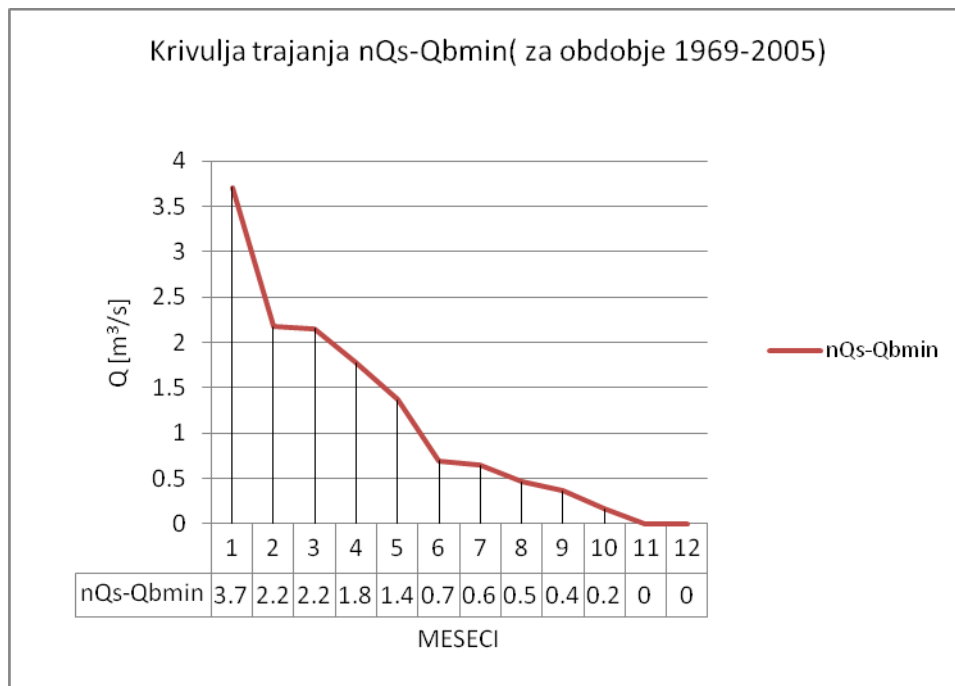
Graf 5.5: Krivulja trajanja srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

Na podlagi dobljene krivulje trajanja za srednje leto izberem **instaliran pretok, ki znaša 4 m<sup>3</sup>/s**. Pri takem pretoku lahko mHE obratuje 3,5 meseca, preostanek leta pa obratuje z zmanjšano močjo. Dva meseca v letu pa mHE ne bi mogla obratovati, zaradi premajhnih pretokov. Za tak instaliran pretok sem se odločil, po posvetovanju z strokovnjaki na Turboinštitutu, saj bo šlo pri mHE Kitič za vzporedni način obratovanja, pri katerem ni potrebno zagotavljati električne energije preko celega leta (proizvedena elektrika bo napajala izključno javno omrežje) in zato lahko izkoristimo višje pretoke in tako proizvedemo več električne energije, kot bi jo proizvedla turbina z manjšo močjo, ki bi obratovala pri nižjem instaliranem pretoku (taka turbina bi lahko obratovala celo leto, vendar bi proizvedla občutno manj električne energije).



Graf 5.6: Krivulja trajanja največjih srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

Zgornja krivulja trajanja nam prikazuje pretoke za računsko mokro leto. V takem letu bi mHE lahko obratovala z instaliranim pretokom celih šest mesecev, preostanek leta pa z zmanjšano močjo. V mokrem letu bi lahko mHE obratovala preko celega leta, ustaviti bi jo bilo potrebno zaradi nujnih sanacijskih in obnovitvenih del. Da bi prišlo na vodotoku Bohinjska Bistrica do tako ekstremno visokih pretokov preko celega leta je bolj malo verjetno, saj krivulja prikazuje maksimume povprečnih mesečnih vrednosti iz obdobja 37-ih let in zato ta krivulja nima posebno velike veljave pri izbiri instaliranega pretoka. Služi nam bolj kot informativni prikaz maksimalnih možnih povprečnih mesečnih pretokov, na podlagi katerih lahko določimo maksimalno količino električne energije, ki bi jo lahko mHE proizvedla.



Graf 5.7: Krivulja trajanja najmanjših srednjih mesečne in letne vrednosti za obdobje 1969 – 2005

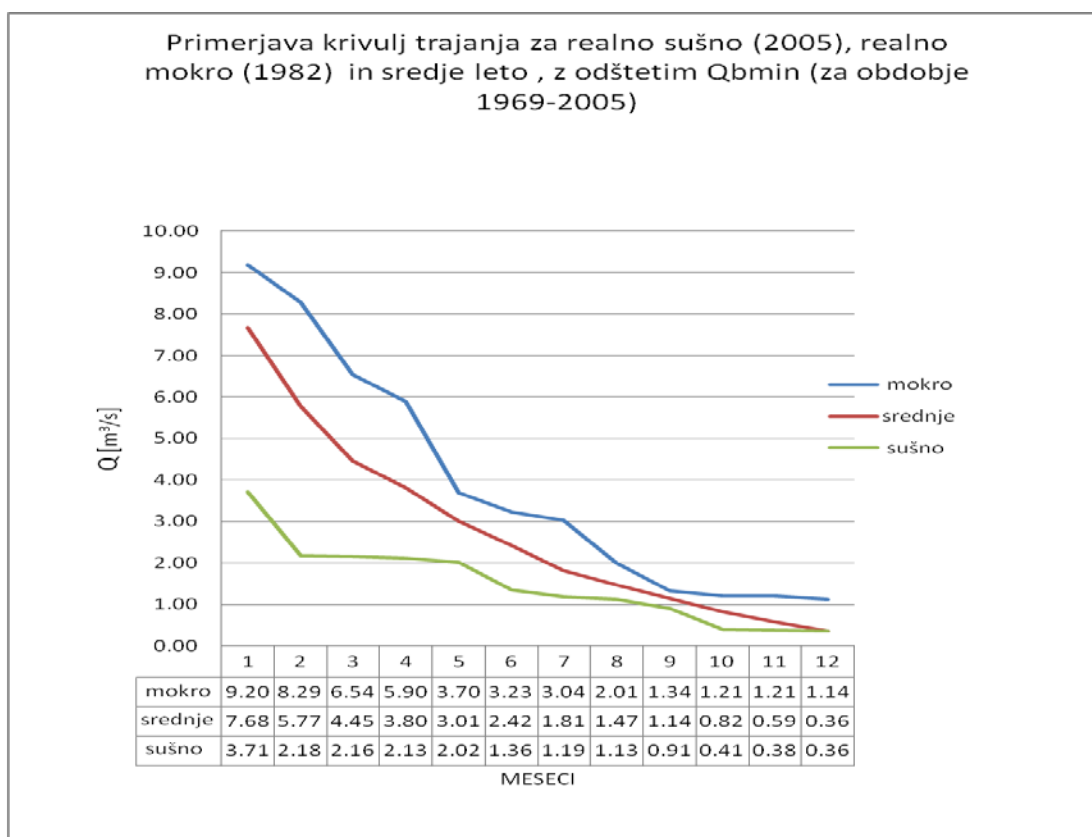
Zgornja krivulja prikazuje pretoke v računskem sušnem letu. Pri tako ekstremno nizkih pretokih bi mHE obratovala pri instaliranem pretoku manj kot en mesec. Nekaj več kot šest mesecev pa mHE sploh ne bi obratovala. Da pride do tako nizkih pretokov v enem letu je skoraj nemogoče in zato teh podatkov ne upoštevam pri izbiri instaliranega pretoka.

Ker dobljenih krivulj za sušno in mokro leto nisem mogel uporabiti pri računu proizvodnje električne energije, sem moral določiti realno sušno in realno mokro leto, ki ju bom kasneje uporabil za izračun energije. Realno mokro leto sem določil na podlagi podatkov iz tabele za srednje mesečne in letne vrednosti. Za mokro leto sem določil leto 1982, katerega povprečni letni pretok  $4,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , je predstavljal maksimalni letni srednji pretok v obdobju 1969-2005. Realno sušno leto sem določil na enak način kot mokro, le da sem namesto maksimalnega povprečnega letnega pretoka, vzel minimalni povprečni letni pretok iz danega obdobja. Za sušno leto sem izbral leto 2005, katerega povprečni letni pretok znaša le  $1,87 \text{ m}^3/\text{s}$ . Krivulje trajanja za realno sušno, realno mokro in srednje leto sem predstavil v tabeli 5.5 in grafu 5.8 .



realno mokro	realno sušno	srednje	realno moko-Qbmin	realno sušno-Qbmin	srednje-Qbmin
[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
9.57	4.08	8.05	9.20	3.71	7.68
8.66	2.55	6.14	8.29	2.18	5.77
6.91	2.53	4.83	6.54	2.16	4.45
6.27	2.50	4.18	5.90	2.13	3.80
4.07	2.39	3.39	3.70	2.02	3.01
3.60	1.73	2.79	3.23	1.36	2.42
3.41	1.56	2.19	3.04	1.19	1.81
2.38	1.50	1.85	2.01	1.13	1.47
1.71	1.28	1.51	1.34	0.91	1.14
1.58	0.78	1.20	1.21	0.41	0.82
1.58	0.76	0.96	1.21	0.38	0.59
1.51	0.74	0.73	1.14	0.36	0.36

Tabela 5.5: Prikaz pretokov realno sušno, srednje in realno mokrega leta, z odštetim biološkim minimumom za obdobje 1969-2005



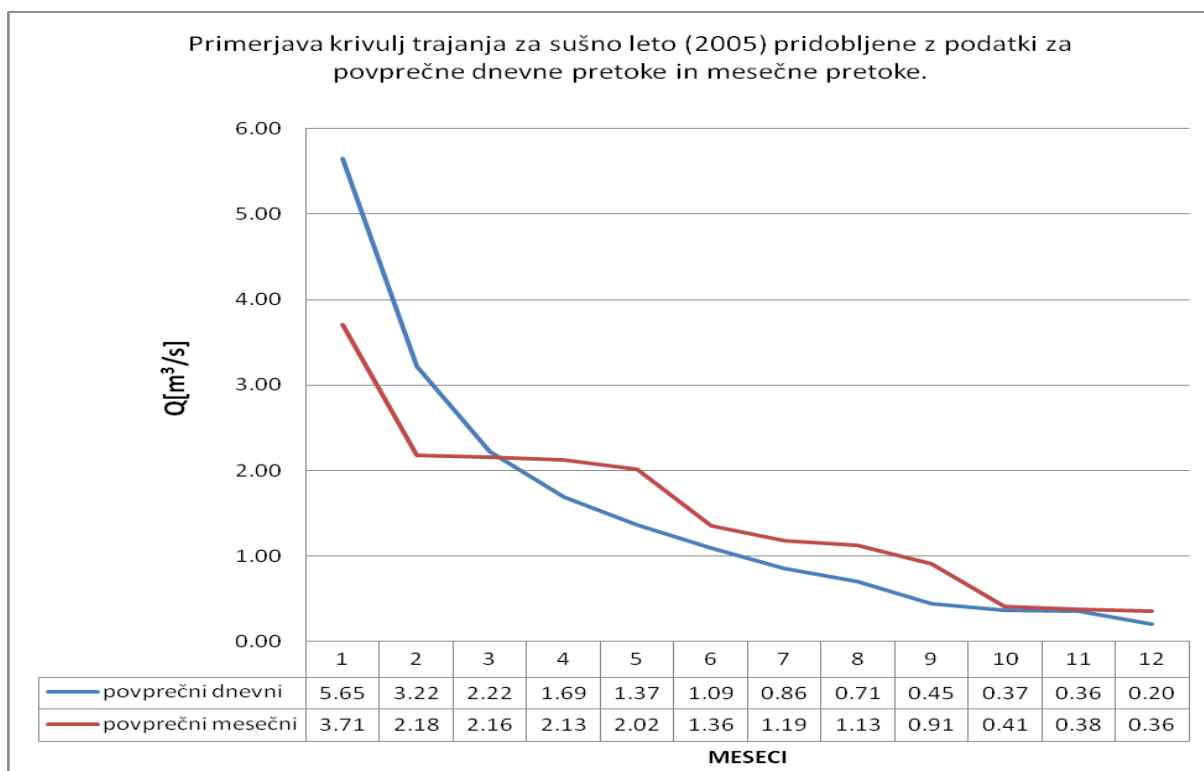
Graf 5.8: Primerjava krivulj trajanja za realno sušno, realno mokro in srednje leto, z odštetim Qbmin (za obdobje 1969-2005)

Iz tabele 5.5 in grafa 5.8 je razvidno, da so rezultati nekoliko drugačni od računsko določenih. Pri mokrem letu lahko vidimo, da lahko hidroelektrarna obratuje s polno močjo le slabih pet mesecev, proizvodnja energije pa bi lahko potekala preko celega leta. Pri izbranem sušnem letu hidroelektrarna sploh ne bi obratovala z instalirano močjo, bi pa obratovala dobrih devet mesecev, kar je občutno več od računsko določene vrednosti. Na podlagi dobljenih podatkov lahko vidimo, da hidroelektrarna lahko obratuje, ne glede na to ali gre za sušno srednje ali mokro leto, najmanj 75% časa.

Da bi preverili realnejšo proizvodnjo električne energije v sušnem letu, sem opravil primerjavo krivulj trajanja za sušno leto, pridobljene na podlagi povprečnih dnevni pretokov in povprečnih mesečnih pretokov. Da sem lahko opravil primerjavo sem moral iz dnevni pretokov (glej prilogo M) napraviti krivuljo trajanja za obdobje 365 dni. Nato sem tako razvrščene podatke razdelil na dvanajst razredov in določil srednjo vrednost posameznega razreda. Dobil sem naslednje rezultate:

pretoki dnevno povprečje [m <sup>3</sup> /s]	pretoki mesečno povprečje [m <sup>3</sup> /s]	odšteti biološki minimum	
		dnevno povprečje [m <sup>3</sup> /s]	mesečno povprečje [m <sup>3</sup> /s]
6.03	4.08	5.65	3.71
3.59	2.55	3.22	2.18
2.60	2.53	2.22	2.16
2.07	2.50	1.69	2.13
1.74	2.39	1.37	2.02
1.47	1.73	1.09	1.36
1.23	1.56	0.86	1.19
1.08	1.50	0.71	1.13
0.82	1.28	0.45	0.91
0.75	0.78	0.37	0.41
0.73	0.76	0.36	0.38
0.58	0.74	0.20	0.36

Tabela 5.6: Krivulji trajanja povprečnih dnevni in mesečni pretokov.



Graf 5.9: Primerjava krivulj trajanja za sušno leto 2005 pridobljene z podatki za povprečne dnevne pretoke in mesečne pretoke.

Iz tabele 5.6 in grafa 5.9 je razvidno, da se povprečni dnevni pretoki bistveno ne razlikujejo od povprečnih mesečnih pretokov. Zaradi majhnega odsopanja sem v tej diplomski nalogi za izračun proizvedene električne energije uporabil podatke za povprečne mesečne pretoke. Če pa bi hoteli dobiti natančnejšo in realnejšo proizvodnjo električne energije bi potrebovali podatke za dnevne oziroma urne pretoke, ki bi pokazali še realnejšo proizvodnjo električne energije.

Na podlagi dobljenih krivulj trajanja pretokov za sušno srednje in mokro leto, lahko ugotovimo, da je instaliran pretok dobro izbran. Podrobnejša analiza dobljenih pretokov in obratovanje mHE Kitič je predstavljena v poglavju izbira turbine, kjer na podlagi dobljenih krivulj trajanja in izbranega instaliranega pretoka, na podlagi analize različnih turbin pri tem pretoku, izberem najustreznejšo turbina za mHE.

### 5.3 Geodetski podatki

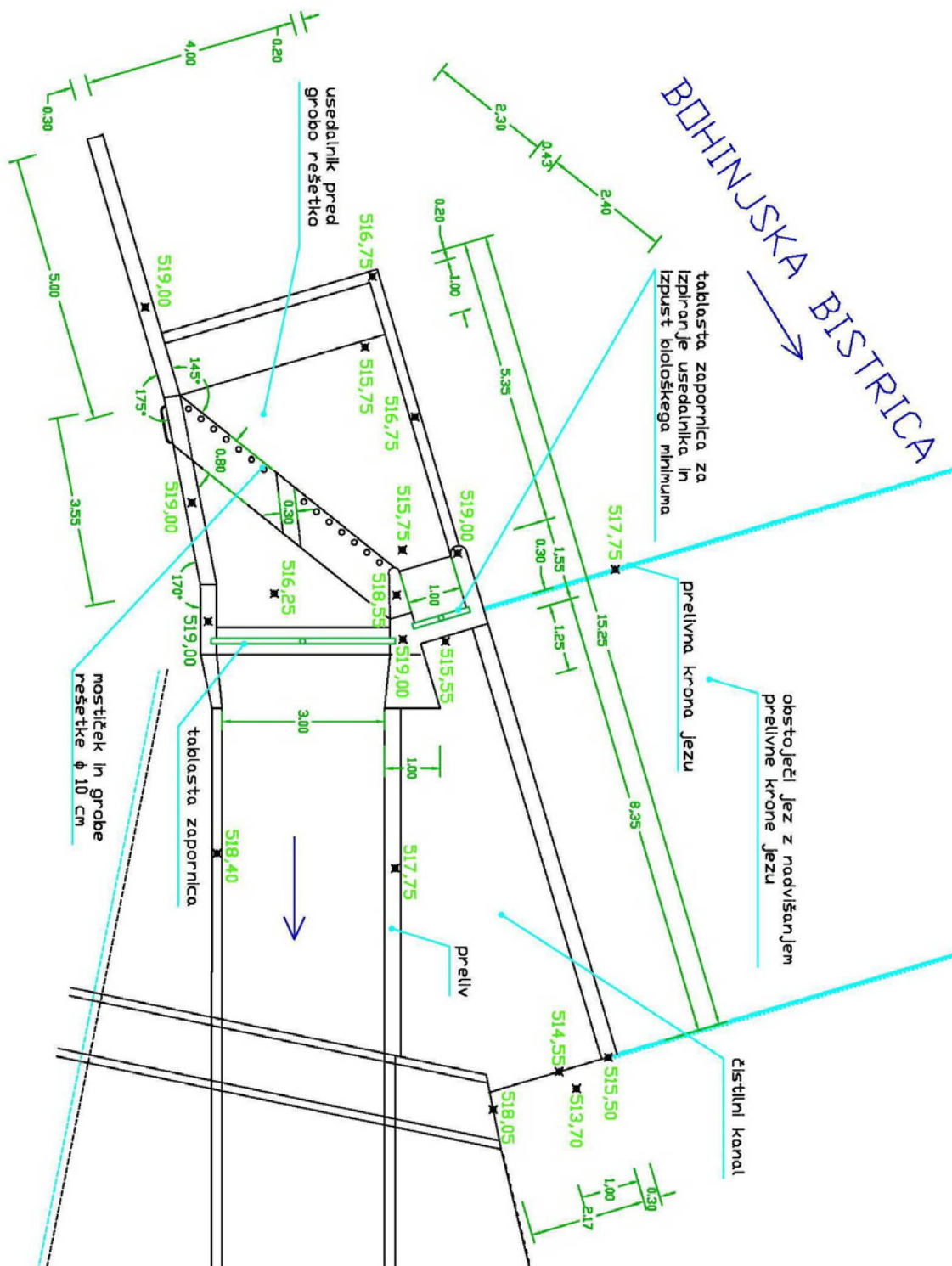
Za potrebe izdelave diplomske naloge je bil narejen geodetski posnetek obstoječega stanja mHE Kitič. Geodetski posnetek zajema obstoječi jez, dovodni kanal, strojnico s turbinama, odvodni kanal, ter odsek reke od jez do pritoka odvodnega kanala nazaj v reko Bohinjsko Bistrico. Meritve je izvajal Marko Valič uni. dipl. ing. geod., asistiral pa sem mu jaz.

### 5.4 Zasnova zajetja

#### 5.4.1 Zajemna zgradba

Zajetje bo izvedeno na že obstoječem jez. Točno koto jez sem določil na podlagi geodetskega posnetka in znaša 517,55 m nadmorske višine. Do te višine je jez narejen iz kamen-betona. Dodatno nadvišanje jez pa je narejeno iz hrastovih plohov. Tako da dejanska kota prelivne krone jez znaša 517,75 m nadmorske višine. To nadvišanje iz hrastavih plohov bi nadomestil z novim betonskim pragom, katerega kota prelivne krone se ne bi spremenila. Koto krone jez vzamem tudi za začetno vodno gladino, na podlagi katere izvedem tudi vse nadaljnje izračune. Zajemni objekt obsega zajetje pred grobo rešetko (služi vsedanju proda večjih frakcij) in odtočni kanal s tablasto zapornico, ki služi čiščenju usedalnika, ter izpustu vode, ki predstavlja biološki minimum in znaša  $Q_{\text{bmin}} = 0,375 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tablasta zapornica je široka 1,1 m in visoka 1 m. Dno tablaste zapornice je postavljeno na koto 515,55m. Dimenzija svetle odprtine na izpustu znaša 1m širine in 0,95m višine. Vodila tablaste zapornice v obliki »u« profila, so zabetonirane v betonske stene na izpustu (kot je prikazano na sliki 5.7).

