

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Čebul, M., 2014. Ocena energetskega potenciala mHE Mešič na Paki. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A.): 71 str.

Datum arhiviranja: 04-11-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Čebul, M., 2014. Ocena energetskega potenciala mHE Mešič na Paki. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A.): 71 pp.

Archiving Date: 04-11-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
HIDROTEHNIČNA SMER

Kandidatka:

MOJCA ČEBUL

**OCENA ENERGETSKEGA POTENCIALA MHE MEŠIČ
NA PAKI**

Diplomska naloga št.: 3403/HS

**ASSESSMENT OF HYDROPOWER POTENTIAL OF
MEŠIČ HPP ON PAKA RIVER**

Graduation thesis No.: 3403/HS

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Ljubljana, 29. 10. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA

Podpisana Mojca Čebul izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom
»Ocena energetskega potenciala mHE Mešič na Paki«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 10. 10. 2014

Mojca Čebul

BIBLIOGRAFSKA-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	556.53:627.8(497.4Mešič)(043.2)
Avtor:	Mojca Čebul
Mentor	doc. dr. Andrej Kryžanowski
Naslov:	Ocena energetskega potenciala mHE Mešič na Paki
Tip dokumenta:	Dipl. nal. - UNI
Obseg in oprema:	71 str., 39 sl., 36 graf., 16 pregl.
Ključne besede:	Mala hidroelektrarna, hidrologija, vodna bilanca, energetski potencial, HEC RAS, investicija

Izvleček:

Diplomsko delo obravnava oceno energetskega potenciala na reki Paki z izgradnjo mHE in je nastalo na podlagi zgodovinskih načrtov iz leta 1917, ki so predidevali izgradnjo mHE na izbrani lokaciji. Namen naloge je podati oceno energetskega potenciala z današnjimi razmerami in nadalje oceniti stroške investicije. V prvem delu je opisan pomen hidroenergije v Sloveniji in njen zgodovinski razvoj. V drugem delu smo opisali obstoječe stanje, analizirali hidrologijo in opravili geodetske meritve. V programu HEC RAS smo izdelali hidravlični model in določili potek vodne gladine za različne karakteristične profile pretoka. Nato smo v vodotok vstavili prag z namenom povečanja nivoja zgornje vode in s tem tudi bruto padca. Na podlagi pretočnih krivulj za zgornjo in spodnjo vodo, pridobljenih iz programa HEC RAS, smo izvedli račun za vodno bilanco in energetsko proizvodnjo za različne vrednosti instaliranega pretoka. V tretjem delu smo izdelali idejni načrt ter izbrali štiri prekatno regulacijsko Banki turbino. Nato smo na podlagi obstoječih načrtov izdelali približno oceno stroškov gradbenih del in vzdrževanja, strojne in hidromehanske opreme. Izračun smo opravili za dva primera dovoda vode k turbini; preko tunela s postopkom mikrotunellinga in z izvedbo kanala vzdolž vodotoka. Sledila je izdelava občutljivostnih analiz. Cilj naloge je bila ugotovitev, če je investicija v izgradnjo mHE še utemeljena.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	556.53:627.8(497.4Mešič)(043.2)
Author:	Mojca Čebul
Supervisor:	Andrej Kryžanowski, Ph. D.
Title:	Assessment of hydropower potential of Mešič HPP on Paka River
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	71 p., 39 fig., 36 graph., 16 tab.
Keywords:	small hydro power plant, hydrology, water balance, energy potential, HEC RAS, investment

Abstract:

The thesis deals with the assessment of the energy potential on the Paka River with construction of small hydro power plant, and it was created on the basis of historical plans from the year 1917, which predicted the construction of the small HPP at the selected location. Its purpose is to provide an assessment of the energy potential of the today's situation and to further assess the cost of investment. The first part describes the importance of hydropower in Slovenia and its historical development. In the second part we describe the existing situation, we analyze the hydrology and we passed the geodetic measurements. We have developed a hydraulic model in the program HEC RAS and determine the course of surface water for different characteristic flow profiles. Then we inserted threshold in the stream in order to increase the upper water level and thus the gross fall. Based on the flow curves for the upper and lower water obtained from the HEC RAS program, we calculated water balance and energy production for various installed power flow values. In the third part we have developed conceptual design and selected four ventricular regulating Banki turbine. Then we have made a rough assessment of the cost for the construction and maintenance, mechanical and hydro-mechanical equipment, on the basis of the existing plans. The calculation was performed for two cases of water inlet to the turbine; through the tunnel with the procedure of mikrotunelling and by building a channel along the stream. Then we have made sensitivity analysis. The aim of the project was to determine if the investment in the construction of small HPP is still justified.

ZAHVALA

Ob zaključku svojega študija bi se v prvi vrsti rada zahvalila svoji družini, predvsem pa staršem, za vso podporo in potrpljenje. Vem, da ni bilo lahko.

Zahvalila bi se Markotu za spodbudne besede in pomoč. Hvala tudi Nadi za vztrajnost.

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Andreju Kryžanowskem za pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge.

Za pomoč in nasvete pri izračunu hidromehanske opreme se zahvaljujem gospodu Ernestu Skoku iz podjetja Hobas.

Hvala Maksu Kvasu in celotni ekipi za opravljeno geodetsko izmero.

In nenazadnje, hvala sošolcem za skupno prehojeno pot.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVA	II
BIBLIOGRAFSKA-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Zgodovina hidroenergetike na Slovenskem	1
1.1.1 Zgodovinski oris stanja na lokaciji izvedbe mHE.....	3
1.2 Obnovljivi viri	5
1.2.1 Hidroenergija.....	10
1.3 Definicija in delovanje mHE	11
1.3.1 Bruto padeč in moč vode.....	15
2 IDEJNA ŠTUDIJA IZGRADNJE mHE	17
2.1 Reka Paka	17
2.2 Opis obstoječega stanja	17
2.2.1 Naravne značilnosti na odseku	19
2.3 Hidrologija	21
2.3.1 Hidrološki podatki.....	21
2.3.2 Določitev ekološko sprejemljivega pretoka	25
2.3.3 Krivulja trajanja.....	26
2.4 Geodetski podatki	28
2.5 Obdelava podatkov v HEC RAS	29
2.5.1 Prag.....	32
2.6 Vodna bilanca	36
2.7 Energetska proizvodnja	38
2.8 Razpoložljivi pretoki	40
2.8.1 Izračun energetske proizvodnje.....	42
3 NAČRTOVANJE IN STROŠKI IZVEDBE mHE	48
3.1 Idejni načrt	48
3.2 Izbira turbine	49
3.3 Stroški izgradnje in vzdrževanja mHE	50
3.4 Povrnitev investicije in dinamični kazalci	53
3.4.1 Izdelava občutljivostne analize	54
3.5 Izračun z višjim pragom	61

4 ZAKLJUČEK.....	66
VIRI.....	68

KAZALO SLIK

Slika 1: Makrolokacija umestitve mHE, [2].....	1
Slika 2: Prva hidroelektrarna na slovenskem – Marof v Laškem, [4]	2
Slika 3: Lokacija umestitve mHE, [5]	3
Slika 4: Tloris strojnice, [1].....	4
Slika 5: Prečni prerez strojnice A – B, [1].....	5
Slika 6: Vzdolžni prerez strojnice C – D, [1]	5
Slika 7: Obnovljivi viri energije, [7]	6
Slika 8: Pokritost Slovenije z OVE [11].....	9
Slika 9: Ekonomsko izkoristljivi energetske potenciali slovenskih rek, [12]	11
Slika 10: Različne vrste turbin, [14].....	13
Slika 11: Izkoristki turbin v odvisnosti od pretoka, [15].....	14
Slika 12: Tipi mHE po vrsti dovoda, [17]	15
Slika 13: Napeljava vode po odprtem kanalu v turbinski jašek, [16].....	16
Slika 14: Povodje reke Pake (vaje Hidrologija 2, Čebul).....	17
Slika 15: Makrolokacija predvidene mHE, [2].....	18
Slika 16: Fotografije obstoječega stanja. Podlaga – satelitski posnetek (Slika 1: Industrijski obrat z stanovanjskim delom, Slika 2: Lokacija iztoka iz turbine, Slika 3: Preliv za zmanjševanje hitrosti vode, Slika 4: Pogled dolvodno na lokacijo.) [19].....	18
Slika 17: Kamninska sestava na odseku, [20]	19
Slika 18: Povprečno letna vsota korigiranih padavin v obdobju 1971-2000, [21]	19
Slika 19: Pregled naravovarstveno pomembnih območij z označeno lokacijo mHE, [23]	20
Slika 20: Lokacija merilne postaje, [5].....	21
Slika 21: Merilna postaja in njena oprema, [19]	21
Slika 22: Reka Paka in njeni pritoki med merilno postajo in izbrano lokacijo, [22].....	22
Slika 23: Terenske meritve Pake (Čebul, 2013).....	29
Slika 24: Tloris z prečnimi prerezi – Hec Ras.....	30

Slika 25: Tloris z interpoliranimi prečnimi prerezi – Hec Ras.....	31
Slika 26: Vzdolžni prerez za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.....	32
Slika 27: 3-D pogled na vodotok pri sQ_{vp} , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, WS – vodna gladina za izbrani pretok PF 3 (2,207 m ³ /s) in Bank Sta – meja struge.	32
Slika 28: Tloris situacije z označenim vnešenim pragom.	33
Slika 29: Široki prag, [32]	33
Slika 30: Prag do višine 347.5 m n.m.v. na profilu 539.541	34
Slika 31: Vzdolžni prerez z dodanim pragom za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.	35
Slika 32: Vzdolžni prerez z vodno gladino in dodanim povišanim pragom za vse karakteristične profile pretoka.	36
Slika 33: Polaganje cevi v kanal vzdolž derivacije za HE na reki Zilje na avstrijsko Koroškem, [33].	48
Slika 34: Postopek mikrotunellinga, [34].....	48
Slika 35: Situacija izvedbe mHE z tunelom in kanalom.....	49
Slika 36: Bankijeva turbina, [35]	50
Slika 37: Gumeni jez, [36]	61
Slika 38: Prag do višine 348.5 m n.m.v. na profilu 539.541	62
Slika 39: Vzdolžni prerez z dodanim višjim pragom za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.....	62

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Proizvedena električna energija iz OVE v Sloveniji, [9].....	7
Grafikon 2: Proizvedena električna energija iz OVE v EU, [9]	7
Grafikon 3: Delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni nacionalni porabi energije v Sloveniji, 2012, [9].....	8
Grafikon 4: Delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni nacionalni porabi energije, EU-28, 2012, [9].....	8
Grafikon 5: Proizvodnja električne energije na pragu v Sloveniji v letu 2012, [10].....	9
Grafikon 6: Najmanjše mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	23
Grafikon 7: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	24
Grafikon 8: Največje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	25
Grafikon 9: Krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto.....	28
Grafikon 10: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov z vrisanim povprečnim letnim pretokom in biološkim minimumom	37
Grafikon 11: Razpoložljive letne vodne količine za energetske proizvodnje v obdobju 1980-2011	37
Grafikon 12: Razpoložljive mesečne vodne količine za energetske proizvodnje v obdobju 1980-2011	38
Grafikon 13: Krivulje trajanja za mokro, srednje in sušno leto (obdobje 1980-2011) z odštetim biološkim minimumom in označenim instaliranim pretokom	39
Grafikon 14: Povprečni mesečni viški/primanjkljaji pretoka pri instaliranem pretoku 0,378 m ³ /s.	40
Grafikon 15: Delež energetske izrabe za različne nazivne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011...41	
Grafikon 16: Povprečna mesečna energetska izraba v obdobju 1980-2011 za različne nazivne instalirane pretoke.....	41
Grafikon 17: Pretočna krivulja za profil 539.541	42
Grafikon 18: Pretočna krivulja za profil 14.336.....	42
Grafikon 19: Delež energetske izrabe za različne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011	44
Grafikon 20: Povprečna moč izračunana iz letnih povprečij za različne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011.	44

Grafikon 21: Povprečna letna proizvodnja energije v kWh pri različnih režimih obratovanja za obdobje 1980-2011	45
Grafikon 22: Letna proizvodnja električne energije v obdobju 1980-2011	46
Grafikon 23: Cena prodane energije v obdobju 1980-2011	46
Grafikon 24: Sovisnost deleža energetske izrabe in skupne energetske proizvodnje v odvisnosti od režima obratovanja za obdobje 1980-2011	47
Grafikon 25: Letni obratovalni stroški v odvisnosti od različnih režimov obratovanja (kanal)	55
Grafikon 26: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe kanala	56
Grafikon 27: ISD za različne dobe obratovanja v primeru izvedbe kanala	56
Grafikon 28: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe kanala	57
Grafikon 29: Letni obratovalni stroški v odvisnosti od različnih režimov obratovanja v primeru izvedbe tunela	58
Grafikon 30: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe tunela	59
Grafikon 31: ISD z različne dobe obratovanja v primeru izvedbe tunela	59
Grafikon 32: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe tunela	60
Grafikon 33: Pretočna krivulja za profil 539.541 z višjim pragom	63
Grafikon 34: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe kanala in povišanega praga	64
Grafikon 35: ISD za različne dobe obratovanja v primeru izvedbe kanala in povišanega praga	64
Grafikon 36: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe kanala in povišanega praga	65

KAZALO TABEL

Tabela 1: Energetski potencial slovenskih vodotokov, [12].....	11
Tabela 2: Najmanjše mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	23
Tabela 3: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	23
Tabela 4: Največje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011	24
Tabela 5: Izračun faktorja f za različne načine odvzema	26
Tabela 6: Krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto.	27
Tabela 7: Karakteristični pretoki in njihove oznake v programu Hec Ras.....	31
Tabela 8: Izračun stroškov gradbenih del.....	51
Tabela 9: Cene cevi glede na instaliran pretok	51
Tabela 10: Strošek hidromehanske opreme.....	52
Tabela 11: Strošek strojne opreme	52
Tabela 12: Skupni strošek investicije in letnega obratovanja.....	53
Tabela 13: Primer izračuna dinamičnih in statističnih kazalcev za dobo obratovanja 30 let v primeru izgradnje kanala, pri instaliranem pretoku 378 l/s, 7% DS in premeru cevi 1000 mm.	54
Tabela 14: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe kanala	57
Tabela 15: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe tunela.....	60
Tabela 16: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe kanala in povišanega praga	65

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje

RS – Republika Slovenija

mHE – mala hidroelektrarna

HE – hidroelektrarna

OVE – obnovljivi viri energije

DS – diskontna stopnja

NSV – neto sedanja vrednost

ISD – interna stopnja donosnosti

Ta stran je z namenom prazna.