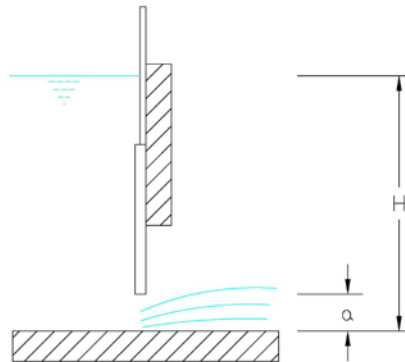


Slika 5.7: Tloris zajemne zgradbe z čistilnim kanalom

Ker se bo pod to tablasto zapornico izpuščalo v vodotok biološki minimum, je bilo potrebno določiti višino odprtja zapornice pri kateri bomo v vodotoku zagotovili biološki minimum. Višino sem izračunal po naslednji enačbi:

$$F = \frac{Q_{b\min}}{\varphi * H^{1.5}} \quad (19)$$

- $\varphi$  koeficient oblike iztoka  
 $Q_{b\min}$  biološki minimum  
 $H$  višinska razlika med gladino vode in dnom odprtine



Slika 5.8: Prikaz dimenzij, pri izračunu izpusta z tablasto zapornico

Za koeficient oblike iztoka izberem  $\varphi = 0.9$ , višinska razlika  $H = 2.2$  m. Enačba je nastavljena tako da se iztok računa na tekoči meter. V našem primeru je svetla širina zapornice 1 m in zato je tudi pretok ki ga vstavimo v enačbo (19)  $Q_{b\min}$ .

$$F = \frac{0,375}{0,9 * 2,2^{1.5}} = 0,1277$$

Iz razpredelnice 6/14 v knjigi (Valant, 1986, str.:97), določim ustrezno vrednost za razmerje  $H/a = 0,048$  pri vrednosti  $F = 0,1277$ .

$$a = 0,048 * H = 0,048 * 2,2 = 0,106 \text{ m}$$

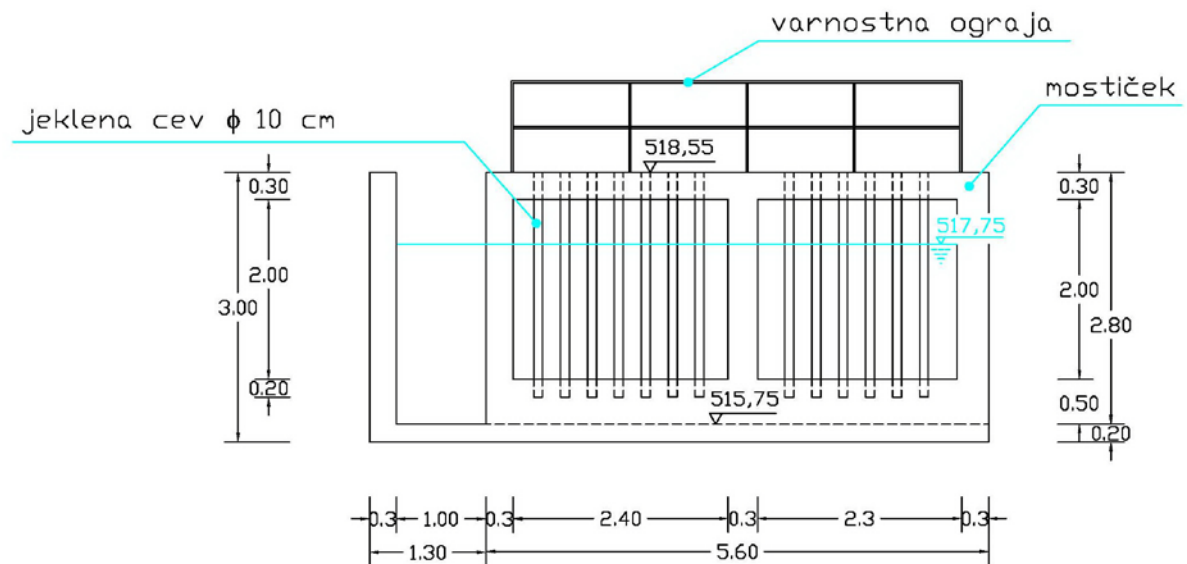
$$a = 10,6 \text{ cm}$$

Tako dobim višino odprtja zapornice 10,6 cm, ki prepušča pretok  $Q_{b\min} = 0,375 \text{ m}^3/\text{s}$ .

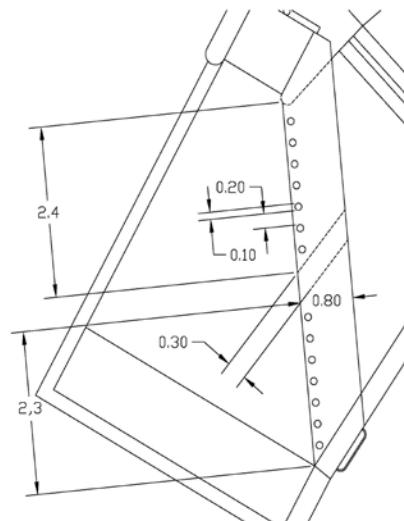
#### 5.4.2 Grobe rešetke

Pri izbiri rešetke se je bolje odločiti za montažno rešetko, kakor pa vbetonirano, saj jo po potrebi lahko odstranimo in izvedemo remont rešetke. V mojem primeru sem se odločil za rešetko iz jeklenih cevi premera 10cm. Grobe rešetke imajo fiksno ležišče, izvedene tako, da v dno vbetoniramo okrogle odprtine premera 11cm in globine 20 cm, zgoraj pa so cevi vpete v betonski mostiček, ki bo služil za vzdrževanje in čiščenje grobe rešetke. Vpetje v mostičku je izvedeno tako, da so odprtine premera 11cm izvedene po celotni debelini mostu. Skozi te odprtine bomo tudi vstavili cevi in tako izvedli grobo rešetko. Tak način izvedbe je primeren tudi zaradi lažje obnove in sanacije grobe rešetke, saj v primeru le te cev enostavno izvlečemo. Na grobi rešetki ne izberem avtomatskih samočistilnih rešetk.

Gladina vode je pri maksimalnem mesečnem izmerjenem pretoku  $vQ_{vp}=60,9 \text{ m}^3/\text{s}$  na koti 518,43 m nadmorske višine, zato vzamem svetlo višino grobe rešetke 2m, celotna dolžina cevi pa znaša 2,5m. Naklon rešetke  $\alpha=90^\circ$ . Pri maksimalnem mesečnem izmerjenem pretoku so grobe rešetke pod gladino vode, vendar se voda še ne preliva preko mostička, saj znaša kota mostička 518,55m. Za svetlo razdaljo med cevmi vzamem razdaljo  $a=0,2\text{m}$ . Grobe rešetke so razdeljene na dva dela, zaradi vmesnega podpornega stebra debeline 30 cm. Širina posameznega dela grobe rešetke znaša 2,3 m in 2,4 m, tako je skupna širina grobe rešetke  $B=4,7\text{m}$ . Groba rešetka je postavljena pod kotom  $30^\circ$  na smer toka. Za take dimenzije grobe rešetke sem se odločil zaradi velike količine lebdečih plavin, ob pojavu visokih pretokov.



Slika 5.9: Groba rešetka v prerezu F-F (glej prilogo E)



Slika 5.10: Tloris grobe rešetke



### 5.4.3 Tablaste zapornice

Zapornice so lahko različnih konstrukcijskih oblik in vsaka od njih ima tudi poseben način dviganja in temu prilagojene dvižne naprave. Za manjše jezove, kot je tudi v našem primeru, pridejo v poštev le enostavne izvedbe tablaste zapornice, ki so lahko kovinske ali lesene.

Tablasta zapornica ima pravokotno tablo, narejeno iz jeklene plošče, ki je dodatno ojačana s konstrukcijo iz jeklenih palic. Zaporna tabla drsi v okviru iz jeklenih profilov, vsidranem v primarni beton nosilca. Tabla je obešena na enem pogonskem drogu, ki ga dviguje na vodoravni gredi pritrjen elektromotor, spušča pa jo lastna teža. Zaradi maksimalnega pretoka preko jezua  $60,9\text{m}^3/\text{s}$  ( gladina vode je pri tem pretoku na koti 518,43 m, dno kanala je na koti 516,25m, razlika med kotama znaša 2,18 m, ob upoštevanju varnostnega nadvišanja izberem višino zapornice 2,4m), izberem višino zapornice 2,4m in svetlo širino 3,2m. S pomočjo zapornice bom reguliral dotok vode v dovodni kanal, tako da bom vzdrževal pretok  $4\text{m}^3/\text{s}$ .



Slika 5.11: Tablasta drsna zapornica( HE Soteska)

## 5.5 Peskolov

Peskolov je lociran takoj za tablasto zapornico. Njegova širina bo 3m, obratovalna gladina pa je na koti 517,70 m, zaradi hidravličnih izgub na vtoku. Na vtoku v peskolov ima voda hitrost 0,9m/s. Za potrebe turbine je potrebno iz vode izločiti delce večje od 5 mm, saj zaradi nizkotlačnih razmer do erozijskih težav ne prihaja na sami turbini (ta podatek sem pridobil na Turboinštitutu).

Hitrost tonjenja izračunam po splošni enačbi:

$$v_s = \sqrt{\frac{4 * g \left( \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v} \right) * d}{3\lambda}} \quad (12)$$

Koeficient upora  $\lambda$  je odvisen od Reynoldsovega števila in vrste toka (laminarni, prehodni, turbulentni). Reynoldsovo število se izračuna po enačbi:

$$\text{Re} = \frac{v_s * d}{\nu} \quad (13)$$

Re Reynoldsovo število

d premer zrna

$v_s$  hitrost usedanja

$\nu$  kinematična viskoznost vode (pri 10°C znaša  $1,3 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )

Predpostavim da se bo usedanje dogajalo v prehodno območju, kjer se nahaja Reynoldsovo število med 1 in 2000,  $\lambda$  pa izračunamo po naslednji enačbi:

$$\lambda = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Re}}} + 0,34 \quad (15)$$

Za gostoto delcev privzamem  $\rho_s = 2600 \text{ kg/m}^3$ . Nato v programu Excel, na podlagi navedenih enačb izvedem iteracijo, katere rezultati so naslednji:

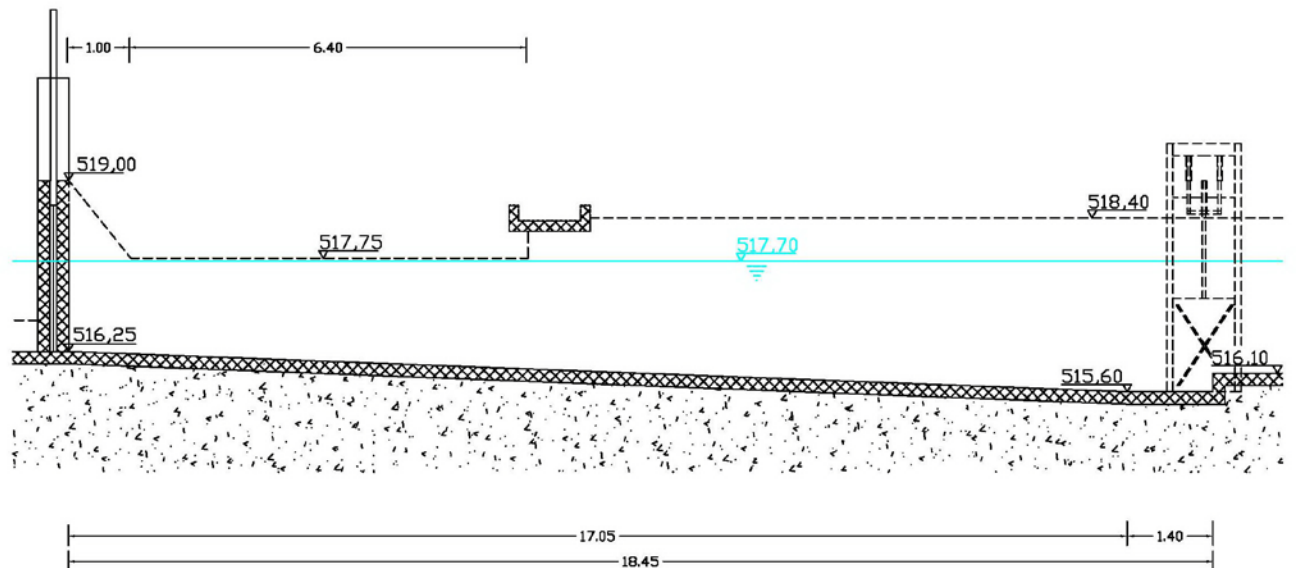
Re	$\lambda$	vs	d
1919	0,42099	0,4987	0,005003
1918	0,42101	0,4986	0,005001
<b>1917,5</b>	<b>0,42103</b>	<b>0,4985</b>	<b>0,005000</b>
1917	0,42104	0,4985	0,004999

Tabela 5.7: Izračun hitrosti usedanja

Iz razpredelnice je razvidno, da se zrna dimenzije 5mm usedajo z hitrostjo 0,498 m/s. Za izločitev plavin potrebujemo torej peskolov dolžine :

$$l = v * \frac{h}{v_s} = 0,9 * \frac{1,5}{0,498} = 2,7m \quad (17)$$

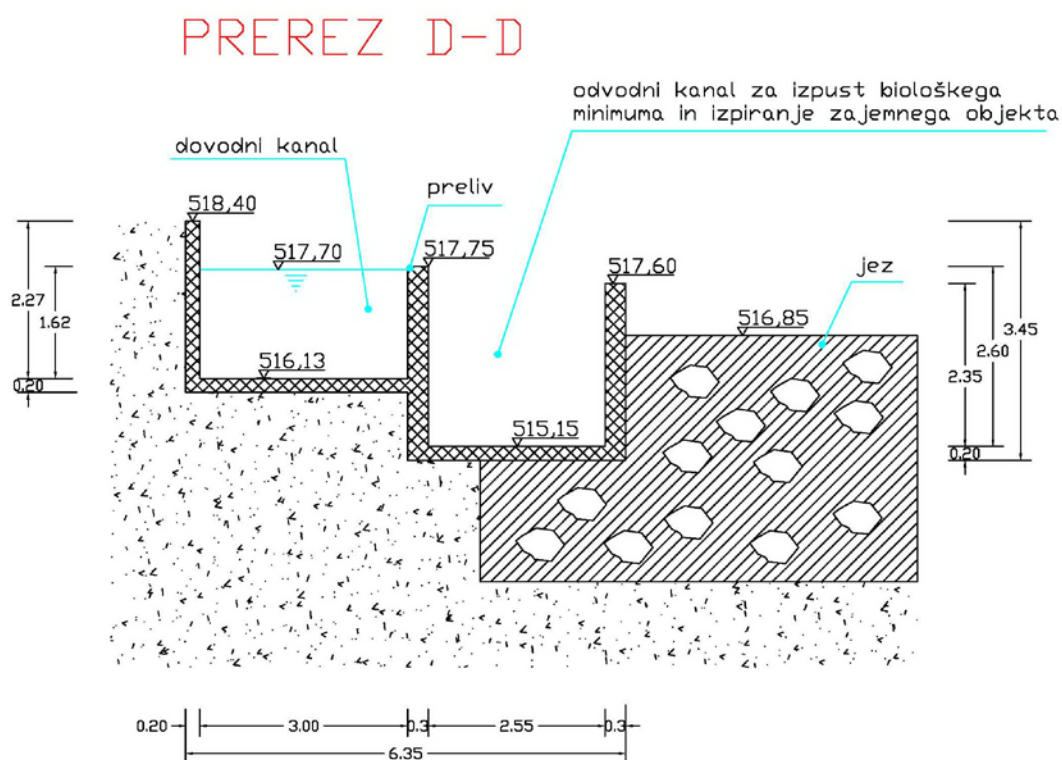
Zato da se prod premera 5mm usede na dno kanala, bi potrebovali peskolov dolg 2,7m. Ker pa imamo daljši kanal se v njem usedejo tudi plavine manjših dimenzij in nam tako zmanjšujejo pretočno sposobnost kanala. Zato se odločim, da kanal dolžine 18,5 m poglobim iz začetne kote kanala 516,25 m do kote 515,60 m. Tako pridobim prostor za zbiranje plavin in naklon za lažje spiranje peskolova. Na koncu peskolova izvedem prag visok 0,5 m, ki preprečuje zajetim plavinam pot proti turbini. Prag je izveden pod kotom 30° zaradi lažjega izpiranja peskolova. Tako znaša dolžina levega roba peskolova 19 m in desni rob peskolova 18 m. Za zapiranje prodnega izpusta uporabim tablasto zapornico z enim pogonskim drogom, ter dimenzij 100x150 cm. Zaradi poglobitve pride do zmanjšanja hitrosti, ki znaša ob izhodu vode iz peskolova 0,75m/s. Zmanjšanje hitrosti je pomembno zaradi hidravličnih izgub na fini rešetki in turbini.



Slika 5.12: Skica peskolova v prerezu A-A (glej prilogo G)

## 5.6 Preliv

Pri daljših dovodnih kanalih je treba tik pred strojnico izdelati preliv. Preko njega se preliva presežna voda, pri visokih pretokih, če turbine nimamo povsem odprte ali jo celo ustavimo. Zaradi varnostnih razlogov sem predvidel preliv takoj za tablasto zapornico na koti 517,75m. Dolžina preliva znaša 6,4 m. Preliv ščiti ostale dele hidroelektrarne pred poplavitvijo pri visokih vodah.



Slika 5.13: Skica preliva v prerezu D-D (glej prilogo J)

## 5.7 Fine rešetke

Pri izbiri rešetke se je bolje odločiti za montažno rešetko kakor pa vbetonirano, saj jo po potrebi lahko odstranimo. V mojem primeru sem se odločil za rešetko iz enega kosa v obliki okvirja s privarjenimi palicami iz ploščatega železa. Fine rešetke imajo fiksno ležišče iz kotnega železa (L 50x50x5), ki je s privarjenimi sidri (50x5x300), vpeto v betonsko maso na

dnu ob straneh in na sredinskem stebru. Na fini rešetki izberem avtomatsko samočistilno rešetko. Debelino palic izračunam po enačbi (18) (glej sliko 3.1):

$$s = 12,33 * \sqrt[3]{a * H * A^2} \quad (18)$$

s...[mm] debelina ploščate palice pri kateri znaša višina  $b=5*s$

a...[m] razdalja med osmi palic

H...[m] višina visoke vode nad sredino rešetke

A...[m] dolžina palic

Širina rešetke znaša  $B=3$  m. Fine rešetke dimenzioniram na zapolnjen dovodni kanal z vodo do kote 518,40 m. Pri tej koti potrebujem višino rešetke 2,5m. Za tako višino rešetk potrebujem dolžino palic  $A=2,64$  m pri naklonu rešetke  $\alpha=70^\circ$ . Za razdaljo med osmi palic vzamem priporočeno razdaljo za fine rešetke na mHE  $a=0,04$ m. Višina visoke vode pa znaša  $H=2,5$  m. Ko vnesem podatke v enačbo (18) dobim:

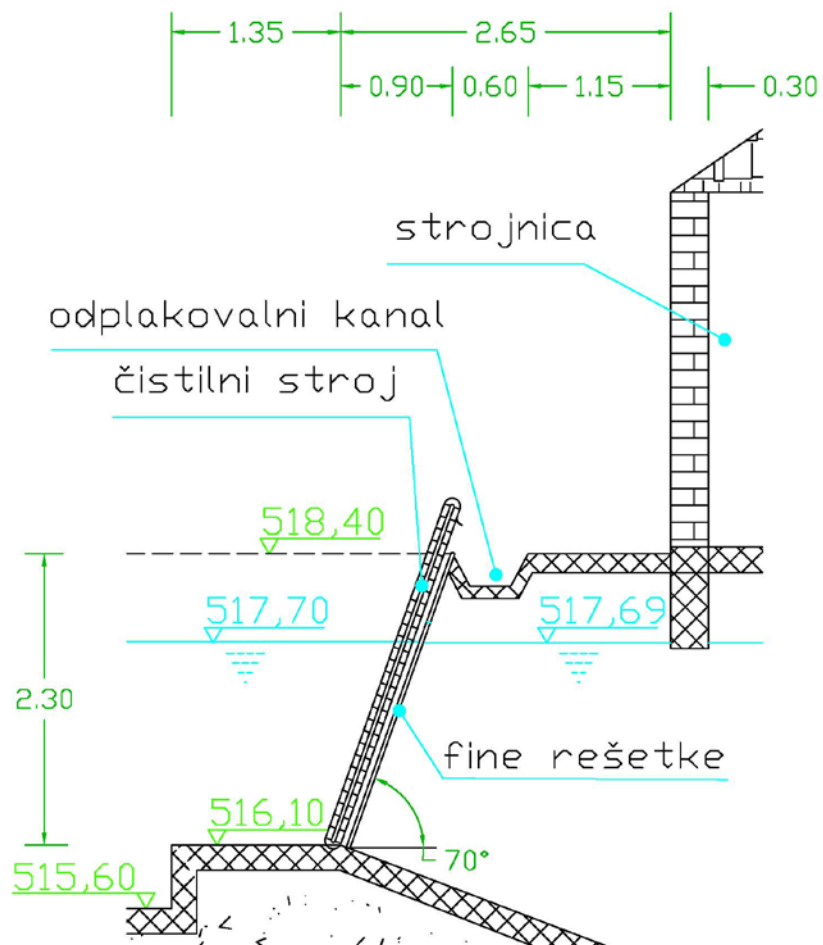
$$s = 12,33 * \sqrt[3]{0,04 * 2,5 * 2,64^2}$$

$$s = 10,9 \text{ mm}$$

Za debelino palice izberem  $s=0,011$ m  $\Rightarrow b=5*s=0,055$ m

Zaradi boljše pretočnosti finih rešetk, bomo namestili na fine rešetke čistilni stroj. Čistilni stroj je nameščen pred fino rešetko in služi za čiščenje le te. Sestavljen je iz ogrodja, verižnikov, verige, grabelj in pogona. Poganja ga elektromotor in toge kolutne sklopke. Grablje drsijo po finih rešetkah in čistijo listje in ostale nečistoče, na vrhu rešetk pa nečistoče padejo v odplakovalni kanal, kjer jih spere voda. Nečistoče se spirajo nazaj v vodotok. Voda za splakovanje priteče skozi šobo in jo poganja črpalka, dolžina spiranja se lahko nastavlja. Listje povzroči, da je nivo vode pred in za rešetko različen. Čistilni stroj se vključuje avtomatsko, če je razlika višin pred in za rešetko prevelika oziroma glede na nastavljen čas vsake pol ure. V primeru, da je dotok nečistoč po vodi prevelik in voda v odplakovalnem kanalu ne spere vsega, je potrebno dodatno ročno čiščenje odplakovalnega kanala. To se

lahko pričakuje v jeseni, ko odpada listje z dreves. V zimskem času je potrebno čistilni stroj vklapljati tako pogosto, da ne prihaja do zamrzovanja vode na verižnikih in verigah.