1 UVOD

Ideja za izdelavo diplomske naloge se je porodila z najdbo načrtov iz leta 1914-1917 [1] za izvedbo male hidroelektrarne na reki Paki v Šoštanju, natančneje v Penku (Slika 1). Načrti, ki so bili izdelani na Dunaju po naročilu takratnega veleposestnika Franz-a Wosschnagg-a so predvidevali izgradnjo male hidroelektrarne z tlačnim cevovodom na lokaciji današnjega lesarstva Mešič v Šoštanju. Načrtovana elektrarna je predvidevala $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ instaliranega pretoka. Do izgradnje elektrarne žal ni prišlo, zaradi pričetka 1. Svetovne vojne.



Slika 1: Makrolokacija umestitve mHE, [2]

Na podlagi pridobljenih načrtov iz leta 1917 sem se odločila, da bom v diplomski nalogi poskušala določiti energetskega potencial, ki bi ga danes lahko izkoriščali na isti lokaciji z mHE. Cilj naloge bo, da mHE, poimenovali jo bomo mHE Mešič, izkorišča ves razpoložljiv vodni potencial. Za uresničitev zastavljenega cilja bo potrebno pridobiti vso obstoječo dokumentacijo o dejanskem stanju struge na omenjeni lokaciji, izračunati hidrologijo ter hidravliko ter nato določiti tehnične karakteristike mHE.

Za potrebe izračuna vodne bilance in energetske proizvodnje bomo uporabili podatke pridobljene iz vodomerne postaje Šoštanj (šifra postaje: 6300) za obdobje 31 let (1980-2011: leto 1991 sem izločila zaradi manjkajočih podatkov). Na podlagi teh podatkov bomo lahko analizirali trenutno stanje na vodotoku, primerjali stanje s tistim pred 100 leti ter ugotovili ali je izgradnja mHE še finančno smotna.

V zaključku bomo izdelali tudi optimizacijo proizvodnje na osnovi določitve optimalnih obratovalnih karakteristik elektrarne, glede na razpoložljivost: pretoka, moči in proizvodnje električne energije.

1.1 Zgodovina hidroenergetike na Slovenskem

Razvoj proizvodnje električne energije s pomočjo vodne moči se je na slovenskem pričel leta 1885 z izgradnjo prve hidroelektrarne Marof v Laškem (Slika 2), po letu 1900 pa je pričela proizvodnja hitro naraščati. V začetku so bile to predvsem manjše hidroelektrarne, namenjene posameznim uporabnikom v neposredni bližini. Inštalirana moč pa je v obdobju 1885-1918 zelo hitro naraščala. V tem obdobju so po številu zgrajenih objektov za proizvodnjo električne energije prevladovali hidroelektrarne [3].



Slika 2: Prva hidroelektrarna na slovenskem – Marof v Laškem, [4]

Konec 1. svetovne vojne se uveljavi politika gradnje novih javnih hidroelektrarn, katero pa v prvih petih letih zaustavijo delno politične in gospodarske razmere, delno pa delovanje dveh večjih hidroelektrarn Fala in Završnica. V teh letih so pričeli tudi z izgradnjo povezovalnih daljnovodov, ki so omogočali dostop do električne energije tudi bolj oddaljenim odjemalcem. Za industrijske namene pa so lastniki industrijskih obratov gradili lastne hidroelektrarne.

V tem času je imela Slovenija že preko 120 hidroelektrarn in 75 termoelektrarn, zato so se začele povezovati v manjše elektroenergetske sisteme. Porabniki niso bili več odvisni od posamezne hidroelektrarne in so lahko manjkajočo energijo črpali iz naslova termoelektrarn.

V obdobju med obema vojnama je kljub manj intenzivni gradnji na slovenskem zrastle še 42 hidroelektrarn, začetek 2. svetovne vojne pa je pospešil izgradnjo elektrarn na Soči, Dravi ter termoelektrarn Trbovlje in Brestanica.

Prva povojna leta po koncu 2. svetovne vojne so bila namenjena predvsem obnovi energetskih objektov in distribucijskega sistema. Majhne hidroelektrarne so bile poddržavljene, veliko pa jih je prenehalo obratovati. V tem času so pričeli z intenzivnimi študijami za gradnjo novih velikih hidroelektrarn, s katerimi so tudi potrdili smotrnost gradnje hidroelektrarn na Dravi in Savi, ki je nato potekala izmenično med obema rekama, posledično pa je delež gradnje majhnih hidroelektrarn padel pod 10%.

Male hidroelektrarne so prešle v družbeno lastnino, nekaj elektrarn so upravljala podjetja za distribucijo energije, ostale so imele industrijski značaj. Na področju Primorske pa so male hidroelektrarne upravljale Soške elektrarne Nova Gorica. Z leti pa so tudi te začele ugašati, saj proizvedena električna energija še vedno ni nadomestila njihovega vzdrževanja.

V sredini petdesetih let je zaradi intenzivne gradnje hidroelektrarn proizvodnja električne energije znašala 85% celotne proizvedene električne energije, ter 80% inštalirane moči vseh elektrarn. Ker pa

je poraba električne energije hitro naraščala, le te ni bilo več možno pokrivati le s hidroelektrarnami, zato se je začela bolj intenzivna gradnja termoelektrarn in njihovih proizvodnih blokov.

Na koncu obdobja 1945-1980 je ta delež znašal le še 43% proizvedene električne energije, inštalirana moč pa 39%. Vloga hidroelektrarn se je spremenila.

V obdobju od 1980-2005 se delež proizvedene električne energije zmanjšal iz 43% na 25%. Inštalirana moč celotnega sistema je znašala le še 30%. Gradnja novih hidroelektrarn ni bila več tako intenzivna, so pa prenove in novogradnje prinesle kvaliteto elektroenergetskemu sistemu. Ob koncu tega obdobja obratuje 18 velikih hidroelektrarn s skupno inštalirano močjo 893 MW in srednjo letno proizvodnjo 3,702.000 MWh.

Zavest o bolj ekološki proizvodnji električne energije je vplivala tudi na večjo naklonjenost h gradnji malih hidroelektrarn. Še posebej aktivne so bile pri tem Soške elektrarne Nova Gorica ter podjetje Elektro Gorenjska. Ob koncu tega obdobja je obratovalo 56 javnih mHE, s skupno inštalirano močjo 30.000 kW in 342 zasebnih mHE (14 od tega industrijskih) s skupno inštalirano močjo 40.000 kW. Celotna proizvodnja je leta 2002 dosegla 254.000 kWh oz. 8,4% proizvodnje v velikih HE [3].

1.1.1 Zgodovinski oris stanja na lokaciji izvedbe mHE

Na izbrani lokaciji, ki je prikazana na Sliki 3, so že od nekdaj znali izkoriščati vodno moč s katero so poganjali dve žagi, ki sta se nahajali na označenih mestih in se imenovali Mešičeva žaga 1 in 2. Vodo za odvzem so zbirali za jezom, katerega so odnesle poplave leta 1990. Kot že omenjeno, so bili leta 1917 po naročilu Franz-a Wosschnagg-a izdelani načrti za izgradnjo mHE [1], za katere je pridobil koncesijo na Dunaju.

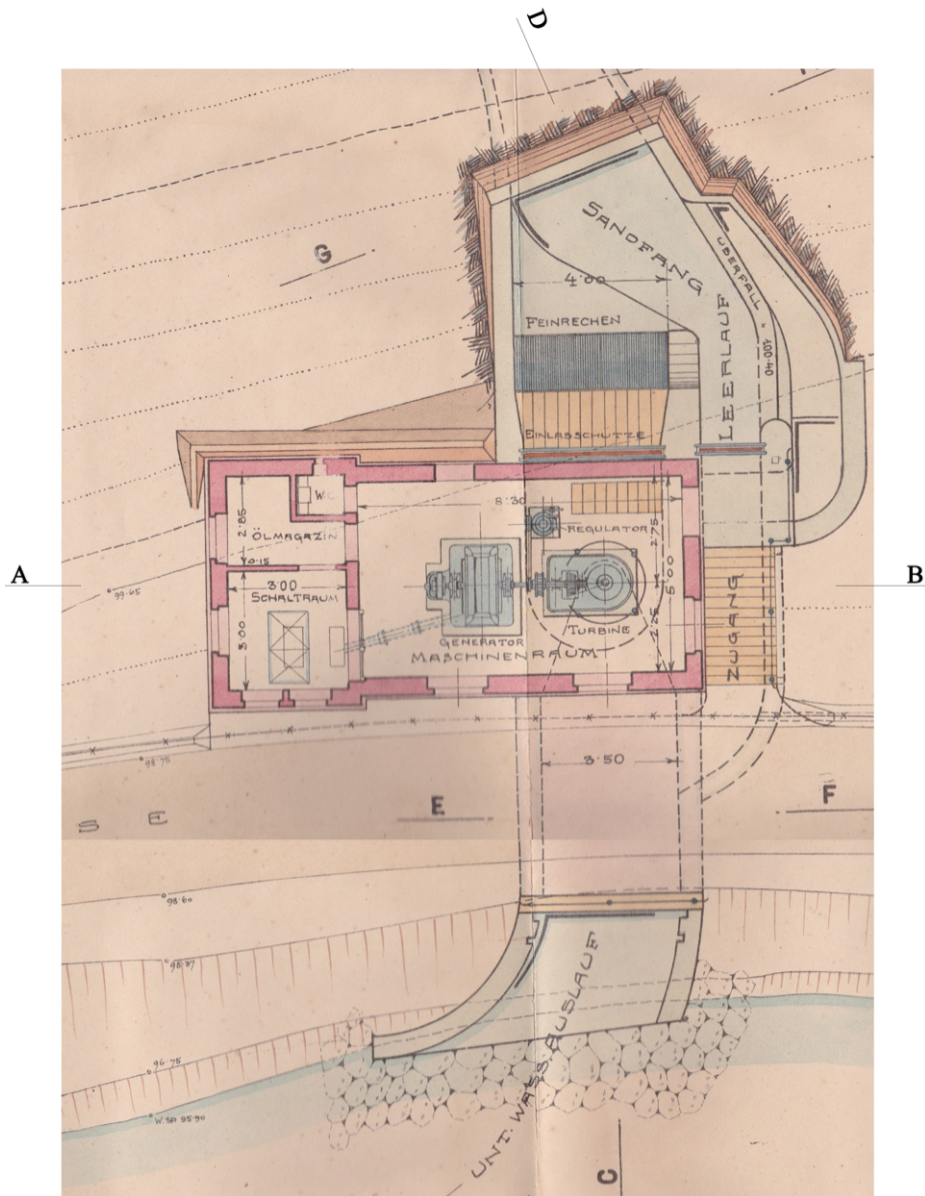


Slika 3: Lokacija umestitve mHE, [5]

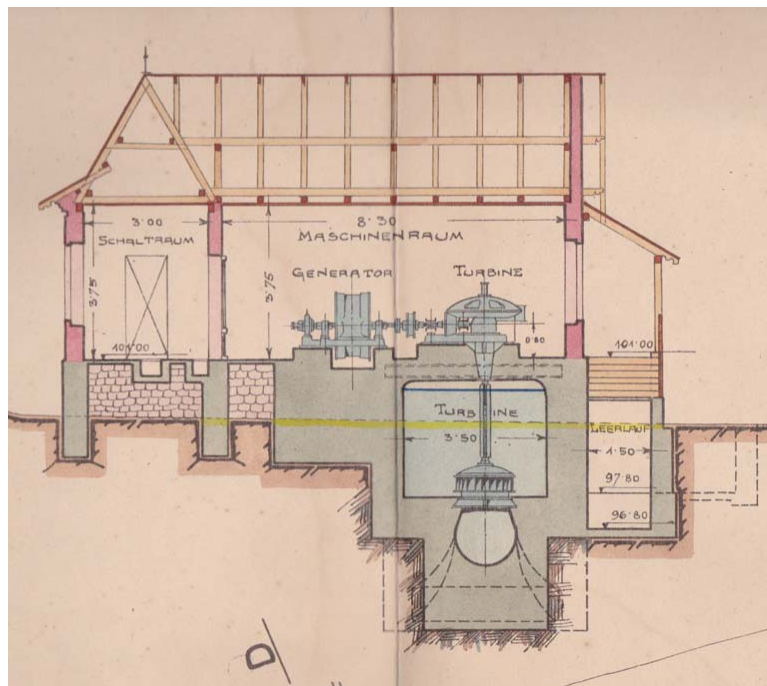
Franz Wosschnagg izhaja iz usnjarske rodbine Vošnjak (Woschnagg, Woschnak, Wožnak), ki je v letu 1929 vodila tovarno usnja, imenovano Franz Wosschnagg in sinovi, d.d. in zaposlovala skoraj 400 ljudi ter dosegala rekordno predelavo tisoč govejih kož na dan [6]. Načrtovana hidroelektrarna bi bila po predvidevanjih namenjena za potrebe usnjarne kot tudi za porabo v gospodinjstvih.

Načrti (Slike 4, 5, 6) so predvidevali izgradnjo HE s tlačnim cevovodom, ki bi vodo usmerjal na Francisovo turbino. Inštalirani pretok bi znašal $3 \text{ m}^3/\text{s}$, moč generatorja pa 500 kVA [1].