Slika 5.14: Skica fine rešetke

## 5.8 Hidravlične izgube odvzemnih zgradb

Hidravlične izgube odvzemnih zgradb izračunamo po enačbi: (Pemič, 2005)

$$\Delta h = \sum \xi * \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

- **Koeficient izgub zaradi oblike vtoka**

$\xi = 0,5$  pravokotni ostrorobi vtok v dovodni kanal

- **Koeficient izgub zaradi rešetke**

Pri ravninskem toku: 
$$\xi = \beta * \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \alpha \quad (4)$$

Pri vrtinčnem in prostorskem toku so izgube lahko znatno večje. Izgube so zelo velike če rešetka ni čista. Razmik palic  $b'$  je odvisen od vrste in premera tekača turbine D1:za Kaplanovo turbino  $b=d1/20$ , oziroma  $b_{max}=200mm$ . Normalna hitrost vodnega toka pred rešetko  $v \approx 1$  m/s.

- **Grobe rešetke**

Hitrost vodenega toka na grobih rešetkah znaša  $v = 0,9$  m/s, širina palice  $s = 0,1$  m, razmik med palicami  $b' = 0,2m$ , koeficient oblike za palice krožnega prereza  $\beta = 1,79$  in naklon rešetke  $\alpha = 90^\circ$ . Podatke vstavimo v enačbo:

$$\xi = 1,79 * \left(\frac{0,1}{0,2}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin 90$$

$$\xi = 0,635$$



- **Fine rešetke**

Hitrost vodenega toka na finih rešetkah znaša  $v = 0,75$  m/s, širina palice  $s = 0,011$ m, razmik med palicami  $b = 0,029$ m, koeficient oblike za palice pravokotnega prereza  $\hat{\alpha} = 2,42$  in naklon rešetke  $\alpha = 70^\circ$ . Podatke vstavimo v enačbo:

$$\xi = 2,42 * \left( \frac{0,011}{0,029} \right)^{\frac{4}{3}} * \sin 70$$

$$\xi = 0,514$$

- **Koeficient trenjskih izgub**

Koeficijent trenjskih izgub zanemarimo zaradi nizkih pretočnih hitrosti v kanalu.

S pomočjo dobljenih koeficientov izračunam padce gladine v dovodnem kanalu.

Padec gladine zaradi oblike vtoka in grobih grabelj:

$$\Delta h = (0,5 + 0,635) * \frac{0,9^2}{2 * 9,81} = 0,047m$$

Na vtoku v kanal je gladina na koti 517,75m. Za grobimi rešetkami in vtokom pa znaša gladina vode 517,70 m, to je tudi gladina, ki jo upoštevamo pri peskolovu.

Padec gladine na finih rešetkah:  $\Delta h = 0,514 * \frac{0,75^2}{2 * 9,81} = 0,014m$

Skupne hidravlične izgube znašajo:  $\Delta h = 0,061m$ .

Tako je končna gladina vode pred vtokom v turbino na koti 517,69m.

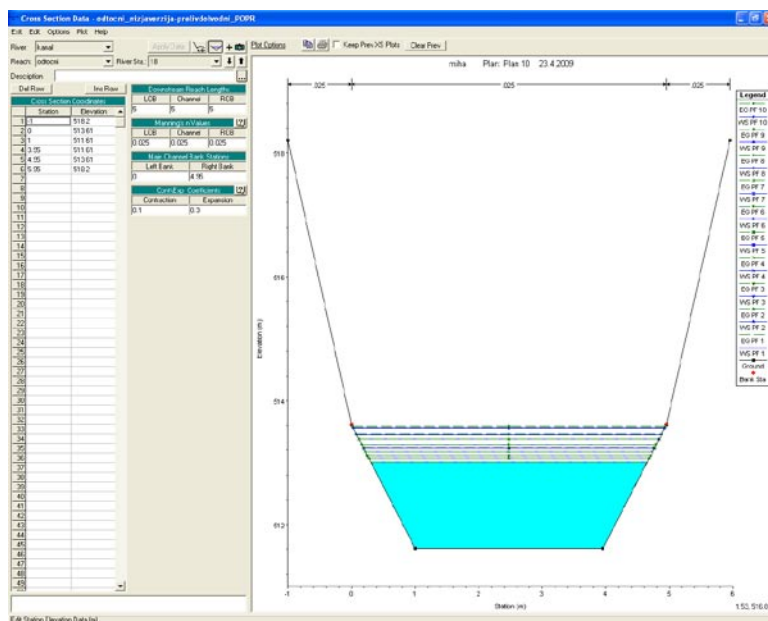
## 5.9 Odvodni kanal

Na tem delu, je bilo pričakovati največje možnosti za povečanje bruto padca na mali hidroelektrarni. Tako sem po meritvah z geodetom na tem odseku ugotovil, da znaša padec kanala na tem odseku  $I=1\%$ . Za dani odsek po nasvetu Turboinštituta vzamem padec na danem odseku  $I=0,1\%$  in tako povečam bruto padec za 0,58 m. Začetek odvodnega kanala se prične na koncu sesalne cevi, ki sem jo postavil na koto 511,61 m. Dolžina odvodnega kanala znaša 59,4 m. V prvih petih metrih se odvodni kanal dvigne na koto 512,61 m in razširi iz začetnih 2,95 m (širina iztoka iz sesalne cevi, pridobljena z programom TurbenPRO) na 4 m. Z razširitvijo dna korita dosežem boljšo pretočnost korita in posledično znižanje gladin, kar privede do večjega neto padca. Začetni dvig odvodnega kanala je potrebno izvesti, saj mora biti sesalna cev popolnoma zalita z vodo tudi ob minimalnih pretokih. Na začetku je naklon brežine v razmerju 2:1 in polagoma prehaja v razmerje 1:1. Ko doseže dno kanala po petih metrih svojo najvišjo točko na koti 512,61m (glej prilogo L), kanalu ne spreminjamo več njegovih karakteristik, ki znašajo; dno kanala je široko  $B=4\text{m}$ , naklon brežin  $m=1:1$  do 1m višine, nato razmerje preide v 1:2, padec  $I=0,09\%$ . Prvih pet metrov kanala zabetoniramo in tako preprečimo talno erozijo. Zaradi premostitve višinske razlike iz kote 518,40m do dna odtočnega kanala na levi in desni strani kanala naredimo 0,3m širok podporni zid, ki se na levem bregu spušča na razdalji 15m do kote 513,80m in na desnem bregu na razdalji 5m spusti na koto 514,97m. Podaljšanje zidu na levem bregu ima tudi proti eroziski vpliv, saj v tem delu kanal zavija v desno. Nato se dno kanala spušča od kote 512,61 m do kote 512,56 m na iztoku v reko Bohinjsko Bistrico (glej prilogo K prečni prerez  $E_i-E_i$ ).

V odvodni kanal priteče tudi hudourniški potoček, ki ob deževjih zasipava odvodni kanal in mu tako ustvarja zajezbo, ki vpliva na odtočne sposobnosti kanala. Ta problem bi rešil tako, bi speljali ta potoček v dovodni kanak do ribogojnice in tako preprečili nepotrebno zasipavanje odvodnega kanala iz mHE (glej prilogo F).

### 5.9.1 Izračun gladin v odvodnem kanalu

Gladine v odvodnem kanalu sem izračunal z pomočjo programa HEC-RAS. V program sem vnesel geometrijo odvodnega kanala. To sem naredil tako, da sem vnesel 8 prečnih prereзов tekom celega kanala. Prezom sem podal razdalje med sosednjimi prerezi ter Manningov koeficient, ki sem ga izbral za dano korito  $n_G=0,025$ . Podal sem tudi padec kanala  $I=0,1\%$  in vnesel pretoke, ki sem jih želel preveriti.



Slika 5.15: Okno za vnos prečnih profilov in karakteristik prereza

Steady Flow Data - dejanski-vsi												
File Options Help												
Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):		10	Reach Boundary Conditions ...		Apply Data							
Locations of Flow Data Changes												
River:		kanal	Add Multiple...									
Reach:		odtocni	River Sta.: 18		Add A Flow Change Location							
Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates									
River	Reach	RS	PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10
1	kanal	18	0.356	0.589	0.82	1.138	1.473	1.812	2.419	3.012	3.804	4

Tabela 5.8: Pogovorno okno za vnos pretokov, ki jih želimo preveriti na danem odseku

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
odtocni	18	PF 10	4	511.61	<b>513.57</b>		513.59	0.000157	0.52	7.73	4.91	0.13
odtocni	17	PF 10	4	512.61	<b>513.55</b>		513.58	0.00076	0.87	4.62	5.87	0.31
odtocni	16	PF 10	4	512.6	<b>513.54</b>		513.58	0.000753	0.86	4.64	5.88	0.31
odtocni	15	PF 10	4	512.59	<b>513.53</b>		513.57	0.000747	0.86	4.65	5.88	0.31
odtocni	14	PF 10	4	512.58	<b>513.52</b>		513.56	0.00074	0.86	4.67	5.89	0.31
odtocni	13	PF 10	4	512.57	<b>513.52</b>		513.55	0.000732	0.85	4.68	5.89	0.31
odtocni	12	PF 10	4	512.57	<b>513.51</b>		513.55	0.00074	0.86	4.67	5.89	0.31
odtocni	11.5	PF 10	4	512.56	<b>513.5</b>	513.01	513.54	0.000738	0.86	4.67	5.89	0.31
odtocni	11	PF 10	4	512.56	<b>513.45</b>	513.01	513.49	0.000901	0.92	4.36	5.78	0.34

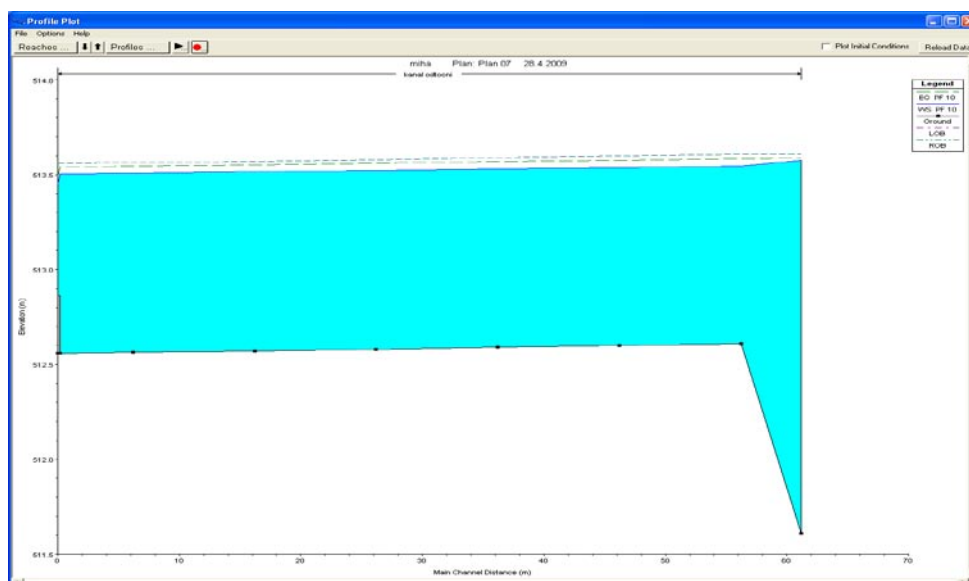
Tabela 5.9: Tabelaričen prikaz gladin pri pretoku  $Q=4\text{m}^3/\text{s}$

Ker lahko pričakujemo pri pretokih večjih od  $4\text{m}^3/\text{s}$  vpliv vode, ki teče po glavni strugi, sem za ta pretok predvidel v zadnjem profilu prag višine 0,3m in tako dobil realnejše rezultate gladin pri tem pretoku. Vendar sama postavitve praga ni imela bistvenega vpliva na prečni prerez 18 (prerez na iztoku iz sesalne cevi), saj se je gladina vode v tem profilu povečala za 0,03m. Tako lahko ugotovim, da pretoki po glavni strugi ne vplivajo bistveno na pretoke v odvodnem kanalu, če seveda upoštevamo dolgoletno krivuljo trajanja srednjih mesečnih pretokov (glej poglavje Hidrologija).

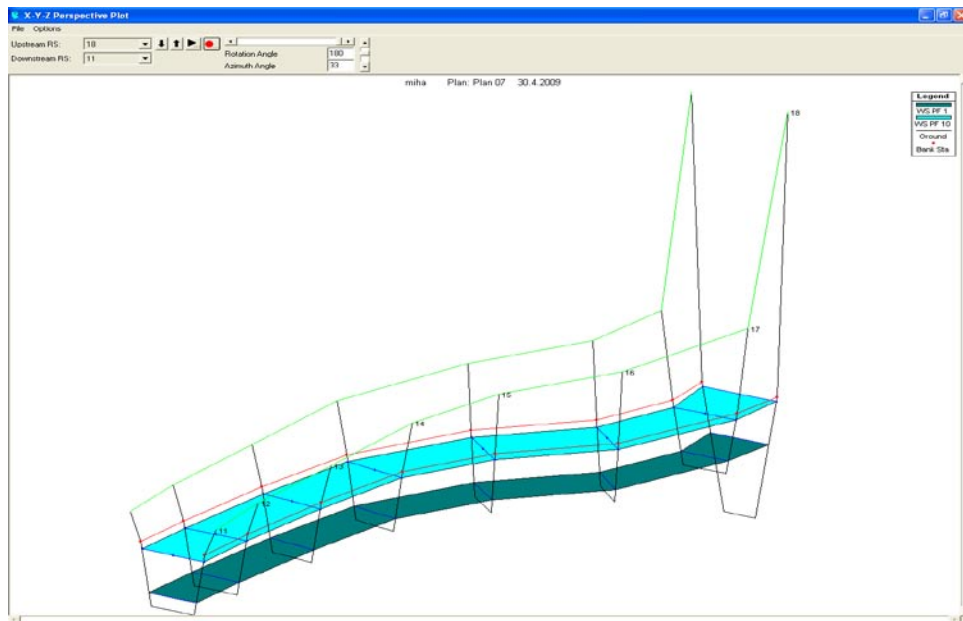
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
odtocni	18	PF 1	0.36	511.61	<b>512.83</b>		512.83	0.000004	0.07	5.08	5.39	0.02
odtocni	17	PF 1	0.36	512.61	<b>512.82</b>		512.83	0.000912	0.4	0.88	4.42	0.29
odtocni	16	PF 1	0.36	512.6	<b>512.81</b>		512.82	0.000896	0.4	0.89	4.42	0.29
odtocni	15	PF 1	0.36	512.59	<b>512.8</b>		512.81	0.000883	0.4	0.89	4.42	0.28
odtocni	14	PF 1	0.36	512.58	<b>512.79</b>		512.8	0.000863	0.4	0.9	4.43	0.28
odtocni	13	PF 1	0.36	512.57	<b>512.79</b>		512.79	0.000842	0.39	0.91	4.43	0.28
odtocni	12	PF 1	0.36	512.57	<b>512.78</b>		512.78	0.000898	0.4	0.89	4.42	0.29
odtocni	11	PF 1	0.36	512.56	<b>512.77</b>	512.65	512.78	0.000901	0.4	0.89	4.42	0.29

Tabela 5.10: Tabelaričen prikaz gladin pri pretoku  $Q_{min}=0,356\text{m}^3/\text{s}$

Pri izračunu  $Q_{min}$  in pretokih manjših od  $4\text{ m}^3/\text{s}$ , nisem upošteval vpliva glavne struge, saj po njej teče le biološki minimum, ki na razmere v odvodnem koritu nima nobenega vpliva.



Slika 5.16: Grafičen prikaz poteka gladine pri pretoku  $Q_{max}=4\text{m}^3/\text{s}$



Slika 5.17: 3D prikaz poteka  $Q_{min}$  in  $Q_{max}$  v odtočnem kanalu

## 5.10 Izbira turbine

Turbino izberem s pomočjo krivulje trajanja pretokov. V poglavju krivulje trajanja sem na podlagi dolgoletnih pretokov, ki jih predstavlja krivulja trajanja izbral instaliran pretok  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Višinska razlika koncesijskega področja znaša  $5,19\text{m}$ . Za turbino pa je uporabnih  $5,14\text{m}$ , kar nam predstavlja bruto višinsko razliko. Za tak nivo padca pa so najbolj uporabne Francisove in Kaplanove turbine.

### 5.10.1 Primerjava turbin Francis-Kaplan

Turbini sem primerjal v programu Turbnpro 3.0, katerega uporabo so mi omogočili na Turboinštitutu v Ljubljani. Turbini sem primerjal pri pretokih za sušno, srednje in mokro leto, ter pri neto padcih  $3,5\text{m}$  (trenutno stanje) in  $3,9\text{m}$  (možnost povečanja bruto padca). Za izračun proizvedene električne energije sem uporabil eno Kaplanovo turbino z vertikalno osjo in sistem dveh Francisovih turbin. Kaplanova turbina prevaja instaliran pretok, pri Francisovih turbinah pa vsaka prevaja polovico instaliranega pretoka.

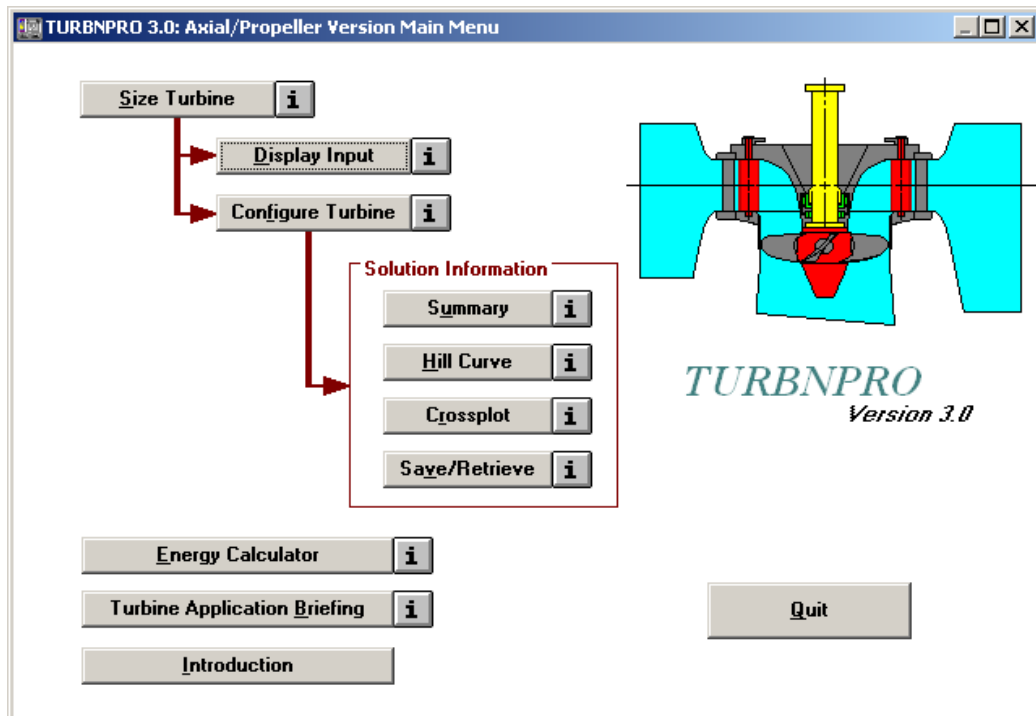
		Qn	Qsr	Qvk
	Hneto	E [MWh]	E [MWh]	E [MWh]
Kaplan	<b>3,5</b>	<b>258,24</b>	<b>570,83</b>	784,33
	3,9	<b>287,82</b>	<b>637,03</b>	875,60
Francis	<b>3,5</b>	242,62	567,39	<b>801,59</b>
	3,9	275,39	630,66	<b>886,37</b>

Tabela 5.11: Proizvodnja električne energije Francisove in Kaplanove turbine s pomočjo programa Turbenpro 3.0

Iz razpredelnice je razvidno da ima Kaplanova turbina boljši izkoristek v sušnih in srednjih letih, Francisova pa v mokrih letih. Ker turbina večino časa obratuje pri nižjih oz. srednjih pretokih se odločim za uporabo Kaplanove turbine, saj bolje izkorišča srednje pretoke, pa tudi cenovno je ugodnejša.

### 5.10.2 Kaplanova turbina

Po odločitvi za tip turbine, ki ga bomo vgradili v mHE Kitič, je bilo potrebno natančno določiti samo turbino. Tudi tu sem si pomagal z programom Turbenpro 3.0. Podatki, ki sem jih uporabil pri določevanju turbine se nanašajo na sQs pretoke.



Slika 5.18: Začetno okno programa Turbenpro za določitev Kaplanove turbine

Turbenpro je program za določanje turbin pri danih pogojih. Omogoča izračune za propelerske, francisove in peltonove turbine. Med propelerske turbine spada tudi moja izbrana Kaplanova turbina. Ko izberemo vrsto turbine, je potrebno v program vnesti značilnosti obravnavane situacije, kot prikazuje slika spodaj.