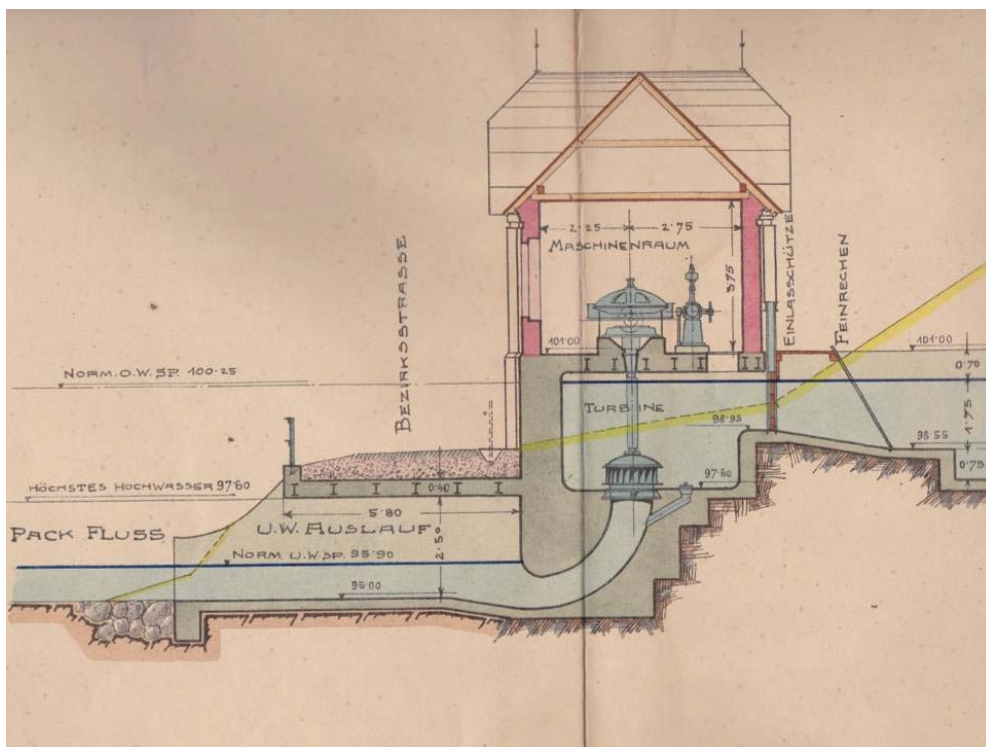
Za tiste čase je bila takšna hidroelektrarna med zmogljivejšimi, saj je bila takrat gorvodno na Paki, na mestu današnje termoelektrarne, postavljena hidroelektrarna, ki je proizvedla 74,6 kW oz. 100 KM (konjskih moči).



Slika 4: Tloris strojnice, [1]



Slika 5: Prečni prerez strojnice A – B, [1]



Slika 6: Vzdolžni prerez strojnice C – D, [1]

1.2 Obnovljivi viri

Že naši predniki so znali s pridom izkoristiti naravo in njene dobrine; toploto so ustvarili z ognjem, reke so bile namenjene transportu, z mlini na vodi ali vetru pa so poganjali obrate in si lajšali življenje. Kmalu pa je svet v razvoju zamenjal obnovljive vire energije za fosilna goriva. Zavest o čistem okolju

je bila potisnjena na stran, prevladovala pa so potrebe po čim večjih količinah energije za razvoj civilizacije. Razvoj pa je terjal tudi svoj davek. Občutno so se povečale emisije ogljikovega dioksida (CO₂), ki je predvsem produkt izgorevanja fosilnih goriv, zaradi tega so se pojavile ozonske luknje in s tem prekomerno segrevanje Zemljinega površja ter spremembe podnebnih razmer.

K temu problemu so pristopili Združeni narodi in Evropska unija in določili smernice za zmanjšanje emisij in s tem povečanje uporabe bolj ekoloških goriv z povečanjem proizvodnje energije z obnovljivimi viri – vodna energija, sončna energija, vetrna energija, geotermalna energija in biomasa. Obnovljivi viri energije so prikazani na Sliki 7.



Slika 7: Obnovljivi viri energije, [7]

Evropska unija je 23. 1. 2008 sprejela podnebno-energetski sveženj, s katerim želi, da delež obnovljivih virov energije doseže do leta 2020 vsaj 20% v končni porabi energije. Na ta način bomo pozitivno učinkovali na podnebje, gospodarsko rast ter na stabilnost v dobavi energije.

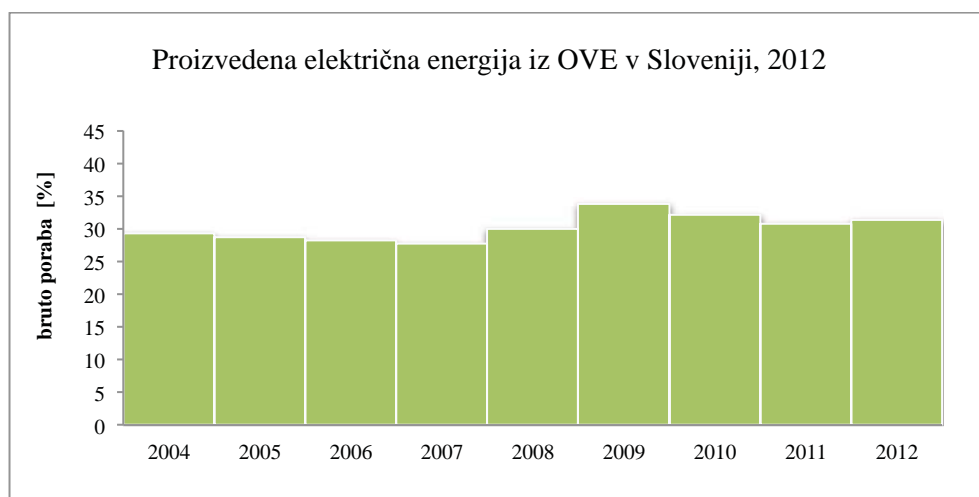
Države članice se morajo same odločiti na katerih področjih uporabe električne energije bodo povečale delež pridobivanja energije z OVE: električna energija, ogrevanje in hlajenje ter promet.

Evropska komisija zastavljen cilj pogojuje z doseganjem naslednjih ciljev [8]:

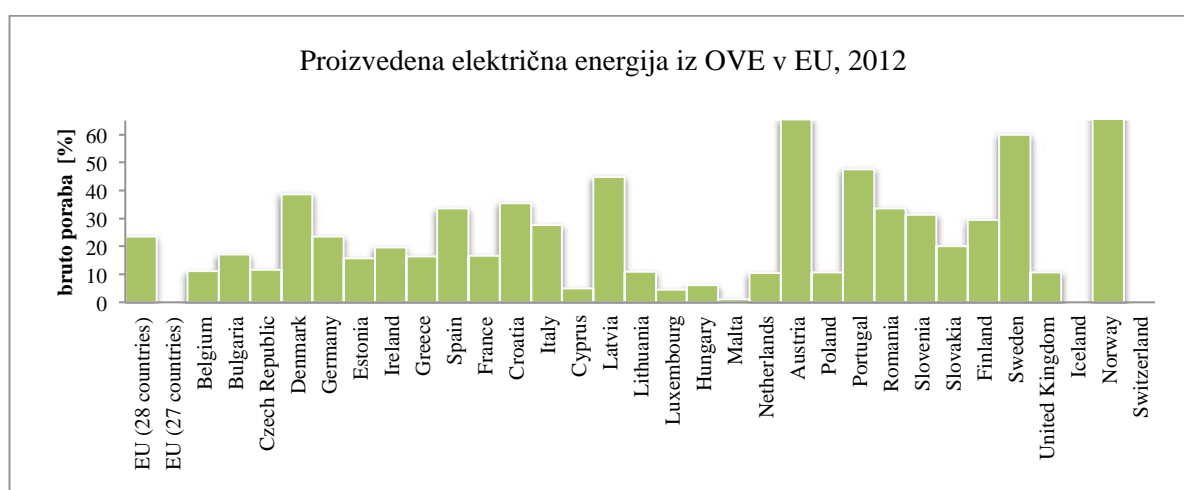
- zmanjšanje emisij CO₂ v višini 600 do 900 milijonov ton letno;
- zmanjšanje porabe fosilnih goriv za 200 do 300 milijonov ton letno;
- zmanjšanje odvisnosti EU od uvoženih fosilnih goriv ter s tem povečanje stabilnosti dobave energije v EU;
- večje spodbude za razvoj visoko-tehnoloških industrij z novimi gospodarskimi priložnostmi in delovnimi mesti.

Na Grafikonu 1 je razvidno stanje proizvedene električne energije iz OVE v Sloveniji v letih od 2004 do 2012, kjer je prikazana bruto poraba v %. Slovenija je glede na podatke pridobljene iz Eurostat v letu 2012 proizvedla 31,4%.

Ta prikaz je razmerje med električno energijo, proizvedeno iz obnovljivih virov energije in bruto nacionalno porabo električne energije za posamezno koledarsko leto. Meri prispevek električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov energije glede na nacionalno porabo električne energije. Električna energija, proizvedena iz obnovljivih virov energije obsega proizvodnjo električne energije iz hidroelektrarn (razen črpanja), vetra, sončne energije, geotermalne in električne energije iz biomase/odpadkov. Bruto nacionalna poraba električne energije zajema celotno bruto nacionalno proizvodnjo električne energije iz vseh goriv (skupaj z lastno proizvodnjo), plus uvoz električne energije minus izvoz [8].



Grafikon 1: Proizvedena električna energija iz OVE v Sloveniji, [9]

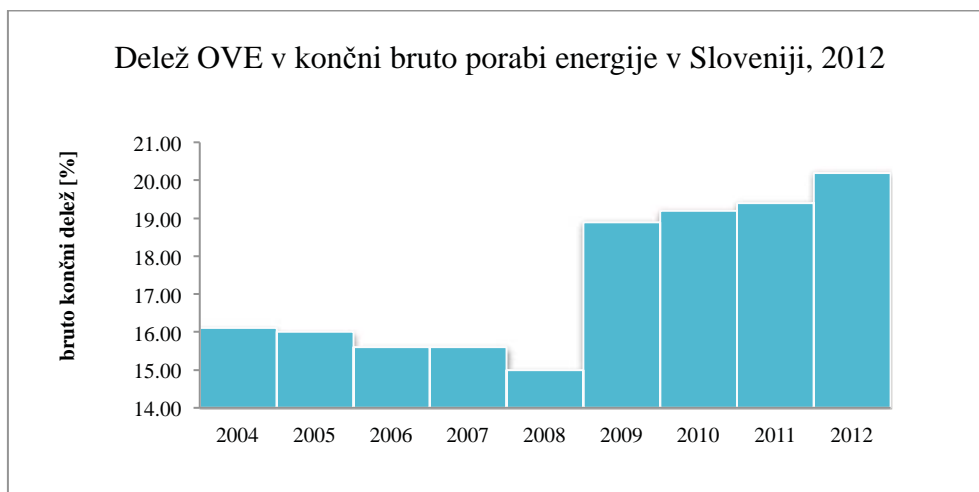


Grafikon 2: Proizvedena električna energija iz OVE v EU, [9]

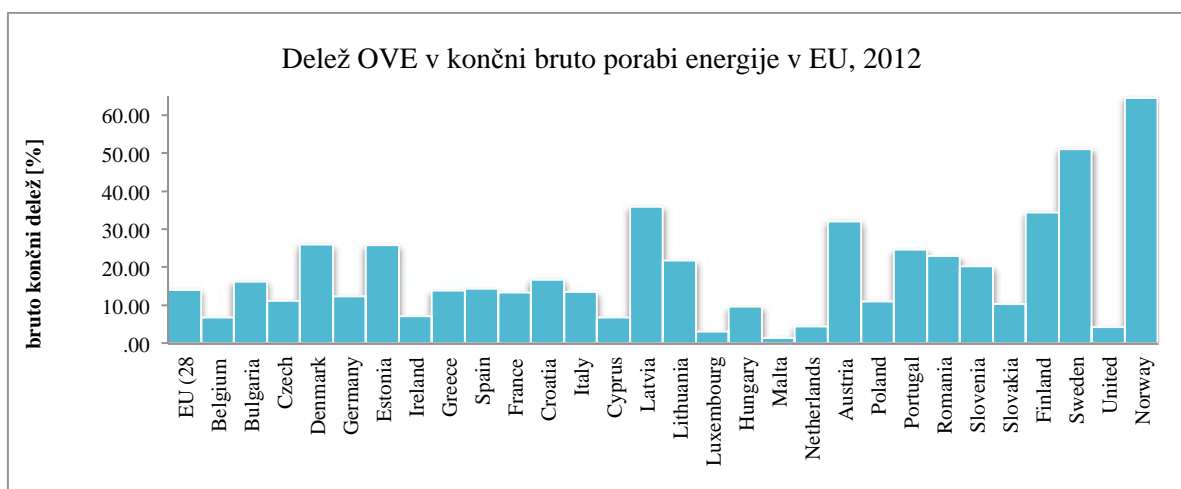
Po deležu OVE v primarni energetske bilanci in proizvodnji električne energije spada Slovenija med najrazvitejše evropske države (Grafikon 2), k čemur največ prispevajo velike HE in uporaba lesa in lesnih ostankov. Delež OVE v energetske bilanci Slovenije je namreč že leta 2005 znašal 16 % glede

na celotno porabljeno primarno energijo (povprečje EU je 8,5 %), kar prikazujeta Grafikon 3 in 4. Glavni potenciali za nadaljnje izkoriščanje OVE se kažejo na področju HE (sanacija in povečanje obstoječih in izgradnja novih – dokončanje savske verige), sodobni izrabi biomase in pri izgradnji vetrnih ter sončnih elektrarn [8].

Slovenija bi morala glede na predlog Evropske unije delež OVE do leta 2020 povečati na 25%.

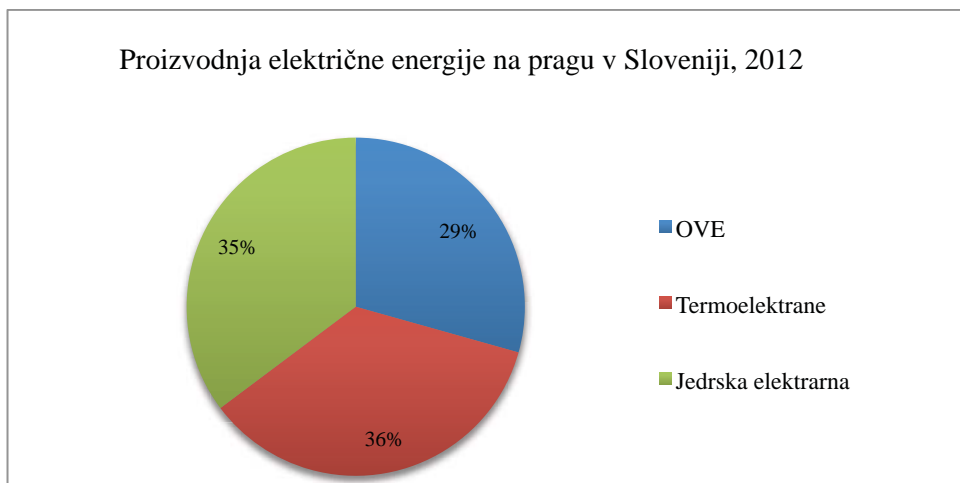


Grafikon 3: Delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni nacionalni porabi energije v Sloveniji, 2012, [9]