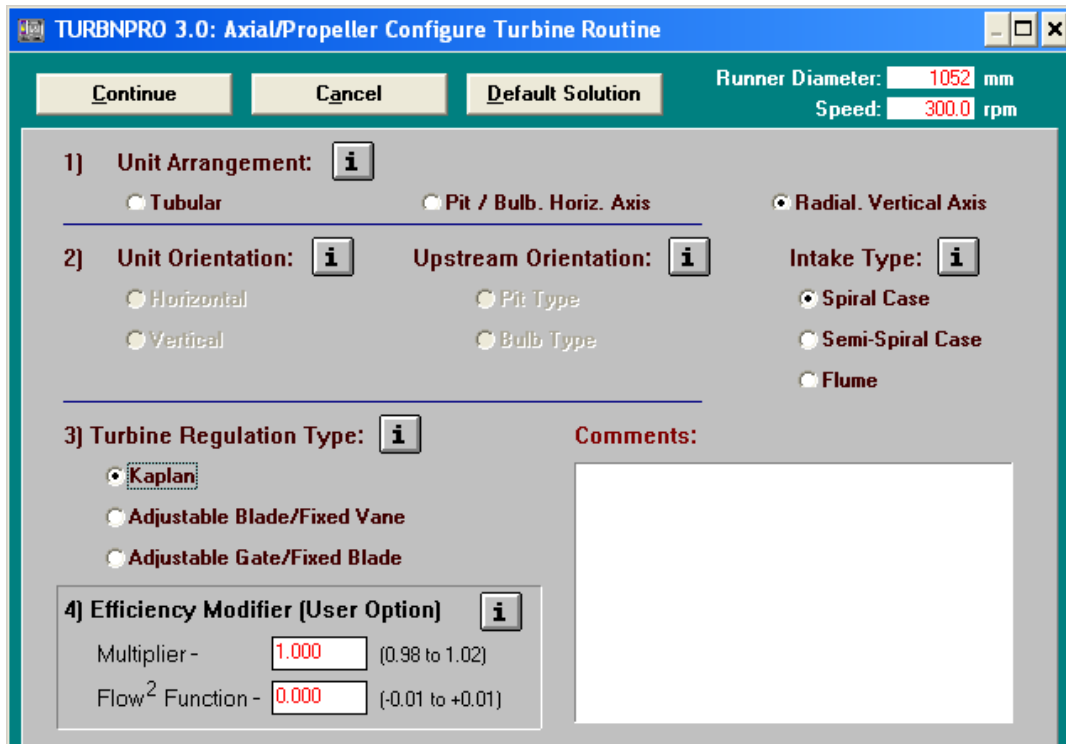
Parameter	Value	Limit
Rated Discharge (in m <sup>3</sup> /s)	4.0000	Limits
Net Head at rated discharge (in meters and < 67)	4.8600	Limits
Site Gross Head (in meters)	5.1400	Limits
Site Elevation (in meters)	517.7500	Limits
Water Temperature (in degrees C)	10.0000	Limits
Desired setting to tailwater (in meters)	1.3800	Limits
Efficiency Priority at max output (0 to 10)	8.0000	Limits
Ratio of rated head to best eff head (0.7 to 1.0)	1.0000	Limits
System Frequency (50 Hz or 60 Hz)	50.0000	Limits
Minimum Net Head (in meters)	4.1200	Limits

Slika 5.19: Podatkovno okno programa Turbenpro 3.0 za vnos značilnosti obravnavanega področja

V prvo vrstico vnesemo pretok v m<sup>3</sup>/s, na katerega naj bo dimenzionirana turbina. V drugo vrstico vnesemo neto padeč (ker se nam zaradi dolvodnega spreminjanja gladine neto padeč spreminja, je na tem mestu potrebno vnesti maksimalni neto padeč, čeprav le ta ni dosežen pri instaliranem pretoku). V tretjo vrstico vnesemo izmerjeni bruto padeč. V četrto vrstico vnesemo nadmorsko višino obravnavanega odseka- podatek služi pri izračunu kavitacije, ki je odvisna od zunanjega zračnega tlaka, ki se spreminja z višino. V peto vrstico vnesemo temperaturo vode- tudi ta podatek služi pri izračunu kavitacije, povezan pa je z izračunom pritiska vodne pare. V šesto vrstico vnesemo višino sesalne cevi turbine nad gladino spodnje vode. V sedmi vrstici s spreminjanjem vrednosti od 0 do 10 določamo pri katerih vrednostih pretoka bo turbina imela največji izkoristek, oz. kje se na intervalu uporabnih pretokov izbrane turbine pojavi instaliran pretok. V primeru, da izberemo vrednost 10 bo imela turbina največji izkoristek ravno pri instaliranem pretoku. Z podajanjem manjših števil pa se zmanjšuje vrednost pretoka pri največjem izkoristku. Tako bi v primeru, če bi izbrali vrednost 0, bil inštaliran pretok že kar na robu požiralnosti turbine in hkrati cca. 20% večji od pretoka pri največjem izkoristku. V osmi vrstici vnesemo frekvenco električnega omrežja. V Sloveniji

deluje omrežje z frekvenco 50 Hz. V deveto vrstico pa vnesemo minimalno neto hidravlično višino, ki je v našem primeru pri instaliranem pretoku. (Zidarič, 2004)

Ko so vneseni splošni podatki, je potrebno definirati še značilnosti same turbine.



Slika 5.20: Okno za vnos osnovnih značilnosti turbine

To določimo v oknu "Configure Turbine". Določiti je potrebno ali bo os turbine horizontalna ali vertikalna, ali bo turbina v jašku ali cevi, ter način reguliranja pretočnih sposobnosti turbine.

Izbral sem turbino z vertikalno osjo v jašku, zaradi direktnega vpetja v generator in tako zmanjšanja stroškov. Varianta z horizontalno osjo bi pri tem tipu turbine občutno povečala stroške, zaradi zahtevnosti same izgradnje in za tako majhen objekt, kot je načrtovana mHE, ekonomsko ne bi bili opravičeni.

Glede na to, da je bila izbrana turbina z vertikalno osjo, program sam določi kolensko obliko sesalnega kanala. Izbrana je bila tudi turbina katere os je direktno povezana v generator in ne potrebuje dodatnih ležajev. To poveča kompaktnost agregata, ojačani ležaji v generatorju pa

bodo prenesli obremenitve turbine, saj je turbina razmeroma majhnih dimenzij. Dodatni ležaji so zahtevani le v primeru velikih turbin in obremenitev. Pri mHE pa je uporaba dodatnih ležajev prepuščena izboru projektanta in lokalnih pogojev na položaju strojnice. Za vtok sem izbral jašek z prosto gladino, saj se mi pri danih pogojih zdi najbolj primeren in ekonomsko opravičen.

V četrti točki "Efficiency Modifier" je možno spreminjati učinkovitost strojnih delov opreme in izgub povezanih s hitrostjo vode. Vnašanje drugih števil od predlaganih, bi spremenilo vrednosti izračunane s programom. Ker v mojem primeru obravnavam splošno turbino in se ne posvečam strojniškim podrobnostim in optimizaciji, s katerimi bi bilo mogoče izboljšati izkoristke in zmanjšati izgube povezane s hitrostnim členom toka vode. Teh števil ne spreminjam in vzamem predlagane vrednosti, ki mi jih poda program. Z vnosom vseh zgoraj navedenih podatkov, ima program vse potrebne informacije za izračun turbine.

Da bi lahko določil letno proizvodnjo električne energije, sem v program vnesel brezdimenzijsko krivuljo trajanja pretokov v procentih, ki pa je bila narejena iz podatkov za 37-letno obdobje (1969-2005) povprečnih srednjih mesečnih pretokov. To naredimo tako da v začetnem oknu (Slika 5.18) izberemo možnost "Energy Calculator". Tu najprej vnesem krivuljo trajanja, nato pa spremembo gorvodnih gladin, katere se v mojem primeru ne spreminjajo in kota gladine znaša 517,69m. Gorvodne spremembe gladine ne upoštevam, saj se pri danih pretokih  $sQs$  krivulje trajanja, gorvodna gladina dvigne za maksimalno 0,013m. Ta sprememba gladine pa je kratkotrajna (traja en mesec na leto) in tako majhna, da jo v izračunu energije lahko zanemarimo. Rezultate izračuna gorvodnih gladin sem predstavil v tabeli 5.10, kjer  $sQs$  predstavlja krivuljo trajanja srednjih mesečnih pretokov,  $sQs-Qbmin$  predstavlja pretok z odštetim biološkim minimumom,  $t$  predstavlja čas v procentih,  $Qturbine$  predstavlja pretok, ki ga spuščamo preko turbine,  $Q(čez jez)$  predstavlja pretok vode preko jezua in  $hd$  predstavlja dvig vodne gladine nad krono jezua zaradi pretoka, ki teče preko jezua. .

sQs [m <sup>3</sup> /s]	sQs-Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	t [%]	Qturbina [m <sup>3</sup> /s]	Q(čez jez) [m <sup>3</sup> /s]	hd [m]
8.051	7.676	0.083	4.000	4.051	0.013
6.141	5.766	0.167	4.000	2.141	0.005
4.826	4.451	0.250	4.000	0.826	0.001
4.179	3.804	0.333	3.804	0.375	0.000
3.387	3.012	0.417	3.012	0.375	0.000
2.794	2.419	0.500	2.419	0.375	0.000
2.187	1.812	0.583	1.812	0.375	0.000
1.848	1.473	0.667	1.473	0.375	0.000
1.513	1.138	0.750	1.138	0.375	0.000
1.195	0.820	0.833	0.820	0.375	0.000
0.964	0.589	0.917	0.589	0.375	0.000
0.731	0.356	1.000	0.356	0.375	0.000

Tabela 5.12: Izračun gorvodnih gladin

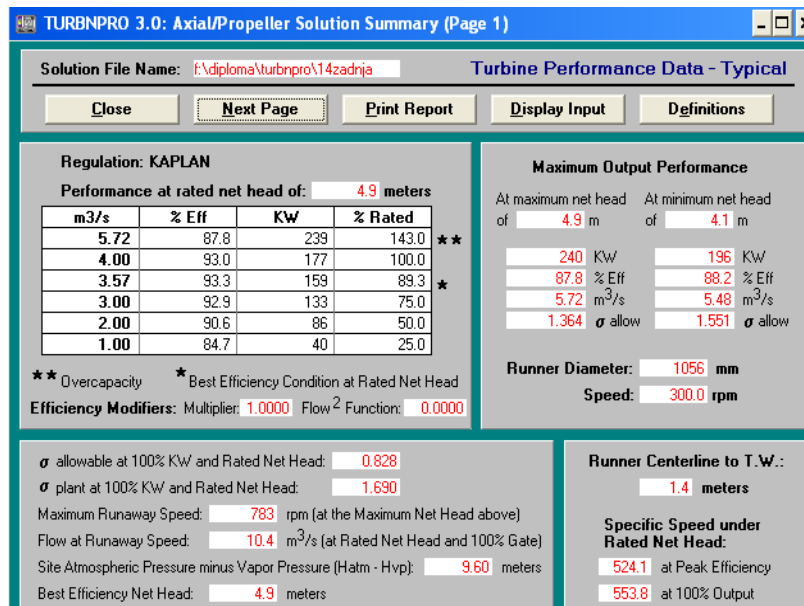
V nadaljevanju se nam odpre okno, v katerega vnesemo podatke za dolvodne gladine. Ta podatek pa ima resnejši vpliv na sam izračun proizvedene električne energije, saj se pri zmanjševanju pretoka preko turbine povečuje neto padec. Spremembo gladin sem obravnaval v programu HEC-RAS, ki sem ga predstavil v prejšnjem poglavju. Po izboru turbine nam program Turbenpro poda priporočene mere vseh delov mHE. Tako nam za iztok iz sesalne cevi poda končno širino sesalne cevi, ki znaša  $b^*=2,95$  m in to širino uporabim za širino dna trapeznega korita. S pomočjo programa sem dobil naslednje rezultate v tabeli 5.12, kjer t predstavlja čas, Qturbine pretok preko turbine. Kota gladine predstavlja gladino spodnje vode na iztoku iz sesalne cevi (gorvodna gladina je fiksna in znaša 517,69 m nadmorske višine), Hn predstavlja neto padec pri določenem pretoku in  $\Delta h$  predstavlja višino vodnega stolpca v prerezu 17, pri določenem pretoku.

t [%]	Qturbina [m <sup>3</sup> /s]	Kota gladine [m]	Hn [m]	Δh [m]
0.083	4.000	513.57	4.12	0.96
0.167	4.000	513.57	4.12	0.96
0.250	4.000	513.57	4.12	0.96
0.333	3.804	513.51	4.18	0.9
0.417	3.012	513.4	4.29	0.79
0.500	2.419	513.3	4.39	0.69
0.583	1.812	513.19	4.50	0.58
0.667	1.473	513.13	4.56	0.52
0.750	1.138	513.05	4.64	0.44
0.833	0.820	512.97	4.72	0.36
0.917	0.589	512.91	4.78	0.3
1.000	0.356	512.83	4.86	0.22

Tabela 5.13: Izračun gladin na iztoku iz mHE

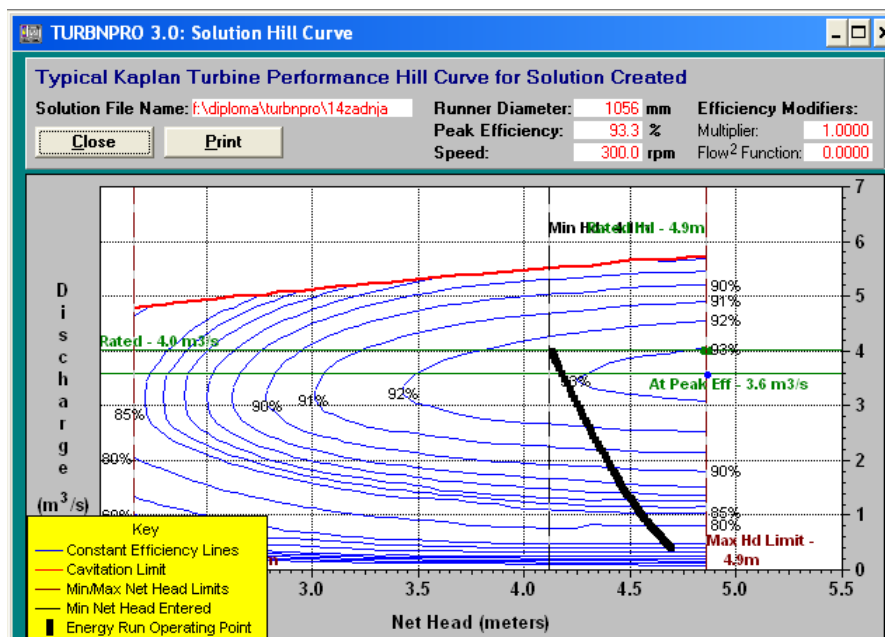
Po izračunu teh gladin dobim maksimalni neto padeč pri pretoku  $Q_{12}=0,356\text{m}^3/\text{s}$ , ki znaša  $H_{\text{neto1}}=4,86\text{ m}$  in minimalni padeč pri pretoku  $Q_3=4\text{ m}^3/\text{s}$ , ki znaša  $H_{\text{neto2}}=4,12\text{m}$ . Te podatke sem vnesel v program kot prikazuje Slika 5.19.

Za turbino z instaliranim pretokom  $4\text{m}^3/\text{s}$  sem s temi pridobljenimi podatki, v programu Turbenpro 3.0 izpeljal izračun proizvedene električne energije. Rezultati, ki sem jih dobil, upoštevajo samo izgube zaradi turbine, ne pa izgub zaradi generatorja.



Slika 5.21: Poročilo z izračunanimi karakteristikami izbrane turbine

Iz rezultatov lahko ugotovimo, da bo imel gonilnik izbrane turbine premer 1056 mm, vrtela se bo z 300 obrati na minuto, njena nazivna moč bo 177 kW, maksimalna moč 214kW pa bo dosežena pri pretoku 5,72 m<sup>3</sup>/s. To je tudi maksimalni pretok, ki ga je turbina sposobna sprejeti brez pojava kavitacije. Optimalni izkoristek 93,3 % bo dosežen pri pretoku 3,57 m<sup>3</sup>/s, pobežna hitrost pa bo znašala 783 obratov na minuto.



Slika 5.22: Prikaz školjčnega diagrama izkoristka turbine

Debela črna črta na sliki prikazuje vrednost v katerih se gibljemo med obratovanjem turbine. Vidimo, da smo na varni strani in da do kavitacije v našem primeru normalnega obratovanja sploh ne pride. Mejo kavitacijskega območja prikazuje rdeča črta na sliki.

Pojav kavitacije sem preveril tudi z izračunom dovoljene sesalne višine  $H_s$ . To je višina med dolvodno gladino in horizontalno osjo turbine in je stacionirana na koti 515,00 m. Sesalno višino, pri kateri še ne pride do kavitacije lahko izračunam s pomočjo Thoma-novega koeficienta  $\sigma_T$ . Enačbo zapišemo v obliki (vir Turboinštitut):

$$H_s = 10 - \nabla / 900 - \sigma * H_n \quad (20)$$

$H_s$  sesalna višina

$\nabla$  nadmorska višina turbine

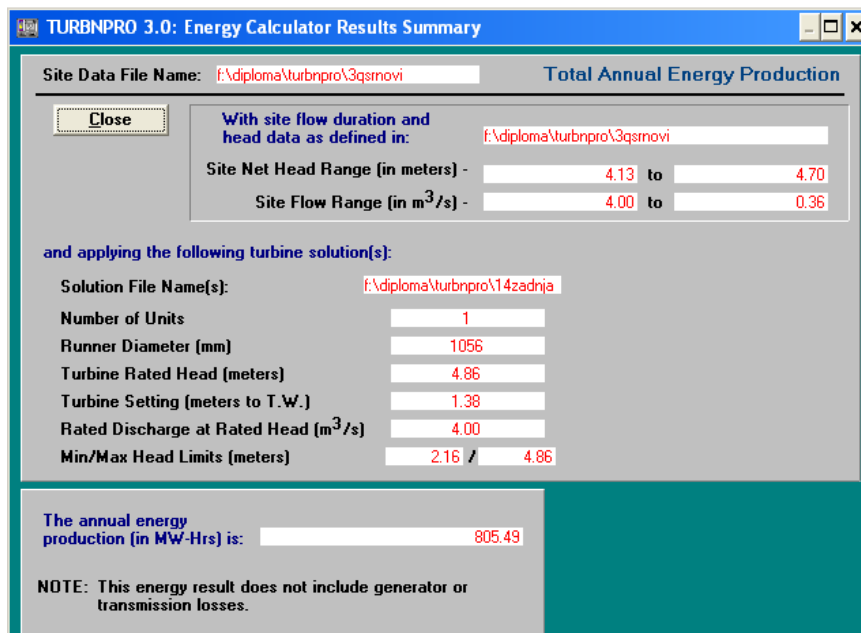
$\sigma_T$  (Thomov sigma) koeficient določen s pomočjo modelnih raziskav, ki ga poda proizvajalec turbine (podatek, vir Turboinštitut) = 0,7

$H_n$  neto padec

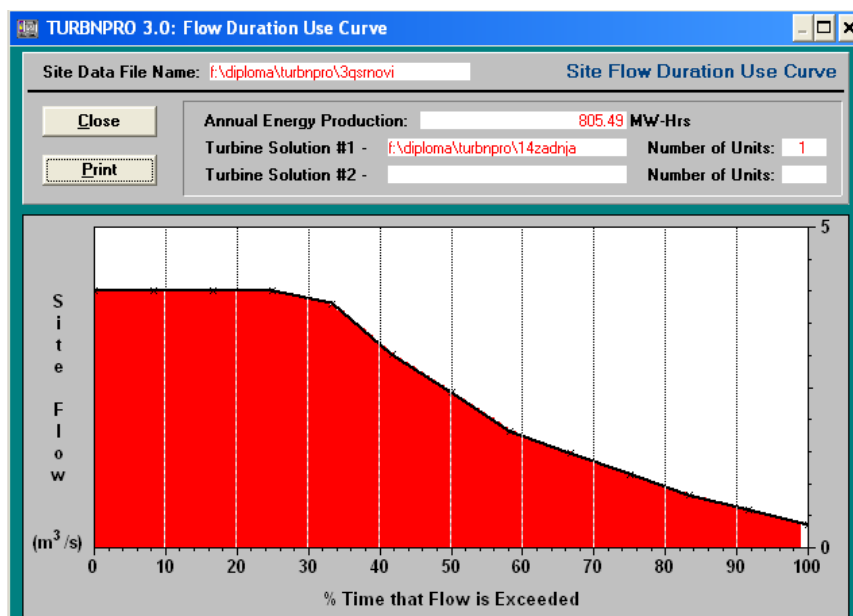
$$H_s = 10 - 515,00 / 900 - 0,7 * 4,12$$

$$H_s = 6,54m$$

Iz rezultata lahko razberemo, da pri taki postavitvi turbine ne bomo imeli težav s kavitacijo, saj je dovoljena sesalna višina 6,54m. V našem primeru znaša  $H_s=1,43m$ .

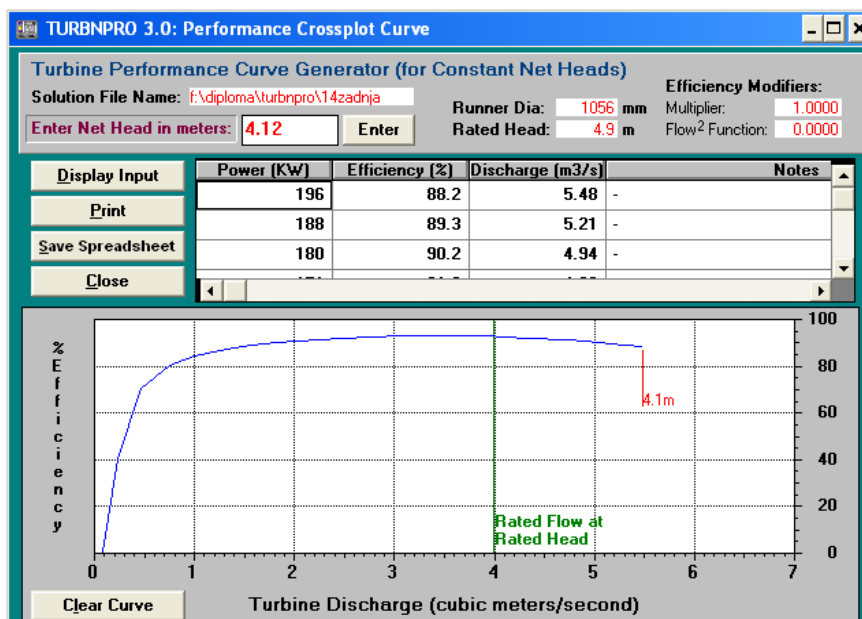


Slika 5.23: Prikaz rezultatov, izračuna proizvedene električne energije



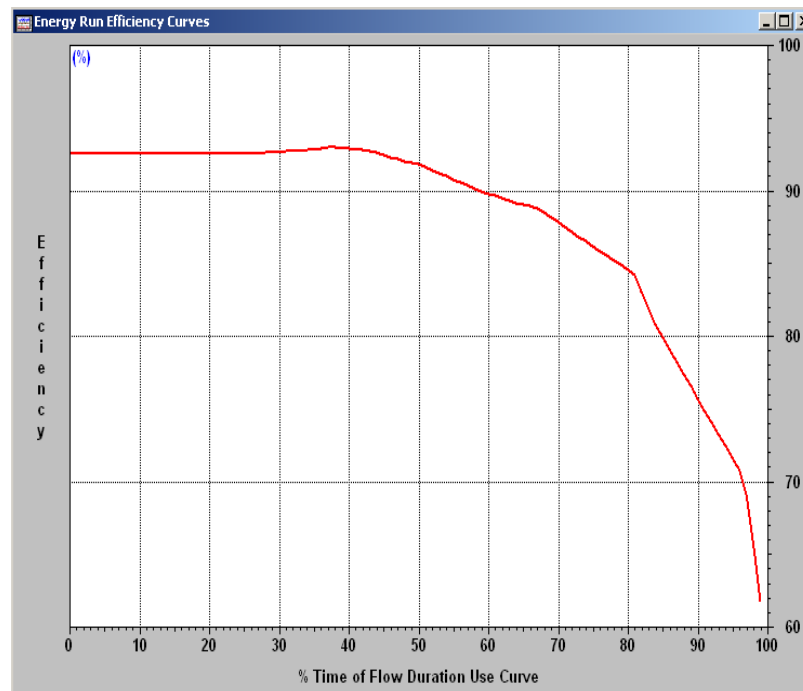
Slika 5.24: Prikaz uporabnosti pretokov





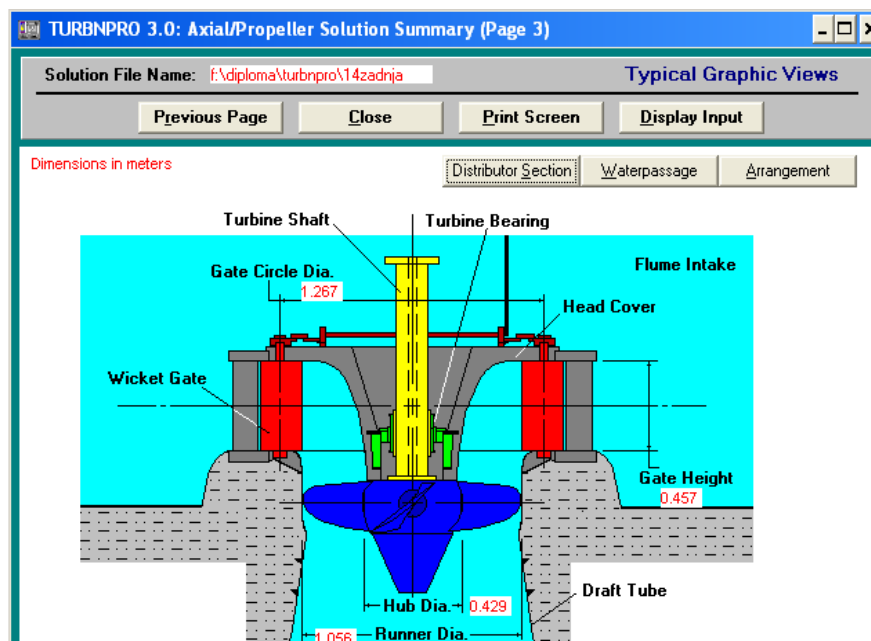
Slika 5.25: Krivulja izkoristkov za izbrano krivuljo

Iz diagrama uporabe pretokov lahko ugotovim, da bo izbrana turbina v primeru srednje mokrega leta obratovala maksimalno 98% dni v letu. To je le informativni podatek, saj je potrebno vsako leto strojno opremo v mHE pregledati in na njej izvesti predpisano stopnjo vzdrževanja, po potrebi tudi delnega remonta. Vsakoletno vzdrževanje običajno traja tudi več dni, sušni dnevi pa si ponavadi ne sledijo drug za drugim, zato je potrebno občasno izvajati vzdrževanje tudi v dneh, ko bi mHE zaradi zadostnih pretokov lahko obratovala. Program upošteva tudi idealne, teoretične pogoje, kar v realnosti privede do tega da mHE ne obratuje več kot 90% časa. Proizvedena letna količina električne energije znaša 805,49MWh, pri čemer so upoštevane samo izgube na turbini.



Slika 5.26: Diagram izkoristkov turbine glede na krivuljo trajanja pretoko

Iz zgornjega diagrama je razvidno da bo turbina obratovala pri 61,8% izkoristku in pri tej vrednosti bo znašal pretok čez turbino  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Slika 5.27: Skica izbrane turbine

## 5.11 Izbira generatorja

Ker gre pri mHE Kitič za vzporedno obratovanje (električno energijo bomo oddajali samo v javno omrežje), se odločim za asinhronski generator, saj je tak tip generatorja cenejši in se ga lažje vzdržuje. Ker v našem primeru ne bomo proizvajali električne energije za neko lokalno omrežje, bi sinhronski generator predstavljal nepotreben strošek, saj je veliko dražji od asinhronskega.

## 5.12 Primerjava izračunanih vrednosti z dobljenimi vrednostmi iz programa Turbenpro 3.0

Qs [m <sup>3</sup> /s]	v [m/s]	Qs-Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	t [%]	Qturbina [m <sup>3</sup> /s]	trajanje [dnevi]	Hneto` [m]	Pa` [kW]	E` [kWh]
8.051	1.789	7.676	0.083	4.000	30.5	4.12	139.7891	102325.6
6.141	1.365	5.766	0.167	4.000	30.5	4.12	139.7891	102325.6
4.826	1.073	4.451	0.250	4.000	30.5	4.12	139.7891	102325.6
4.179	0.929	3.804	0.333	3.804	30.5	4.18	134.89249	98741.3
3.387	0.753	3.012	0.417	3.012	30.5	4.29	109.59733	80225.25
2.794	0.621	2.419	0.500	2.419	30.5	4.39	90.091768	65947.17
2.187	0.486	1.812	0.583	1.812	30.5	4.50	69.17869	50638.8
1.848	0.411	1.473	0.667	1.473	30.5	4.56	56.989601	41716.39
1.513	0.336	1.138	0.750	1.138	30.5	4.64	44.773383	32774.12
1.195	0.266	0.820	0.833	0.820	30.5	4.72	32.849019	24045.48
0.964	0.214	0.589	0.917	0.589	30.5	4.78	23.884848	17483.71
0.731	0.162	0.356	1.000	0.356	30.5	4.86	14.678918	10744.97
								<b>729294.1</b>

Tabela 5.14: Izračun proizvedene električne energije za srednje leto

Program Turbenpro nam da končni rezultat proizvedene električne energije v enem letu  $E=805,49\text{MWh}$ . Če predpostavimo, da izgube na generatorju in ostale izgube znašajo še  $\eta=0,94$ , potem dobimo naslednji rezultat:

$$E = 0,94 * 805,49 = 757,160\text{MWh}$$

Dobljena rezultata se razlikujeta samo za 3,7%, tako da je izbor turbin uspešno opravljen.

Ker nam program Turbnpro poda nekoliko višje rezultate proizvedene električne energije, kot izračunani rezultati, se pri izračunu proizvedene električne energije v mokrem in sušnem letu odločim samo za izračunane vrednosti. Tako ostanem na varni strani, kar se tiče napovedi proizvedene električne energije, saj lahko zaradi mnogih nepredvidenih okoliščin, proizvede nekoliko manj električne energije od izračunane. Rezultati proizvodnje električne energije v mokrem in sušnem letu sem predstavil v tabelah 5.14 in 5.15.

Qmin [m <sup>3</sup> /s]	v [m/s]	Qsmin- Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	t [%]	Qturbina [m <sup>3</sup> /s]	trajanje [dnevi]	Hneto` [m]	Pa` [kW]	E` [kWh]
4.08	0.907	3.705	0.083	3.705	30.5	4.15	130.423	95469.51
2.55	0.567	2.175	0.167	2.175	30.5	4.35	80.255	58746.86
2.53	0.562	2.155	0.250	2.155	30.5	4.35	79.517	58206.66
2.5	0.556	2.125	0.333	2.125	30.5	4.35	78.410	57396.35
2.39	0.531	2.015	0.417	2.015	30.5	4.37	74.693	54675.57
1.73	0.384	1.355	0.500	1.355	30.5	4.47	51.378	37608.61
1.56	0.347	1.185	0.583	1.185	30.5	4.50	45.234	33111
1.5	0.333	1.125	0.667	1.125	30.5	4.51	43.039	31504.37
1.28	0.284	0.905	0.750	0.905	30.5	4.56	35.006	25624.59
0.782	0.174	0.407	0.833	0.407	30.5	4.67	16.123	11802.08
0.756	0.168	0.000	0.917	0.000	30.5	4.68	0.000	0
0.735	0.163	0.000	1.000	0.000	30.5	4.68	0.000	0
								<b>464145.6</b>

Tabela 5.15: Izračun proizvedene električne energije za realno sušno leto 2005

Iz zgornje tabele lahko razberemo, da proizvodnja električne energije v sušnem letu predstavlja le 64% energije proizvedene v srednjem letu. Povprečna proizvodnja električne energije na obstoječi mHE znaša 250000kWh letno (podatek lastnika elektrarne). Če ta podatek primerjamo s sušnim letom vidimo, da se proizvodnja obnovljene mHE skoraj podvoji, v primerjavi s srednjim letom pa skoraj potroji.

Qmax [m <sup>3</sup> /s]	v [m/s]	Qmax- Qbmin [m <sup>3</sup> /s]	t [%]	Qturbina [m <sup>3</sup> /s]	trajanje [dnevi]	Hneto` [m]	Pa` [kW]	E` [kWh]
9.57	2.127	9.195	0.083	4.000	30.5	4.12	139.789	102325.6
8.66	1.924	8.285	0.167	4.000	30.5	4.12	139.789	102325.6
6.91	1.536	6.535	0.250	4.000	30.5	4.12	139.789	102325.6
6.27	1.393	5.895	0.333	4.000	30.5	4.12	139.789	102325.6
4.07	0.904	3.695	0.417	3.695	30.5	4.15	130.071	95211.84
3.6	0.800	3.225	0.500	3.225	30.5	4.21	115.168	84302.92
3.41	0.758	3.035	0.583	3.035	30.5	4.23	108.898	79713.27
2.38	0.529	2.005	0.667	2.005	30.5	4.37	74.323	54404.23
1.71	0.380	1.335	0.750	1.335	30.5	4.48	50.733	37136.42
1.58	0.351	1.205	0.833	1.205	30.5	4.50	45.997	33669.84
1.58	0.351	1.205	0.917	1.205	30.5	4.50	45.997	33669.84
1.51	0.336	1.135	1.000	1.135	30.5	4.51	43.421	31784.41
								<b>859195.3</b>

Tabela 5.16: Izračun proizvedene električne energije za realno mokro leto 1982

Iz tabele 5.15 lahko vidimo proizvodnjo električne energije v mokrem letu in znaša 859195,3 kWh. V mokrem letu bi bilo mogoče proizvesti še veliko več električne energije, vendar smo zaradi karakteristik turbine omejeni. Ena od možnosti povečanja proizvodnje, bi bila dodatna turbina, ki pa se zaradi prevelikih stroškov ne izplača.

### 5.13 Ocena investicijskih stroškov

Vrsta del ter oprema	Količina	EUR/enoto	Vrednost v (EUR)
A. Pripravljalna dela			<b>10000.00</b>
(ureditev dovoza, zakoličba, posek in odstranitev grmovja, priprava terena)			
B. Gradbena dela:			
1. Nadvišanje jezua			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	0	3.5	0.00
Beton[m <sup>3</sup> ]	1.4	200	280.00
Armatura[kg]	56	0.65	36.40
Ostala dela			31.64
			<b>348.04</b>
2. Zajemni objekt			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	27.5	3.5	96.25
Beton[m <sup>3</sup> ]	16	200	3200.00
Armatura[kg]	640	0.65	416.00
Ostala dela			371.23
			<b>4083.48</b>
3. Izpust na zajemnem objektu			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	14.9	3.5	52.15
Beton[m <sup>3</sup> ]	19.8	200	3960.00
Armatura[kg]	792	0.65	514.80
Ostala dela			452.70
			<b>4979.65</b>
4. Dovodni kanal in preliv			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	268.8	3.5	940.80
Beton[m <sup>3</sup> ]	35.3	200	7060.00
Armatura[kg]	1412	0.65	917.80
Ostala dela			952.30
Zasutje [m <sup>3</sup> ]	134.4	4.5	987.09
			<b>10857.99</b>
6. Strojnica			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	292	3.5	1022.00
Beton[m <sup>3</sup> ]	150	200	30000.00
Armatura[kg]	11250	0.65	7312.50
Kamen v betonu [m <sup>3</sup> ]	77.5	100	7750.00
Ostala dela			12000.00
			<b>58084.50</b>
7. Odvodni kanal			
Izkop[m <sup>3</sup> ]	230	3.5	805.00
Beton[m <sup>3</sup> ]	51.5	200	10300.00
Armatura[kg]	20.6	0.65	13.39
Utrjevanje brežin z kamnom [m <sup>2</sup> ]	247	30	7410.00
Ostala dela			1852.84
			<b>20381.23</b>
Gradbena dela skupaj			<b>108734.88</b>
C. Hidromehanska oprema			103080.00
D. Elektro oprema			50000.00
E. Strojna oprema			120000.00
Oprema skupaj			<b>273080.00</b>
Investicijska vlaganja skupaj:			<b>381815</b>

Tabela 5.17: Ocena investicijskih stroškov

### 5.13.1 Statični kazalci

Povprečna letna proizvodnja:	729294.1 kWh
Moč (MW)	177 kW
Investicijska vlaganja - skupaj:	381815 EUR
gradbena dela	108735 EUR
oprema	273080 EUR
Specifična vlaganja (inv/kW)	2157.15 EUR/kW
Specifična proizvodnja (inv/letna proiz)	0.52 EUR/kWh

Velikostni razred proizvodne naprave	Cena zagotovljenega odkupa [EUR/MWh]
mikro (< 50 kW)	105.47
mala (< 1 MW)	92.61
srednja (do 5 MW)	82.34

Tabela 5.18: Cene zagotovljenega odkupa električne energije iz proizvodnih naprav obnovljivih virov energije – hidroenergija (UPEE,2009)

Iz zgornje tabele je razvidno, da naša mHE spada v srednji razred, saj je njena nazivna moč 177kW in zato znaša odkupna cena električne energije 92,62 EUR/MWh. Če gledamo proizvodnjo električne energije v srednjem letu, kjer znaša letna proizvodnja električne energije 729,294 MWh, kar nam prinese 67540 EUR/leto, se investicija povrne v 5,6 letih. Kar se tiče obnove mHE Kitič iz ekonomskega vidika se le ta zelo izplača, saj pri trenutni proizvodnji električne energije 250 MWh/leto, kar pomeni 23152 EUR/leto, vsako leto izgubimo 44387 EUR, ki bi nam jih prinesla obnovljena in posodobljena mHE.

## 6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem na podlagi analize obstoječega stanja določil možnosti obnove mHE Kitič. Na podlagi pridobljenih hidroloških podatkov sem dobil krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto, s pomočjo katerih sem nato izbral instaliran pretok, ki znaša  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hidrološki podatki so mi služili tudi pri določitvi biološkega minimuma in maksimalnega pretoka, ki je pomemben zaradi protipoplavne zaščite (preliv, nadvišanje dovodnega kanala, velikost tablaste zapornice,..). Ta instalirani pretok je nato služil pri dimenzioniranju dovodnega kanala, odvodnega kanala in izbire turbine. Po analizi poteka gladin pri različnih pretokih, sem dobil različne neto padce, ki se pri zmanjšanem pretoku povečujejo in povečujejo proizvodnjo električne energije. Po primerjavi proizvodnje električne energije za izbrani instaliran pretok, ki jo proizvedeta dve Francisovi turbini oziroma ena Kaplanova, sem se na podlagi dobljenih rezultatov odločil za izbiro Kaplanove turbine, ki je v sušnem in srednjem letu proizvedla več električne energije kot pa Francisovi turbini. Ker gre pri tej hidroelektrarni za vzporedno delovanje se odločim za asinhronski generator. Glede umestitve v prostor, je objekt praktično neopazen, saj so kanali vkopani, odvodni kanal pa je sonaravno urejen in tako sam objekt ne kviri izgleda okolice. Spremembe na vodotok ne bodo imele nobenega vpliva, saj sem povečanje proizvodnje električne energije zagotovil s povečanjem padca na račun poglobitve odtočnega kanala, povečanja pretoka zaradi zaprtja ribogojnice in posodobitve in avtomatizacije strojne, elektro in hidromehanske opreme. Sam projekt, gledano iz ekonomskega stališča, je upravičen, saj so zaradi povečane proizvodnje posledično višji prihodki, tako se investicija v obnovo povrne že v 5,6 letih. Ker gre pri hidroelektrarnah za proizvodnjo čiste energije, brez dodatnih emisij in ker potrebe po električni energiji pri nas naraščajo, bi bili lahko taki in podobni projekti kamenček v mozaiku ustvarjanja lepše in energetske varne prihodnosti.



## 7 VIRI

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Klemenc, B., Valenčič, M., Šolc, L., 1986. Zgradimo majhno hidroelektrarno – 4 del: Električna oprema, Zveza organizacij za tehnično kulturo slovenije, Ljubljana.

Koželj, D., 2009. Obratovanje malih hidroelektraren, <http://www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Vodna.asp> (dostop 30.5.2009)

Mikoš, M., 2008. Osnove hidourništva- skripta, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 25

Pemič, A., Mikoš, M., 2005. Inženirska hidrotehnika- univerzitetni učbenik, verzija 3, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KSH, str: 1-40

Sorč, E., 2006. Skrivnosti Bohinjskega predora. Holding Slovenskih železnic: str 71-74

Steinman, F., 1999. Hidravlika. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Šolc, L., 1981. Zgradimo majhno hidroelektrarno - 1del: Moč dajeta padec in pretok vode, 2 del: Napeljava vode, Institut za turbinske stroje, Zveza organizacij za tehnično kulturo slovenije, Ljubljana.

Šolc, L., 1983. Zgradimo majhno hidroelektrarno – 3 del: Turbine in pomožna oprema, Institut za turbinske stroje, Zveza organizacij za tehnično kulturo slovenije, Ljubljana.

Šolc, L., 1991. Projekt mjhne hidroelektrarne Kitič na Bohinjski Bistrici

Tuma, M. (2005). Energetski stroji in naprave - Teoretične osnove. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo: srt. 184-186

UK ,(1994). Uredba o koncesijah za gospodarsko izkoriščanje vode na posameznih odsekih vodotokov Skopičnika, Tbina, Koritnice, Prodarjeve grape, Bače, Velunje, Mislinje, Mirtoviškega potoka, Save Dolinke, Rupovščice, Bohinjske Bistrice, Tople, Rajterbaha in Kneže za proizvodnjo električne energije, Uradni list RS, št. 66/1994.

UPEE,(2009). Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije, Uradni list RS, št. 37/2009.

USD,(2003). Uredba o spremembah in dopolnitvah uredb o koncesijah za gospodarsko izkoriščanje vode za proizvodnjo električne energije, ki so bile izdane do uveljavitve zakona o vodah, Uradni list RS, št. 49/2003.

Valant, I., Šolc, L., 1986. Zgradimo majhno hidroelektrarno – 6 del : Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, Zveza organizacij za tehnično kulturo slovenije, Ljubljana.

Zidarič, M., 2004. Diplomaska naloga – Zasnova in načrtovanje male hidroelektrarne, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

## **INTERNETNI VIRI**

-Atlas okolja

[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

-Energetika - spletni učbenik

<http://tehnika.fnm.uni-mb.si/projekti/energetika%2005/kazalo.html>, Energetika - spletni učbenik. Pridobljeno 01.05.2009

-HEC-RAS

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

-Hidro-hit

[http://www.hydro-hit.si/sl/tipi\\_elektrarn](http://www.hydro-hit.si/sl/tipi_elektrarn)

## 8 PRILOGE

- A Geodetski posnetek obstoječega stanja mHE Kitič
- B Pregled najmanjši mesečnih in letnih dnevni vrednosti pretokov - Q<sub>np</sub>
- C Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti pretokov - Q<sub>s</sub>
- D Pregled največjih mesečnih in letnih dnevni vrednosti pretokov - Q<sub>vp</sub>
- E Dispozicija objektov
- F Pregledna situacija
- G Prečni prerez A-A
- H Prečni prerez B-B
- I Prečni prerez C-C
- J Prečni prerez D-D, F-F, G-G, H-H
- K Preči prerezi odvodnega kanala E<sub>i</sub>-E<sub>i</sub>
- L Vzdolžni profil
- M Povprečni dnevni pretoki za leto 2005



## PRILOGA B

Pregled najmanjši mesečnih in letnih dnevni vrednosti - Qnp

Pretoki: m<sup>3</sup>/s  
Vodotok: BISTRICA  
Postaja: BOHINJSKA BISTRICA  
Obdobje: 1969 2005