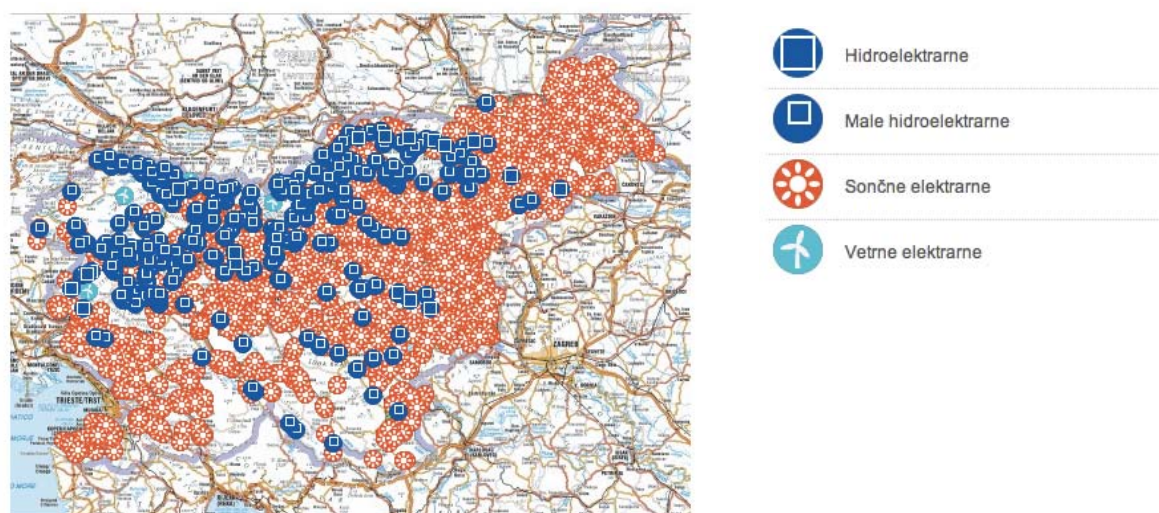
Grafikon 4: Delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni nacionalni porabi energije, EU-28, 2012, [9]

Na Grafikonu 5 je razvidno, da proizvodnja električne energije iz OVE v Sloveniji predstavlja skoraj tretjino proizvedene energije. Od tega proizvodnja na HE predstavlja 29% proizvedene energije. Podatki so pridobljeni iz Statističnega urada RS [10] in predstavljajo podatke o proizvodnji na pragu ter za OVE zajemajo podatke o hidroelektrarnah ter sončnih elektrarnah.



Grafikon 5: Proizvodnja električne energije na pragu v Sloveniji v letu 2012, [10]

Slika 8 prikazuje pokritost Slovenije z obnovljivimi viri, kjer je razvidno, da s pridom izkoriščamo svoje naravne danosti.



Slika 8: Pokritost Slovenije z OVE [11]

Slovenija po vodnih virih velja za eno najbogatejših evropskih držav - samo v naših rekah in potokih se pretoči okoli 34 milijard m^3 vode, kar v evropskih merilih pomeni, da glede na skupno količino vode na prebivalca presegamo štirikrat evropsko povprečje.

O našem odnosu do narave in njenem ohranjanju pričajo podatki pridobljeni s strani statističnega urada [10]:

- Končna poraba energije se je v letu 2012 glede na leto 2004 zmanjšala z 2,5 na 2,1 toe (tona ekvivalentne nafte) na prebivalca.
- Delež obnovljivih virov energije v končni porabi energije smo v obdobju 2004-2012 povečali z 8,8 % na 12,8 %.

1.2.1 Hidroenergija

Hidroenergija – nekoč je namesto človeka opravljala fizično delo, danes pa jo izkoriščamo predvsem za proizvodnjo električne energije, ki predstavlja 21,6% svetovne proizvodnje električne energije. Voda ni samo »vir življenja«, ampak tudi najpomembnejši obnovljivi vir ter eden izmed najstarejših virov energije, ki se ga je človek naučil izkoriščati. Včasih je poganjala mline, žage, črpalke ter druge podobne naprave, danes pa poganja vodne turbine v hidroelektrarnah moči v razponu od desetine kW (mikro hidroelektrarne) do 750 MW.

Postavitev velike hidroelektrarne predstavlja tudi velik poseg v okolje in s tem vpliva na klimatske razmere, tla, relief, vodni tok, rastlinstvo, živalstvo ter urbano okolje. Kljub temu je takšen poseg iz ekološkega vidika še vedno okolju prijazen način proizvodnje električne energije.

Hidroelektrarne delujejo na principu hidroenergetskega potenciala, kar pomeni, da izkoriščajo delo, ki ga naredi vodna masa, če pade z neke višine. Da pa pridobimo čim večjo vodno moč, je potrebno padec reke kopičiti na enem mestu.

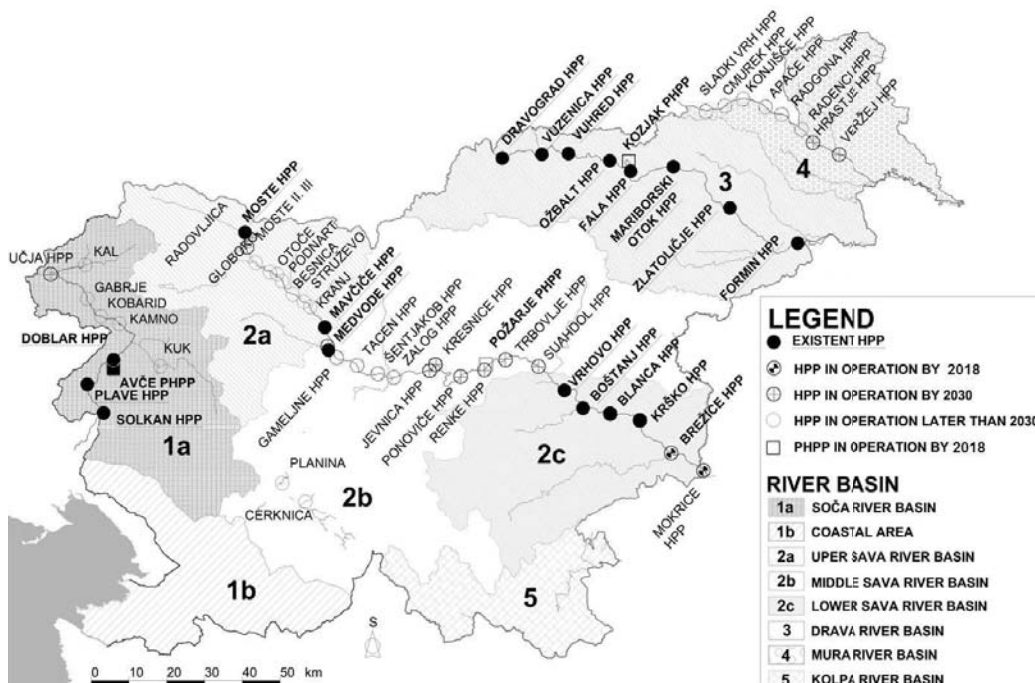
Hidroelektrarne delimo na:

- Pretočne HE izkoriščajo veliko količino vode in sproten dotok vode ter majhen padec. Reka se v večini primerov zajezi, vendar ne ustvarja akumulacijskega jezera.
- Akumulacijske HE delujejo na principu zbiranja vode, ki se akumulira za visokim jezem. Namenjene so proizvodnji električne energije ob dnevnih konicah ter za izravnavo pretokov v daljših sušnih območjih.
- Pretočno-akumulacijske HE so kombinacija obeh vrst elektrarn, ki jih na reki postavimo zaporedno, kjer je prva elektrarna akumulacijska, ostale pa so pretočne.
- Črpalna HE deluje na principu črpanja rečne vode v času nizke cene in zmanjšane porabe električne energije v višje ležeče akumulacijsko jezero, od koder nato v času dnevnih konic porabe isto vodo spuščamo nazaj na turbino in ustvarjamo električno energijo.