LETO	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETN
1969	0.482	0.448	0.401	0.629	4.05	0.932	0.629	0.524	2.29	1.42	1.16	1.86	0.401
1970	0.803	0.631	0.585	0.803	1.62	2.29	0.849	0.631	0.607	0.585	0.658	0.585	0.585
1971	0.549	0.534	0.253	0.294	5.05	0.879	0.123	0.253	0.192	0.219	0.53	0.748	0.123
1972	0.748	0.748	0.874	2.29	2.51	2.51	0.29	0.748	0.748	0.439	0.633	0.53	0.29
1973	0.29	0.234	0.234	0.943	2.19	0.276	0.293	0.632	0.632	0.943	0.632	0.487	0.234
1974	0.632	0.722	0.632	0.943	2.19	1.77	0.943	0.943	0.943	0.943	0.943	0.632	0.632
1975	0.384	0.431	0.487	1.08	4.64	3.39	2.03	1.2	0.457	0.116	0.283	0.457	0.116
1976	0.116	0.283	0.116	1.4	2.46	0.457	0.457	0.457	0.819	1.01	0.457	0.819	0.116
1977	0.457	0.457	1.6	1.4	3.63	2.6	1.53	1.53	1.14	0.601	0.601	0.601	0.457
1978	0.601	0.601	0.957	1.74	0.601	2.6	1.53	0.957	0.601	0.601	0.431	0.601	0.431
1979	0.601	1.13	1.13	1.13	3.44	3.44	1.93	0.957	0.53	1.13	1.13	0.8	0.53
1980	0.418	0.53	0.53	1.13	2.4	4.01	2.16	0.658	0.658	0.321	1.55	1.16	0.321
1981	1.04	1.28	1.53	1.53	3.12	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.28	1.53	1.04
1982	1.28	1.28	1.53	1.28	2.06	2.6	1.28	1.28	1.28	1.53	1.53	1.79	1.28
1983	0.61	0.61	1.04	1.53	1.53	1.28	1.28	1.28	1.04	1.04	1.28	1.04	0.61
1984	1.04	1.04	1.28	1.53	2.06	3.61	1.04	0.816	1.28	1.28	1.28	1.04	0.816
1985	1.04	0.61	0.61	1.53	2.86	1.53	0.816	0.61	0.61	0.426	0.816	0.61	0.426
1986	0.61	0.426	0.61	2.06	4.03	1.53	0.266	0.61	1.04	0.61	0.61	0.017	0.017
1987	0.426	0.266	0.426	2.06	4.03	2.06	1.04	1.04	0.816	1.04	1.04	1.04	0.266
1988	1.04	0.61	0.426	1.28	1.53	1.04	1.04	0.816	0.61	1.04	0.426	0.816	0.426
1989	1.04	0.034	1.04	1.53	1.53	1.04	1.04	1.04	0.816	0.816	1.04	1.04	0.034
1990	0.61	0.816	0.61	1.53	1.53	1.28	1.04	0.816	1.04	1.04	1.04	0.426	0.426
1991	0.816	0.816	0.816	1.04	1.04	0.61	0.426	1.04	1.04	1.04	1.04	0.816	0.426
1992	0.61	0.266	0.426	2.6	2.86	1.04	0.61	0.266	0.722	1.4	1.17	0.722	0.266
1993	0.685	0.131	0.131	0.301	0.486	0.685	0.301	0.486	0.899	3.29	0.685	0.685	0.131
1994	0.635	0.44	0.84	1.51	3.76	0.84	0.635	0.635	1.05	0.635	0.635	0.44	0.44
1995	0.477	0.693	0.693	1.64	1.15	0.917	0.693	0.693	1.15	0.693	0.693	0.693	0.477
1996	0.693	0.477	0.477	1.15	3.34	0.693	0.693	0.693	0.693	1.05	1.05	0.635	0.477
1997	0.635	0.635	0.635	0.635	1.05	1.05	0.84	1.05	0.84	0.635	0.84	1.01	0.635
1998	0.368	0.092	0.217	0.573	1.94	0.448	0.278	1.15	1.15	1.63	0.61	0.266	0.092
1999	0.51	0.1	0.1	1.39	1.17	0.25	0.095	0.046	0.25	0.75	0.549	0.957	0.046
2000	0.164	0.354	0.164	1.17	0.568	0.146	0.195	0.29	0.29	0.693	1.86	0.417	0.146
2001	0.417	0.109	0.109	0.957	1.5	0.53	0.658	0.53	0.53	1.17	0.958	0.55	0.109
2002	0.382	0.125	0.355	0.355	1.17	0.355	0.355	0.26	0.55	0.958	1.67	1.29	0.125
2003	0.857	0.268	0.506	0.183	0.506	0.183	0.183	0.112	0.506	0.857	2.24	1.75	0.112
2004	0.34	0.458	0.593	1.3	4.47	2.26	0.593	0.34	0.746	1.1	0.746	0.593	0.34
2005	0.593	0.593	0.593	1.52	1.38	0.966	1.38	1.38	1.16	0.474	0.474	0.807	0.474

## PRILOGA C

Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti - Qs

Pretoki: m<sup>3</sup>/s  
Vodotok: BISTRICA  
Postaja: BOHINJSKA BISTRICA  
Obdobje: 1969 2005

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETN
LETO													
1969	0.846	0.788	1.62	3.91	8.73	2.51	1.94	3.62	4.14	1.73	11.3	3.07	3.69
1970	3.34	1.04	1.48	4.73	7.69	5.14	1.93	1.12	0.911	1.64	4.65	1.41	2.93
1971	1.04	0.838	1.74	7	8.3	4.98	0.284	0.541	0.369	1.55	4.25	0.778	2.64
1972	0.756	1.31	3.43	6.99	7.61	5.69	2.41	0.923	1.58	1.46	5.49	3.75	3.44
1973	0.631	0.357	0.579	2.78	5.81	3.29	2.44	0.953	4.26	4.87	2.67	1.77	2.54
1974	0.684	1.42	2.31	3.29	4.31	5.33	3.04	1.65	3.7	4.88	2.42	0.835	2.82
1975	0.762	0.56	1.33	6.59	8.05	6.88	3.83	1.59	2.14	1.67	0.802	2.76	3.09
1976	0.435	0.495	0.537	3.08	4.56	1.85	1.05	1.14	4.26	5.24	5.54	4.16	2.7
1977	2.24	5.28	4	3.95	7.4	4.36	2.7	5.81	1.69	1.47	1.17	0.823	3.4
1978	0.941	2.02	2.99	3.9	8.79	7.69	4.23	1.73	0.917	2.52	0.522	1.82	3.18
1979	5.05	2.25	3.7	6.01	9.31	6.24	3.6	1.21	1.62	4.37	3.53	1.56	4.05
1980	0.658	1.67	1.08	2.43	6.74	7.25	5.73	1.16	0.975	8.64	3.27	1.56	3.44
1981	1.46	1.5	2.96	3.49	5.44	2.16	2.91	2.07	4.05	4.74	1.57	2.26	2.9
1982	4.07	1.51	1.58	2.38	8.66	3.6	1.58	3.41	1.71	6.27	6.91	9.57	4.3
1983	1.12	0.656	2.98	4.59	4.1	1.59	1.41	2.15	2.75	2.91	1.65	3.86	2.49
1984	2.19	1.22	1.78	3.29	9.88	7.34	3.12	2.23	4.86	4.84	2.47	2.59	3.82
1985	4.37	1.15	1.01	4.9	8.71	8.07	1.71	1.22	1.9	0.481	5.62	4.44	3.64
1986	1.1	0.626	1.17	6.06	9.52	3.68	1.17	3.84	2.4	2.27	3.44	0.987	3.03
1987	0.551	1.55	2.03	5.87	7.15	5.91	2.63	2.86	2.73	7.08	4.17	1.6	3.68
1988	3.77	2.78	0.895	5.22	8.17	4.26	1.77	3.88	4.73	1.81	1.05	1.3	3.3
1989	1.04	0.952	2.88	5.54	2.66	2.12	1.79	2.44	2.04	1.04	2.19	4.05	2.4
1990	3.13	1.32	1.01	3.76	3.29	7.58	2.28	1.22	3.15	5.39	8.6	1.68	3.53
1991	1.25	1.59	4.24	2.43	4.74	5.37	1.85	1.7	1.79	5.82	6.2	1.06	3.18
1992	1.01	0.549	1.97	5.72	4.98	2.37	1.41	0.515	2.11	8.47	6.31	5.59	3.42
1993	0.685	0.324	0.269	1.74	0.981	0.98	1.07	1.02	5.27	12	2.7	2.51	2.48
1994	2.69	0.609	3.2	4.96	7.12	2.82	1.51	1.1	4.41	3.99	2.46	1.18	3.02
1995	1.96	1.37	2.02	4.92	6.58	4.04	0.894	1.34	6.63	0.863	4.08	5.61	3.36
1996	2.49	0.626	0.872	5.11	7.63	6.29	4.42	1.54	2.03	5.07	5.14	2.97	3.77
1997	0.906	1.15	1.67	1.32	4.66	4.13	1.96	1.52	2.29	1.65	7.8	4.02	2.76
1998	1.46	0.462	1.1	5.96	4.1	1.92	4.24	2.61	5.57	8.47	4.63	1.07	3.48
1999	0.834	0.199	2.15	5.41	4.53	0.962	0.463	1.39	1.43	7.02	1.66	2.04	2.36
2000	1.02	0.689	0.856	5.19	3.24	0.853	2.04	0.721	0.879	6.01	15.9	4.3	3.47
2001	6.38	0.878	8.26	2.22	3.78	2.02	2.29	0.768	5.47	3.43	2.31	0.88	3.25
2002	0.662	0.563	2.91	2.75	3.28	1.9	1.85	3.43	2.14	6.71	7.66	2.82	3.07
2003	2.12	0.665	0.735	2.21	2.08	0.533	1.08	0.406	1.23	5.58	8	2.92	2.3
2004	1.14	1.86	1.03	6.29	9.09	5.78	2.91	1.78	4.38	11.7	2.4	1.25	4.14
2005	0.782	0.735	1.56	4.08	2.53	1.28	2.5	2.39	2.55	1.73	0.756	1.5	1.87

## PRILOGA D

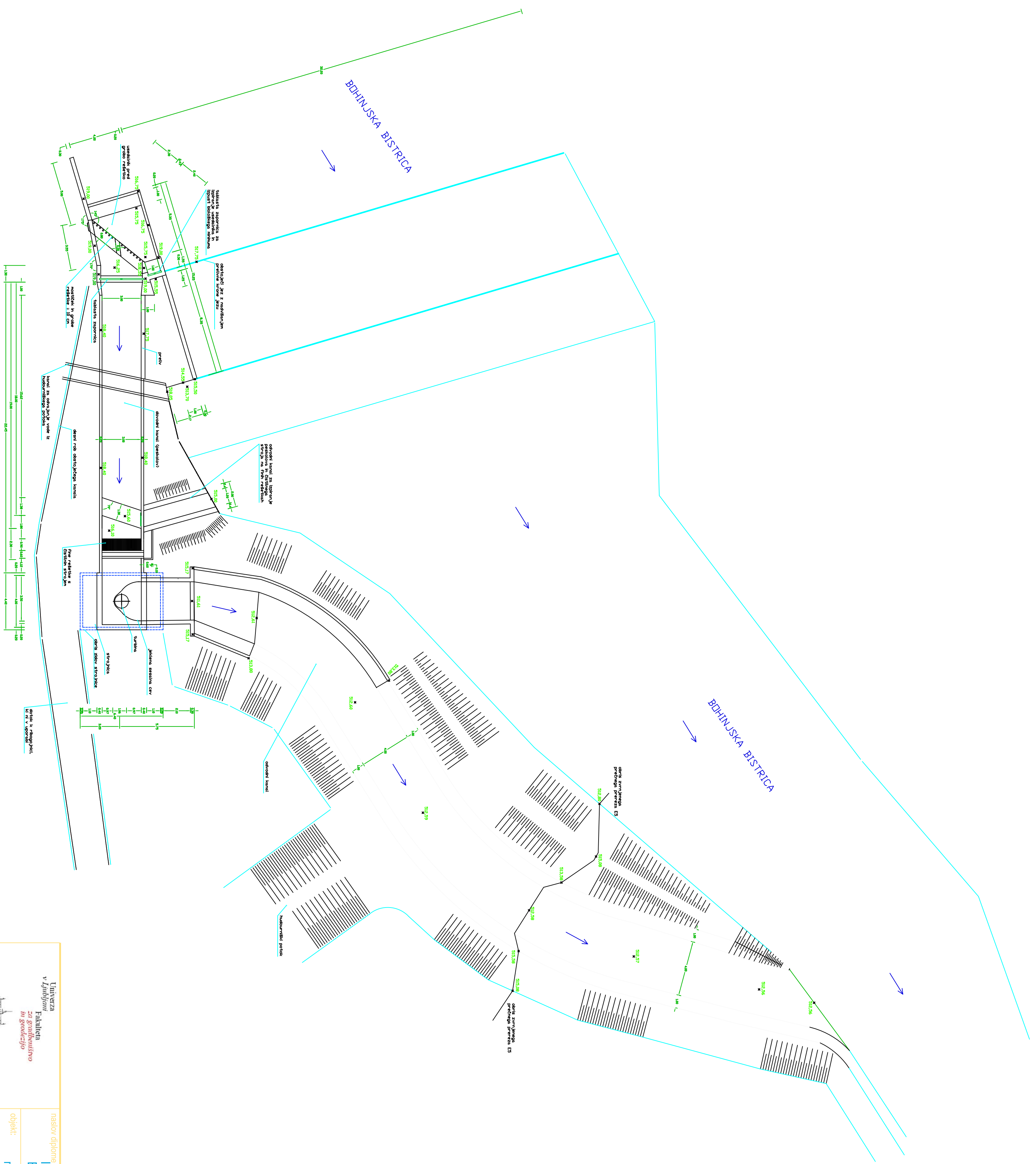
Pregled največjih mesečnih in letnih dnevni vrednosti - Qvp

Pretoki: m3/s  
 Vodotok: BISTRICA  
 Postaja: BOHINJSKA BISTRICA  
 Obdobje: 1969 2005

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	LETN
LETO													
1969	4.05	1.9	7.86	14.2	32.2	9.13	22	26.8	19.1	2.29	59.1	5.09	59.1
1970	18.4	6.57	8.24	17.2	16.8	7.67	4.21	2.74	2.16	14.9	29.1	7.11	29.1
1971	2.44	3.42	13.6	15.6	14.9	17.4	1.01	2.5	1.49	21.6	22.7	1.16	22.7
1972	0.874	3.71	12.2	22.3	15.8	19.3	7.89	1.16	4.22	11.9	28.8	21.2	28.8
1973	0.874	0.748	2.51	20.7	11.8	21.5	13.4	2.19	26.6	27.4	25.8	6.86	27.4
1974	0.943	5.73	6.3	17.8	9.71	23.4	11.2	9.71	26.6	21.5	16	1.39	26.6
1975	3.6	0.632	8.29	31.6	16.7	21.3	9.09	2.92	4.9	8.8	2.03	19.8	31.6
1976	0.457	1.01	2.03	6.24	7.64	7.64	8.21	6.24	19.4	21.6	17	32.3	32.3
1977	17.6	30.5	7.64	9.09	28.2	6.69	7.26	21.5	2.6	5.59	5.59	1.53	30.5
1978	3.53	11.4	12.4	18.3	25.4	16.5	16.9	6.69	5.59	15.5	0.601	23	25.4
1979	53.3	5.22	12.6	28.6	25.8	10.5	21.7	1.93	6.5	22	25	2.4	53.3
1980	1.13	17.5	3.44	7.05	22.4	26.2	21.7	1.93	2.16	41.5	22	1.98	41.5
1981	1.53	1.53	9.18	10.5	27.2	3.61	16.2	9.18	20.6	17.6	2.6	19.5	27.2
1982	40.3	2.06	2.06	6.88	25.2	10.5	2.6	26	4.65	43.3	36.5	27.9	43.3
1983	2.33	1.04	16.2	14	20.6	2.86	1.53	19.5	20.6	26.8	7.2	27.2	27.2
1984	11.2	2.06	4.03	6.56	30.4	26.4	17.6	10.5	37.3	17.2	14.7	12.3	37.3
1985	36.5	2.6	1.53	16.9	15.8	24.4	3.84	5.92	23.3	1.04	29.1	30.4	36.5
1986	3.61	1.04	7.86	35.3	33.2	12.9	2.6	33.6	19.5	23.6	25.2	1.79	35.3
1987	0.816	6.56	5.92	20.6	21.3	16.5	16.2	29.1	28.3	27.9	37.8	3.61	37.8
1988	24.8	18.3	2.86	13.3	20.6	23.3	5.6	37.3	28.3	9.86	1.53	5.6	37.3
1989	1.04	3.61	16.2	27.2	4.03	4.03	7.86	23.3	9.18	1.53	9.18	22.1	27.2
1990	28.3	3.37	1.53	14	6.88	34	11.6	4.03	24.4	28.3	40.7	7.2	40.7
1991	2.06	3.84	11.2	3.61	11.2	23.3	5.6	3.37	4.96	15.8	36.5	2.06	36.5
1992	2.06	0.816	24.4	16.2	9.86	3.84	5.92	0.61	16.9	36.5	38.2	34.4	38.2
1993	0.685	0.685	1.13	5.05	1.62	2.17	3.58	3.87	21.4	35.7	10.1	13.5	35.7
1994	11.1	0.84	11.4	17	26.8	13.4	7.51	3.45	25.2	22.1	17.7	17.3	26.8
1995	17	5.48	10	12	21.9	18.5	1.64	6.73	28.9	1.64	37.5	35	37.5
1996	22.6	0.693	1.64	15.6	24.6	33.3	28.1	5.79	10	19.6	29.2	18.8	33.3
1997	1.51	8.14	3.14	6.28	17	17	5.67	4.48	22.9	15.2	43.8	22.3	43.8
1998	6.34	0.788	7.6	21.2	7.69	5.23	20.4	8.96	21.9	38.6	38.6	1.28	38.6
1999	1.04	0.51	13.2	22.5	9.6	2.6	2.86	10.6	10.3	36.1	5.18	4.88	36.1
2000	1.62	0.957	3.69	11.3	12.5	5.28	19.2	4.37	5.48	20.7	41.2	23.9	41.2
2001	35.4	5.01	39.2	8.74	8.17	8.17	13.5	1.13	31.6	21.7	16.5	1.17	39.2
2002	1.17	3.33	15.4	10.9	8.63	9.93	13	19.1	10.3	34.5	28.9	8.85	34.5
2003	6	1.07	1.52	7.25	6.93	2.24	6	3.88	4.48	20.5	33.9	5.69	33.9
2004	2.26	11	1.75	13.5	29.9	28.1	15.7	13.9	20.6	60.9	7.99	3.13	60.9
2005	1.1	0.746	5.16	15.2	5.94	2.94	8.45	5.94	9.57	8.82	2.19	4.47	15.2





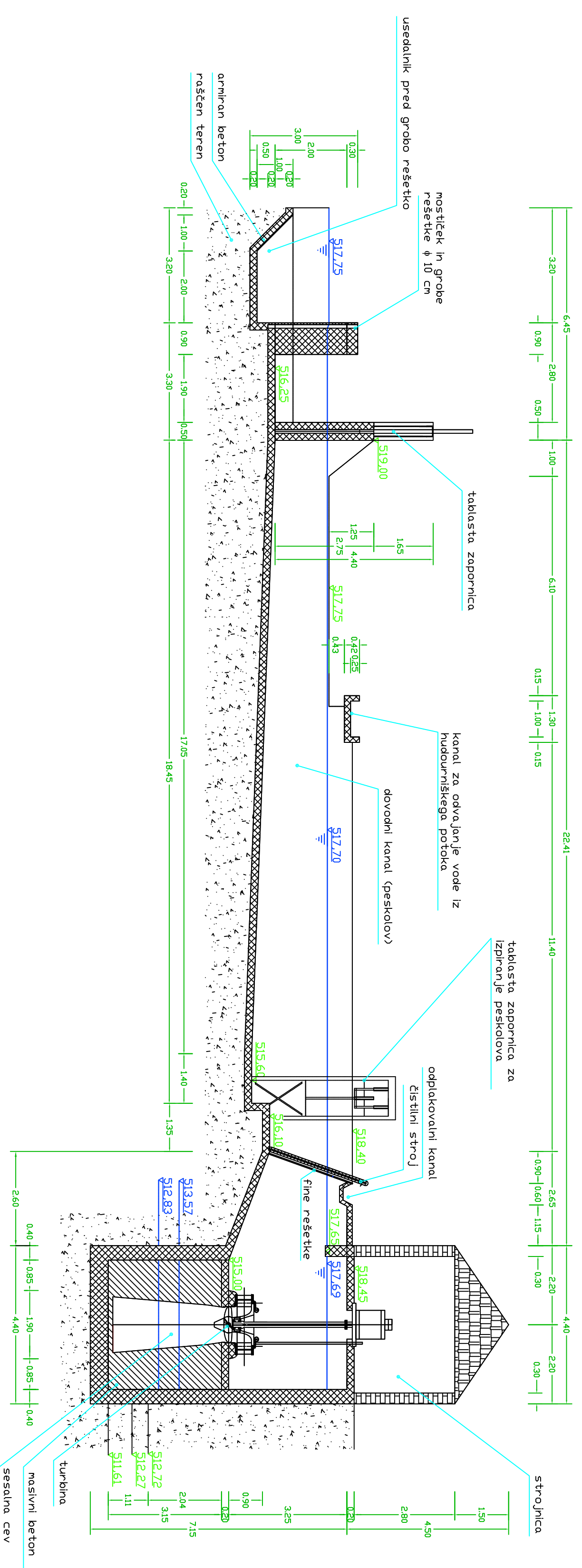


 <p>Univerza v Ljubljani Fakulteta za arhitekturo in gradbeništvo</p>	naslov diplome	
	<p>IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE MHE KITIČ NA BOHINJSKI BISTRICI</p>	
delum:	objekt:	priloga:
avg 2009	MHE KITIČ	F
zdelat:	prikaz:	
Miha Ranfi, študent VKI	PREGLEDNA SITUACIJA	
delum:	merilo:	
avg 2009	1:200	

mentor: prof. dr. Miha Brilly, univ. dipl. inž. grad.

somentor: viš. pred. dr. Andrej Kryžanowski, dipl. inž. grad.

## PREREZ A-A



Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodetiko

naslov diplome  
**IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE MHE KITIČ NA  
BOHINJSKI BISTRICI**

avtor:  
**MHE KITIČ**

predloga:  
**G**

priloga:  
**VZDOLŽNI PREREZ A-A**

datum:  
**avg 2009**

mera:  
**1:100**

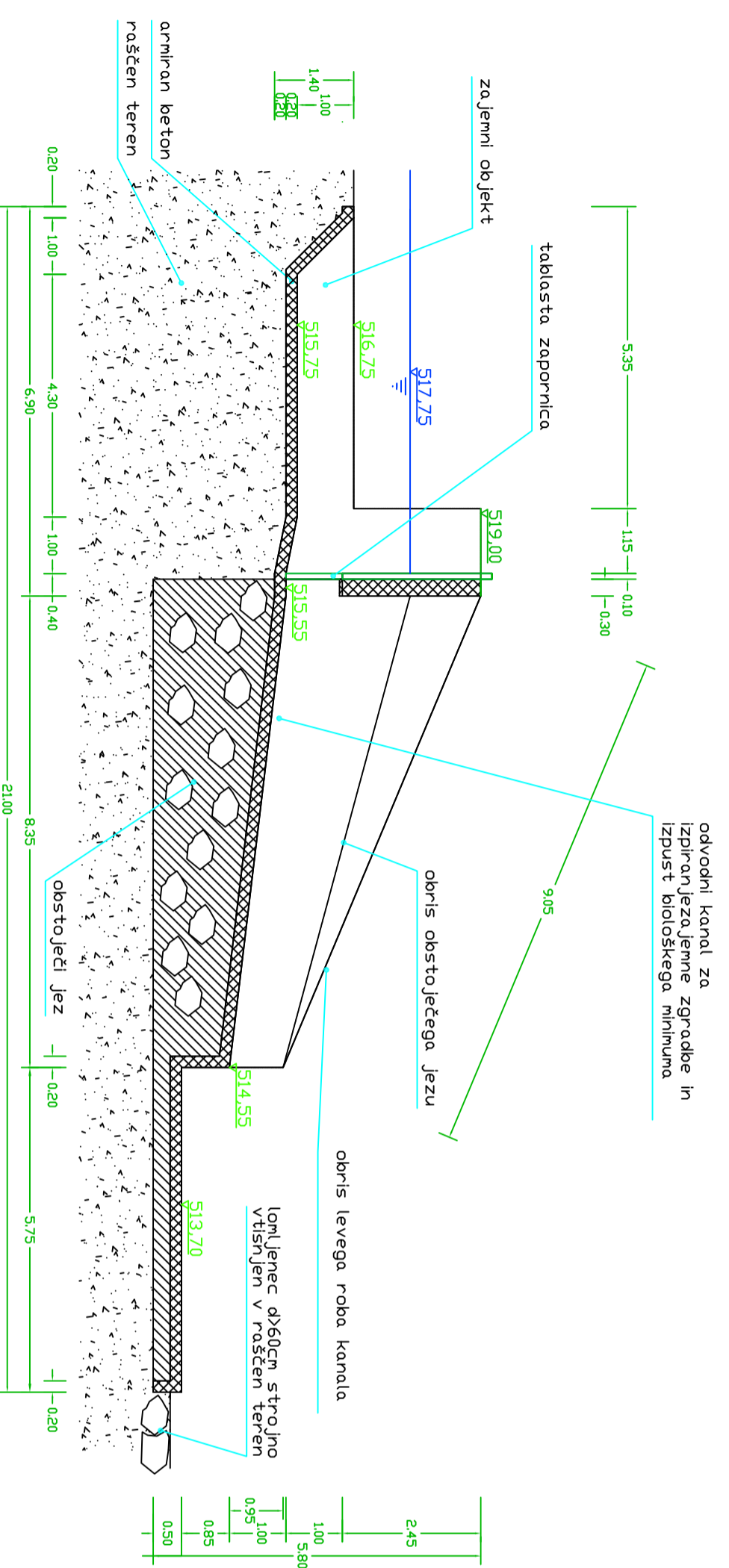
izdelal:  
**Miha Ranf, študent VKI**

mentor:  
**prof. dr. Miha Brilly, univ. dipl. inž. grad.**

somentor:  
**viš. pred. dr. Andrej Kryžanowski, dipl. inž. grad.**

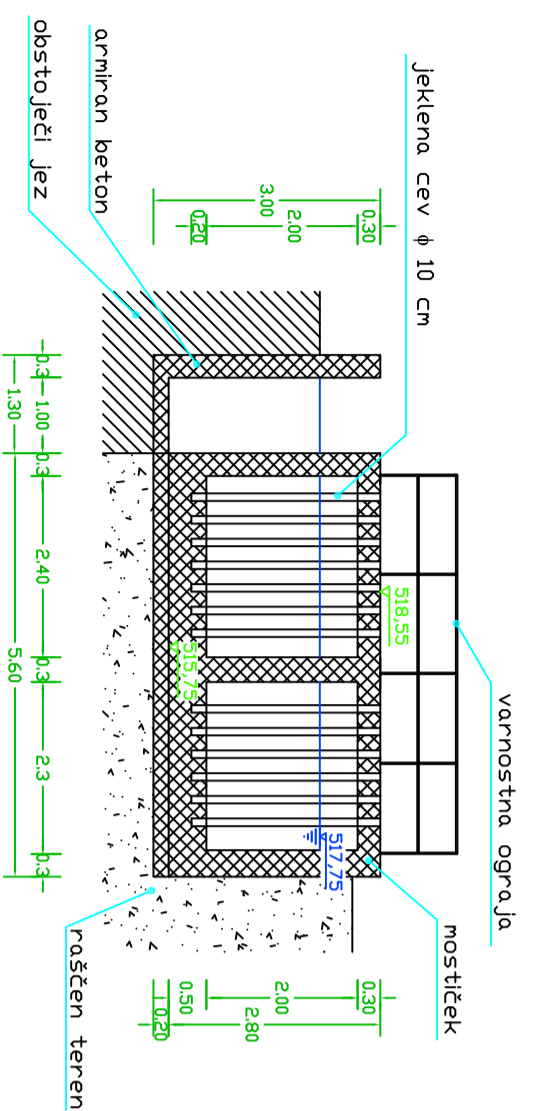


## PREREZ C-C

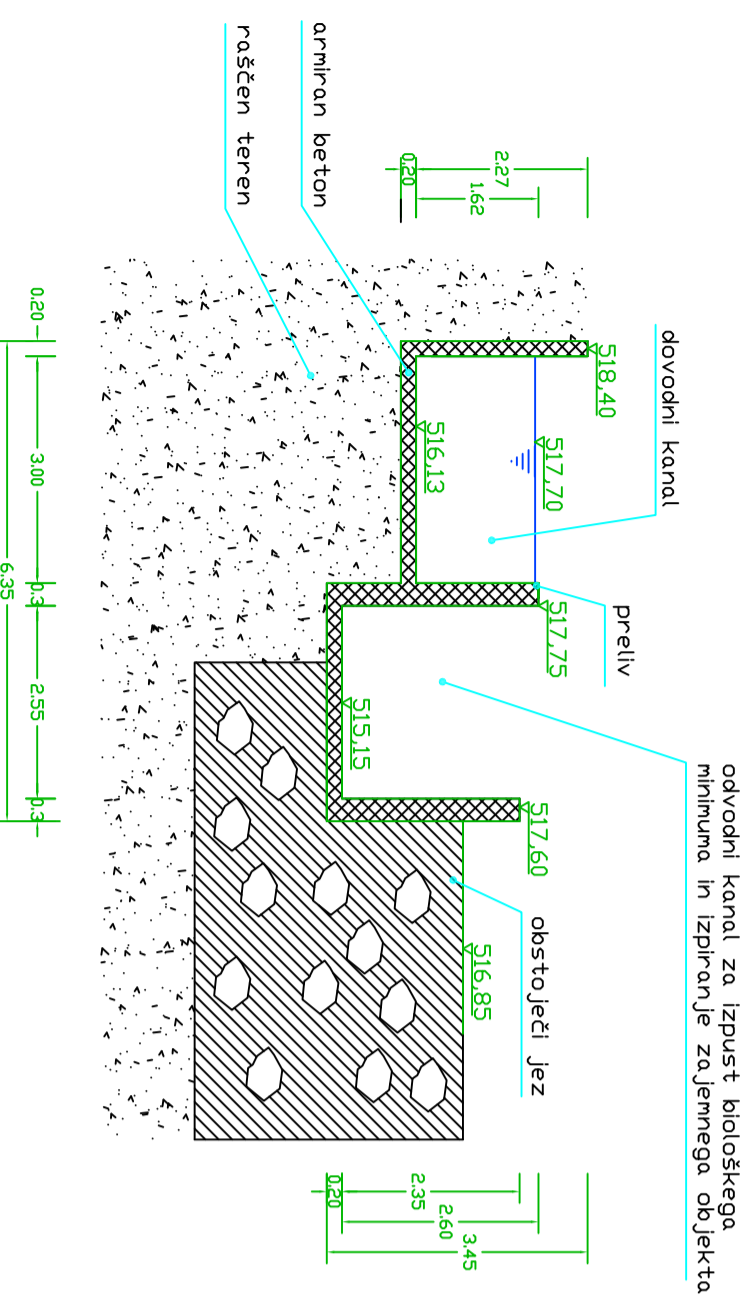


 <p>Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodetiko</p>		naslov diplome	
		<b>IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE MHE KITIČ NA BOHINJSKI BISTRICI</b>	
		objekt:	MHE KITIČ
		priloga:	I
		PREČNI PREREZI C-C	
datum:	avg 2009	merilo:	1:100
izdelal:	Miha Ranfi, študent VKI		
mentor:	prof. dr. Mitja Brilly, univ. dipl. inž. grad.		
somentor:	viš. pred. dr. Andrej Kryžanowski, dipl. inž. grad.		

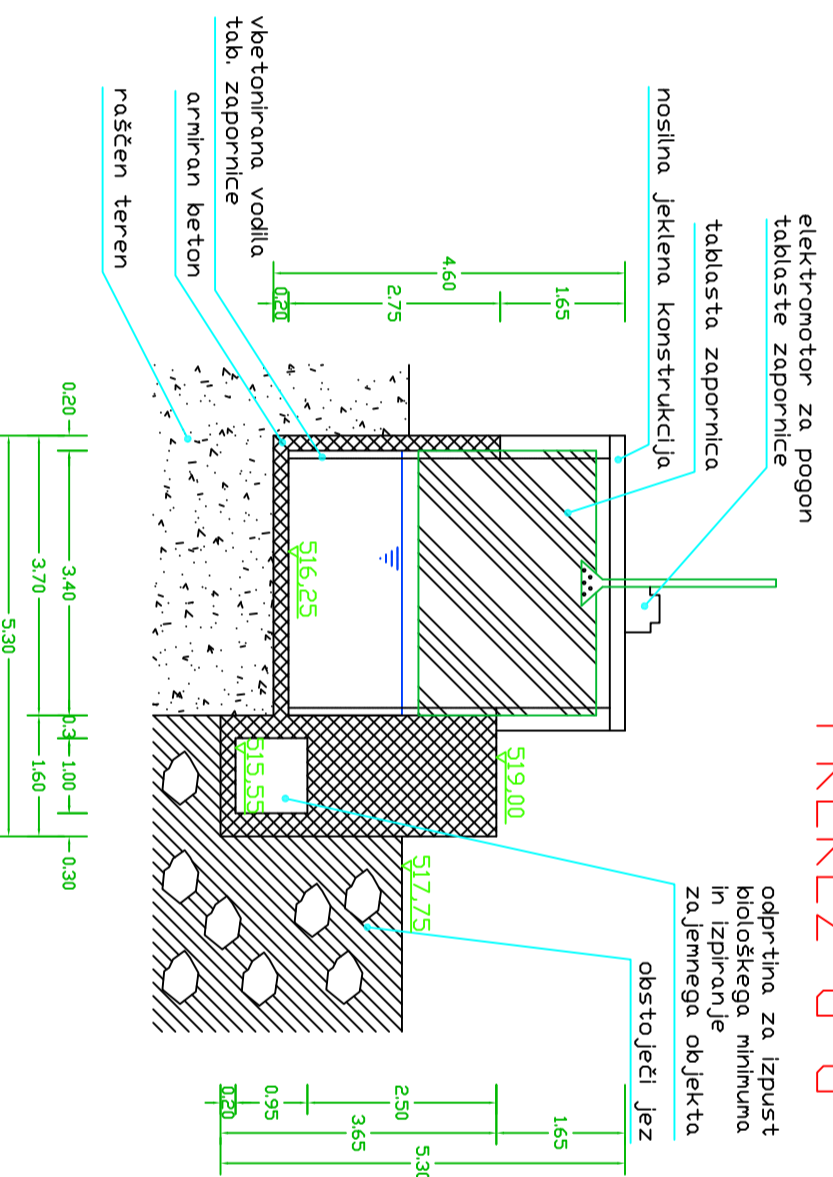
## PREREZ F-F



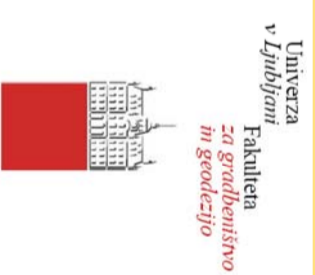
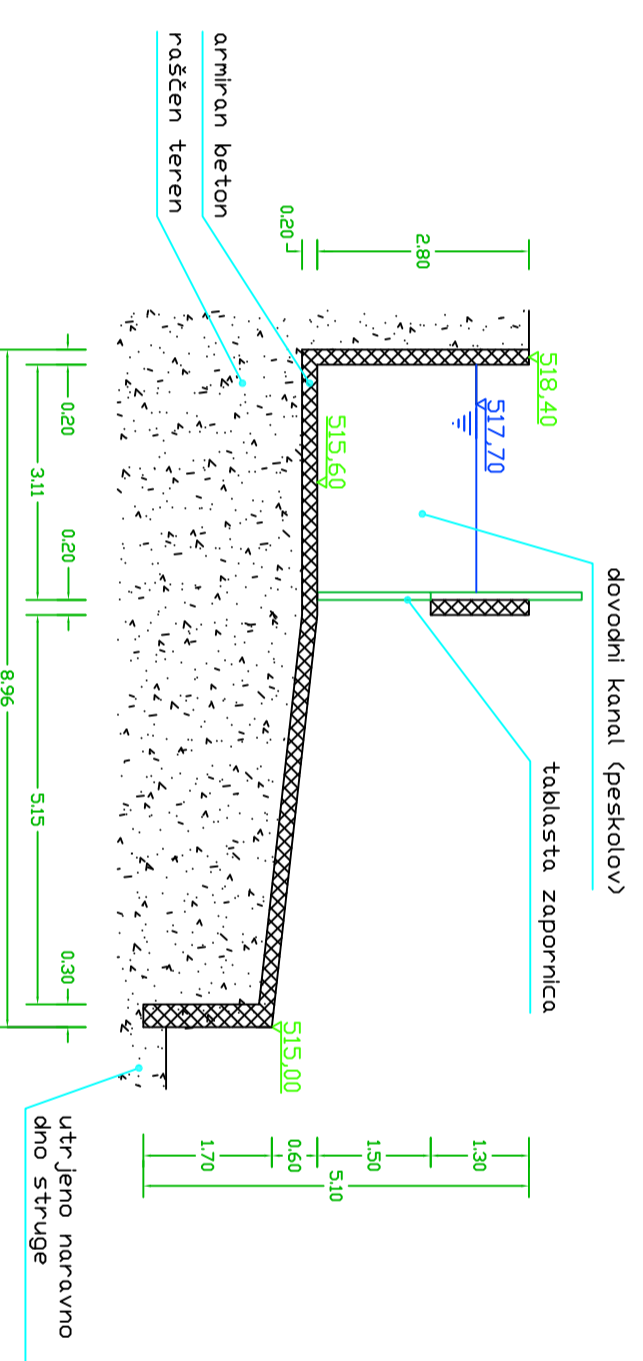
## PREREZ D-D



## PREREZ G-G



## PREREZ H-H



naslov diplome  
IDEJINA ŠTUDIJA OBNOVE MHE KITIČ NA  
BOHINJSKI BISTRICI

objekt:  
MHE KITIČ

priloga:  
J

priloga:  
VZDOLŽNI PREREZ D-D, F-F, G-G, H-H

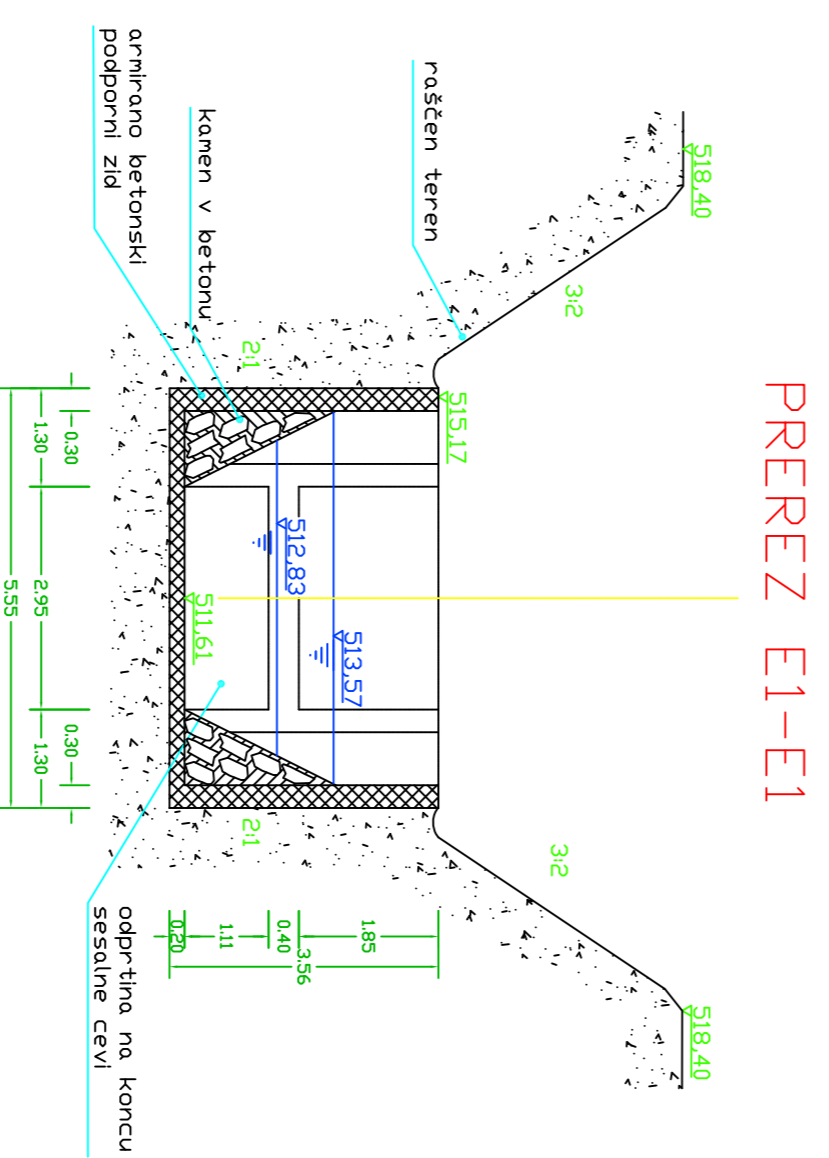
datum:  
avg 2009

merilo:  
1:100

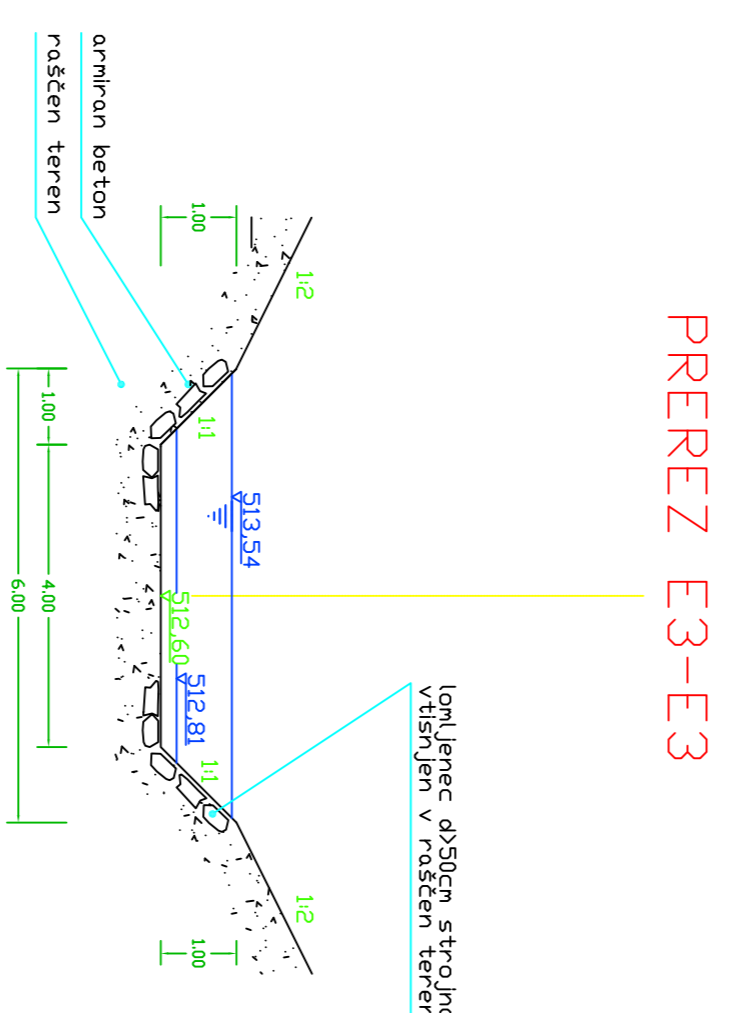
izdelal:  
Milna Ranfi, študent VKI

mentor:  
prof. dr. Mitja Brilly, univ. dipl. inž. grad.

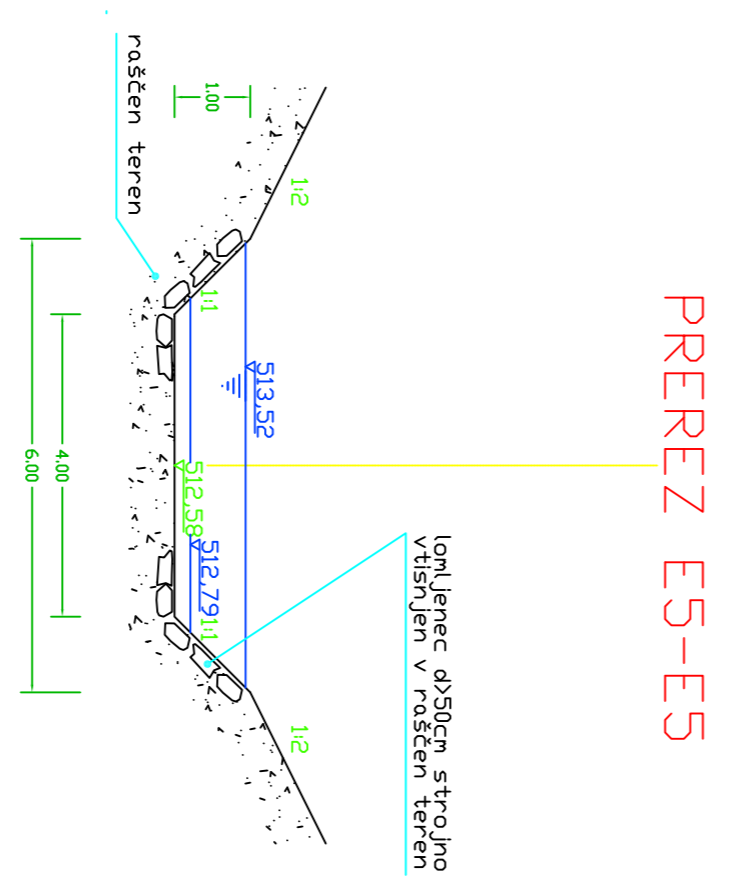
somentor:  
viš. pred. dr. Andrej Kryžanowski, dipl. inž. grad.



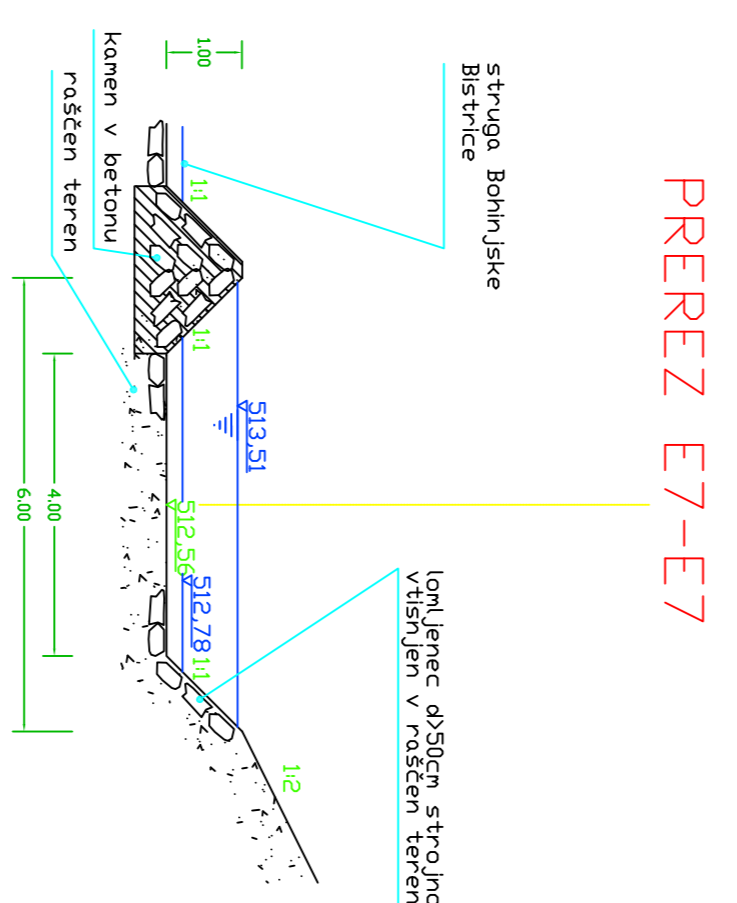
PREREZ E1-E1



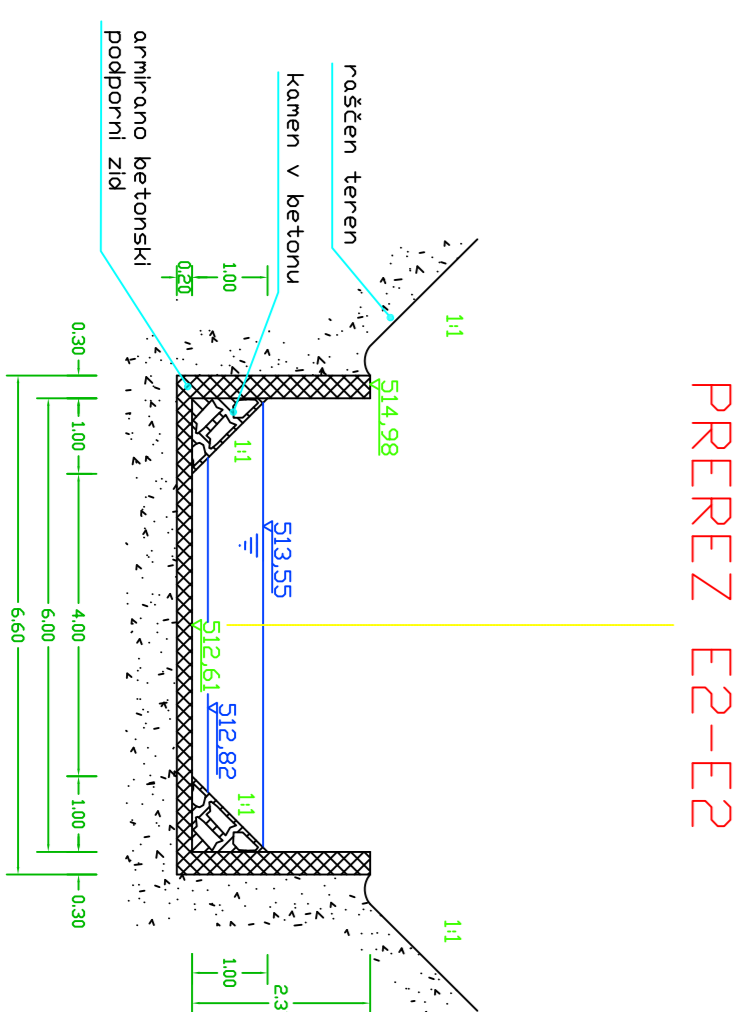
PREREZ E3-E3



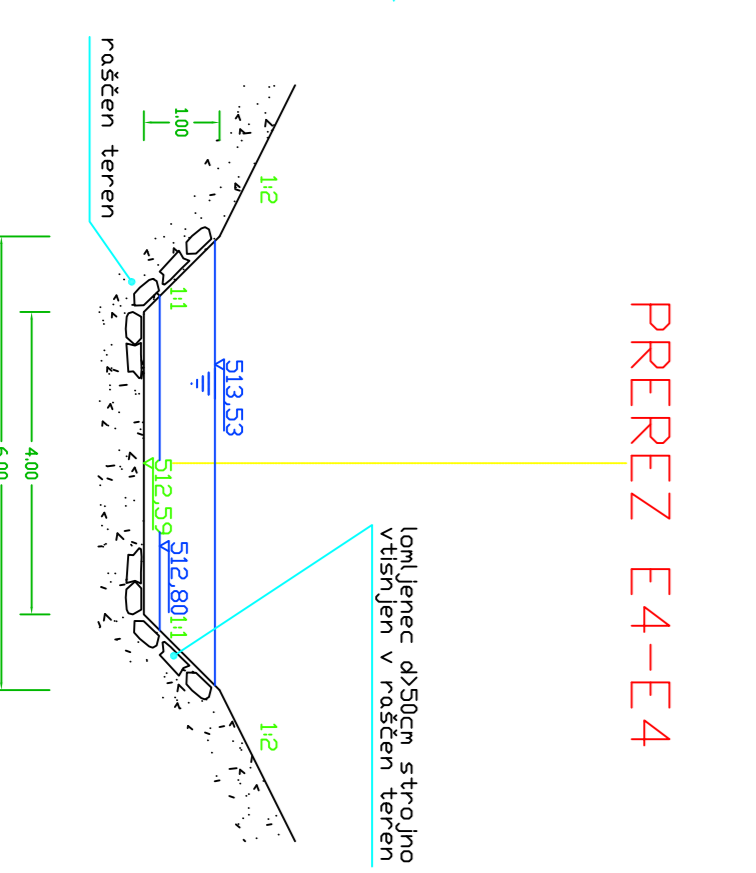
PREREZ E5-E5



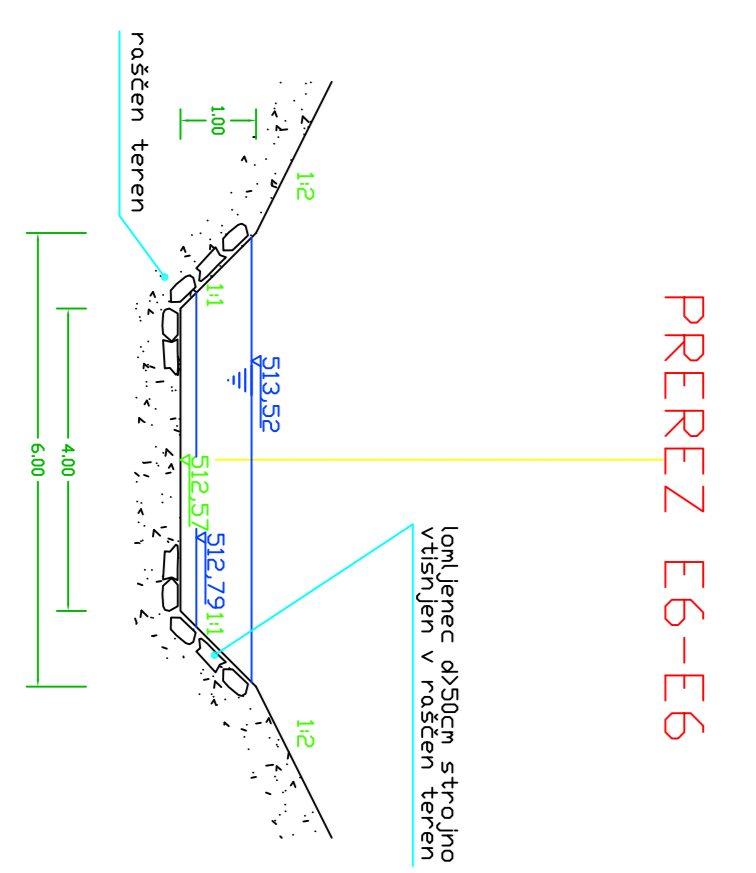
PREREZ E7-E7



PREREZ E2-E2



PREREZ E4-E4



PREREZ E6-E6



Vrhovna šola arhitekture in gradbeništva Fakulteta za arhitekturo in gradbeništvo		naslov projekta <b>IDEJNA ŠTUDIJA OBNOVE MHE KITIČ NA BOHINJSKI BISTRICI</b>	
datum: <b>avg 2009</b>		objekt: <b>MHE KITIČ</b>	
izdelal: <b>Milica Ranfi, študent VKI</b>		priloga: <b>K</b>	
mentor: <b>prof. dr. Miha Brilly, univ. dipl. inž. grad.</b>		prikaž: <b>PREČNI PREREZI ODVODNEGA KANALA EHEI</b>	
somentor: <b>viš. pred. dr. Andrej Kržanowski, dipl. inž. grad.</b>		merilo: <b>1:100</b>	



## PRILOGA M

Tip podatka	Čas	Vrednost	Dnevi	Krivulja trajanja
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.1.2005	0.746	1	15.201
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.1.2005	0.746	2	9.845
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.1.2005	0.746	3	9.567
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.1.2005	0.746	4	8.82
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.1.2005	0.746	5	8.45
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.1.2005	1.102	6	7.001
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.1.2005	1.102	7	6.611
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.1.2005	1.102	8	6.289
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.1.2005	1.102	9	5.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.1.2005	0.746	10	5.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.1.2005	0.746	11	5.856
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.1.2005	0.746	12	5.856
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.1.2005	0.746	13	5.231
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.1.2005	0.746	14	5.162
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.1.2005	0.593	15	5.162
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.1.2005	0.593	16	5.162
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.1.2005	0.746	17	5.162
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.1.2005	0.746	18	5.162
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.1.2005	0.746	19	4.923
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.1.2005	0.746	20	4.881
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.1.2005	0.746	21	4.541
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.1.2005	0.746	22	4.541
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.1.2005	0.746	23	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.1.2005	0.746	24	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.1.2005	0.746	25	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.1.2005	0.746	26	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.1.2005	0.746	27	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.1.2005	0.746	28	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.1.2005	0.746	29	4.473
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.1.2005	0.746	30	4.202
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.1.2005	0.746	31	4.202
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.2.2005	0.746	32	4.202
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.2.2005	0.746	33	4.202
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.2.2005	0.746	34	3.943
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.2.2005	0.746	35	3.871
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.2.2005	0.746	36	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.2.2005	0.746	37	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.2.2005	0.746	38	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.2.2005	0.746	39	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.2.2005	0.746	40	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.2.2005	0.746	41	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.2.2005	0.746	42	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.2.2005	0.746	43	3.772



pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.2.2005	0.746	44	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.2.2005	0.746	45	3.772
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.2.2005	0.746	46	3.549
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.2.2005	0.746	47	3.549
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.2.2005	0.746	48	3.549
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.2.2005	0.746	49	3.549
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.2.2005	0.593	50	3.446
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.2.2005	0.593	51	3.446
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.2.2005	0.746	52	3.335
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.2.2005	0.746	53	3.237
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.2.2005	0.746	54	3.237
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.2.2005	0.746	55	3.237
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.2.2005	0.746	56	3.131
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.2.2005	0.746	57	3.131
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.2.2005	0.746	58	3.131
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.2.2005	0.746	59	3.131
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.3.2005	0.593	60	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.3.2005	0.746	61	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.3.2005	0.746	62	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.3.2005	0.746	63	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.3.2005	0.746	64	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.3.2005	0.746	65	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.3.2005	0.746	66	2.935
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.3.2005	0.746	67	2.747
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.3.2005	0.746	68	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.3.2005	0.746	69	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.3.2005	0.746	70	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.3.2005	0.746	71	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.3.2005	0.746	72	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.3.2005	0.746	73	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.3.2005	0.746	74	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.3.2005	0.746	75	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.3.2005	0.746	76	2.644
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.3.2005	0.746	77	2.54
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.3.2005	0.746	78	2.54
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.3.2005	1.102	79	2.54
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.3.2005	1.102	80	2.54
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.3.2005	1.102	81	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.3.2005	1.102	82	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.3.2005	1.102	83	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.3.2005	2.54	84	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.3.2005	3.131	85	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.3.2005	3.772	86	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.3.2005	4.473	87	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.3.2005	4.473	88	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.3.2005	5.162	89	2.365
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.3.2005	5.162	90	2.264
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.4.2005	5.162	91	2.264

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.4.2005	3.772	92	2.264
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.4.2005	3.772	93	2.264
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.4.2005	2.54	94	2.19
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.4.2005	2.003	95	2.19
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.4.2005	1.522	96	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.4.2005	1.522	97	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.4.2005	1.522	98	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.4.2005	5.856	99	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.4.2005	4.473	100	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.4.2005	3.772	101	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.4.2005	3.131	102	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.4.2005	3.131	103	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.4.2005	3.772	104	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.4.2005	3.772	105	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.4.2005	3.772	106	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.4.2005	4.473	107	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.4.2005	3.772	108	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.4.2005	5.162	109	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.4.2005	5.162	110	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.4.2005	4.473	111	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.4.2005	4.473	112	2.098
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.4.2005	3.772	113	2.003
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.4.2005	3.131	114	2.003
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.4.2005	15.201	115	2.003
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.4.2005	9.845	116	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.4.2005	2.54	117	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.4.2005	2.54	118	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.4.2005	2.264	119	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.4.2005	2.003	120	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.5.2005	2.003	121	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.5.2005	2.264	122	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.5.2005	2.264	123	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.5.2005	3.772	124	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.5.2005	5.856	125	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.5.2005	4.202	126	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.5.2005	3.237	127	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.5.2005	2.935	128	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.5.2005	2.644	129	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.5.2005	2.644	130	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.5.2005	2.098	131	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.5.2005	2.098	132	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.5.2005	2.098	133	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.5.2005	2.098	134	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.5.2005	2.098	135	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.5.2005	2.098	136	1.843
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.5.2005	1.843	137	1.755
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.5.2005	5.935	138	1.755
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.5.2005	3.871	139	1.675

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.5.2005	2.644	140	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.5.2005	2.365	141	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.5.2005	2.098	142	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.5.2005	2.098	143	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.5.2005	1.843	144	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.5.2005	1.843	145	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.5.2005	1.602	146	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.5.2005	1.602	147	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.5.2005	1.602	148	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.5.2005	1.602	149	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.5.2005	1.375	150	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.5.2005	1.602	151	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.6.2005	1.602	152	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.6.2005	1.602	153	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.6.2005	1.163	154	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.6.2005	1.163	155	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.6.2005	1.375	156	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.6.2005	1.375	157	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.6.2005	1.375	158	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.6.2005	1.375	159	1.602
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.6.2005	1.375	160	1.522
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.6.2005	1.163	161	1.522
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.6.2005	1.163	162	1.522
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.6.2005	1.163	163	1.522
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.6.2005	1.163	164	1.435
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.6.2005	1.163	165	1.435
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.6.2005	1.163	166	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.6.2005	1.375	167	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.6.2005	1.375	168	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.6.2005	1.163	169	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.6.2005	1.163	170	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.6.2005	1.163	171	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.6.2005	0.966	172	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.6.2005	1.163	173	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.6.2005	1.163	174	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.6.2005	0.966	175	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.6.2005	0.966	176	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.6.2005	0.966	177	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.6.2005	0.966	178	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.6.2005	1.163	179	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.6.2005	1.602	180	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.6.2005	2.935	181	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.7.2005	4.202	182	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.7.2005	3.549	183	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.7.2005	2.098	184	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.7.2005	1.602	185	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.7.2005	2.644	186	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.7.2005	4.202	187	1.375

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.7.2005	2.365	188	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.7.2005	8.45	189	1.375
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.7.2005	5.231	190	1.21
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.7.2005	3.549	191	1.21
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.7.2005	2.935	192	1.21
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.7.2005	2.644	193	1.21
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.7.2005	2.098	194	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.7.2005	1.843	195	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.7.2005	1.843	196	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.7.2005	1.602	197	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.7.2005	1.843	198	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.7.2005	1.602	199	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.7.2005	1.843	200	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.7.2005	1.843	201	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.7.2005	1.843	202	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.7.2005	1.843	203	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.7.2005	2.098	204	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.7.2005	2.365	205	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.7.2005	2.098	206	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.7.2005	1.843	207	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.7.2005	1.843	208	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.7.2005	1.602	209	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.7.2005	1.375	210	1.163
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.7.2005	1.375	211	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.7.2005	1.375	212	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.8.2005	1.375	213	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.8.2005	1.375	214	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.8.2005	1.375	215	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.8.2005	1.375	216	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.8.2005	1.375	217	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.8.2005	1.375	218	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.8.2005	2.365	219	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.8.2005	2.098	220	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.8.2005	1.602	221	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.8.2005	1.375	222	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.8.2005	1.602	223	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.8.2005	2.935	224	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.8.2005	2.935	225	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.8.2005	2.098	226	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.8.2005	4.541	227	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.8.2005	3.237	228	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.8.2005	2.644	229	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.8.2005	1.843	230	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.8.2005	1.843	231	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.8.2005	1.843	232	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.8.2005	2.644	233	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.8.2005	5.935	234	1.102
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.8.2005	4.881	235	1.102

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.8.2005	3.237	236	1
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.8.2005	2.644	237	1
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.8.2005	2.098	238	1
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.8.2005	2.365	239	1
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.8.2005	2.365	240	0.966
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.8.2005	2.365	241	0.966
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.8.2005	2.098	242	0.966
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.8.2005	2.098	243	0.966
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.9.2005	1.843	244	0.966
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.9.2005	1.843	245	0.916
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.9.2005	1.843	246	0.916
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.9.2005	1.843	247	0.916
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.9.2005	1.602	248	0.916
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.9.2005	1.602	249	0.916
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.9.2005	1.602	250	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.9.2005	1.163	251	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.9.2005	1.375	252	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.9.2005	1.375	253	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.9.2005	1.375	254	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.9.2005	1.375	255	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.9.2005	1.375	256	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.9.2005	1.375	257	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.9.2005	1.163	258	0.807
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.9.2005	1.163	259	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.9.2005	4.202	260	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.9.2005	9.567	261	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.9.2005	7.001	262	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.9.2005	4.541	263	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.9.2005	3.549	264	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.9.2005	2.935	265	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.9.2005	2.365	266	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.9.2005	1.843	267	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.9.2005	1.843	268	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.9.2005	1.602	269	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.9.2005	1.602	270	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.9.2005	1.602	271	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.9.2005	3.549	272	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.9.2005	6.289	273	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.10.2005	2.935	274	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.10.2005	2.365	275	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.10.2005	2.644	276	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.10.2005	8.82	277	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.10.2005	6.611	278	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.10.2005	4.923	279	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.10.2005	3.335	280	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.10.2005	2.747	281	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.10.2005	2.19	282	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.10.2005	1.675	283	0.746

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.10.2005	1.435	284	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.10.2005	1.21	285	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.10.2005	1.21	286	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.10.2005	1	287	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.10.2005	0.807	288	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.10.2005	0.807	289	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.10.2005	0.807	290	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.10.2005	0.631	291	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.10.2005	0.631	292	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.10.2005	0.631	293	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.10.2005	0.631	294	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.10.2005	0.474	295	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.10.2005	0.631	296	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.10.2005	0.631	297	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.10.2005	0.631	298	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.10.2005	0.631	299	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.10.2005	0.631	300	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.10.2005	0.474	301	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.10.2005	0.474	302	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.10.2005	0.474	303	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.10.2005	0.631	304	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.11.2005	0.631	305	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.11.2005	0.474	306	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.11.2005	0.474	307	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.11.2005	0.474	308	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.11.2005	0.474	309	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.11.2005	1.21	310	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.11.2005	2.19	311	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.11.2005	1.435	312	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.11.2005	1.21	313	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.11.2005	1	314	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.11.2005	1	315	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.11.2005	0.807	316	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.11.2005	0.807	317	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.11.2005	0.631	318	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.11.2005	0.474	319	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.11.2005	0.474	320	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.11.2005	0.631	321	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.11.2005	0.631	322	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.11.2005	0.474	323	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.11.2005	0.474	324	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.11.2005	0.631	325	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.11.2005	0.631	326	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.11.2005	0.631	327	0.746
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.11.2005	0.631	328	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.11.2005	0.474	329	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.11.2005	0.474	330	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.11.2005	1	331	0.631

pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.11.2005	0.807	332	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.11.2005	0.807	333	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.11.2005	0.631	334	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	1.12.2005	0.807	335	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	2.12.2005	0.807	336	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	3.12.2005	3.943	337	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	4.12.2005	4.473	338	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	5.12.2005	3.446	339	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	6.12.2005	3.446	340	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	7.12.2005	2.264	341	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	8.12.2005	1.755	342	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	9.12.2005	1.755	343	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	10.12.2005	1.522	344	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	11.12.2005	1.102	345	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	12.12.2005	1.102	346	0.631
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	13.12.2005	1.102	347	0.593
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	14.12.2005	1.102	348	0.593
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	15.12.2005	1.102	349	0.593
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	16.12.2005	1.102	350	0.593
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	17.12.2005	1.102	351	0.593
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	18.12.2005	0.916	352	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	19.12.2005	0.916	353	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	20.12.2005	0.916	354	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	21.12.2005	0.916	355	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	22.12.2005	1.102	356	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	23.12.2005	1.102	357	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	24.12.2005	0.916	358	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	25.12.2005	1.102	359	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	26.12.2005	1.102	360	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	27.12.2005	1.102	361	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	28.12.2005	1.102	362	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	29.12.2005	1.102	363	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	30.12.2005	1.102	364	0.474
pretoki - limnigrafski - dnevni - povprečja (m3/s)	31.12.2005	1.102	365	0.474