Trenutno v Sloveniji izkoriščamo 48,6 % hidroenergetskega potenciala, do leta 2030 pa je v planu, da bo Slovenija z izgradnjo novih energetskih objektov ta izkoristek povečala na 63 %. Energetski potencial slovenskih vodotokov je prikazan v Tabeli 1 in na Sliki 9 [12].

Tabela 1: Energetski potencial slovenskih vodotokov, [12]

Vodotok	Bruto potencial [GWh/leto]	Tehnično izkoristljiv potencial [GWh/leto]	Izrabljen potencial [GWh/leto]	Delež energetske izrabe [%]
Sava z Ljubljanico	4.134	2.794	832	29,8
Drava	4.301	2.896	2.833	97,8
Soča z Idrijco	2.417	1.442	491	34,0
Mura	928	690	5	0,7
Kolpa	310	209	0	0,0
Ostali vodotoki	7.350	1.114	284	25,5
Skupaj	19.440	9.145	4.445	48,6



Slika 9: Ekonomsko izkoristljivi energetski potenciali slovenskih rek, [12]

1.3 Definicija in delovanje mHE

Hidroelektrarne v EU delimo glede na inštalirano moč na male (do 10 MW), srednje (10 do 100 MW) in velike (nad 100 MW) HE. Nadalje pa se male hidroelektrarne delijo po moči na mikro (do 100 kW), mini (od 100 kW do 1 MW) ter male (od 1 do 10 MW) HE.

Osnovni princip delovanja mHE je pretvarjanje energije vode v električno energijo. Hidroelektrarna izkorišča kinetično oz. potencialno energijo vode za pogon turbin s katerimi proizvaja električno energijo. Energija vode zaradi gravitacije pritiska na lopatice turbine, s katero nato poganja generator, ki mehansko energijo pretvori v električno. Količina proizvedene energije je odvisna od padca vode ter količine vode.

Glede na lastnosti posameznih tipov, delimo turbine glede na [13]:

1.) Način pretvarjanja energije:

- akcijske (Peltonova, Bankijeva),
- reakcijske (Francisova, Kaplanova, Propelerske).

Pri akcijskih ali enakotlačnih turbinah se skoraj celotni razpoložljivi vodni padec pretvori v hitrost neposredno pred gonilnikom. V tem primeru imamo enak tlak pred in za gonilnikom.

Pri reakcijskih ali nadtlčnih turbinah pa se do gonilnika v hitrost pretvori le del vodnega padca (pretvorba potencialne energije v kinetično). Ostali del se pretvori med tokom vode skozi gonilnik, zato imamo pred gonilnikom višji tlak kot za njim.

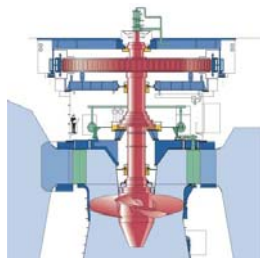
2.) Smer pretoka vode:

- radialne (Francis),
- aksialne (Kaplan),
- diagonalne (Deriaz),
- tangencialne (Pelton).

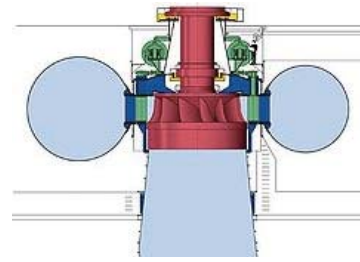
3.) Lego osi vodne turbine:

- vertikalne,
- horizontalne,
- poševne.

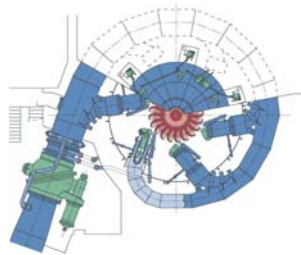
Različne vrste turbin in njihovo uporabo prikazuje Slika 10.



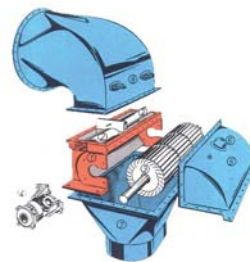
Kaplanova turbina
(primerna za velik pretok
in majhen padec)



Francisova turbina
(primerna za srednji pretok
in srednji padec)



Peltonova turbina
(primerna za majhen pretok
in velik padec)



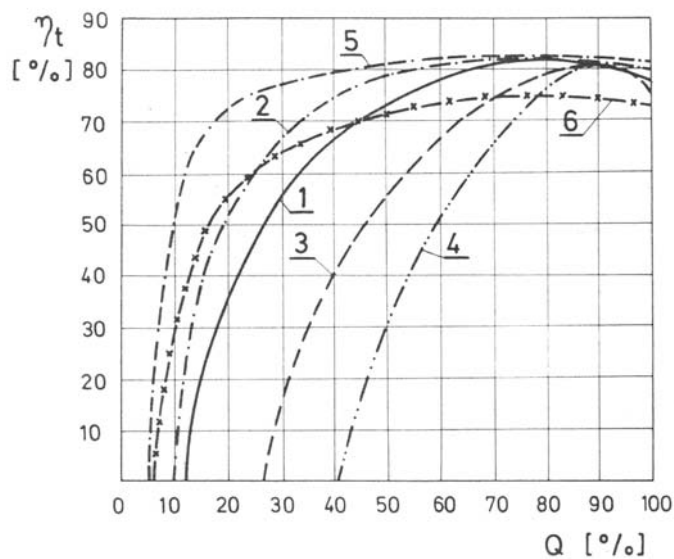
Bankijeva turbina
(primerna za majhne pretoke
in majhne padce)

Slika 10: Različne vrste turbin, [14]

Pri izbiri turbine upoštevamo dva glavna kriterija: inštalirani pretok ter višinsko razliko med koto zajetja vode ter koto turbine. Če želimo doseči optimalni izkoristek, mora turbina delovati neprekinjeno s konstantno vrtilno hitrostjo.

Pri vsaki turbini pa prihaja do manjših izgub moči pri pretvarjanju moči vode v mehansko moč. Izgube nastajajo bodisi zaradi trenja ob stenah ali ležajih, bodisi zaradi uhajanja vode skozi špranje med gonilnikom in mirujočimi deli turbine. Zato dobimo na gredi turbine manj kilovatov, kot jih ima voda, ki teče skozi turbino. Vrednost, ki ponazarja ta delež koristne moči na gredi je izkoristek turbine η_t .

Slika 11 prikazuje vrednosti izkoristkov za različne vrste turbin v odvisnosti od pretoka.



Legenda:

- 1 – Francisova turbina in propellerska turbina z reguliranimi krili gonilnika
- 2 – Francisova turbina z razmeroma nizkim vodilnikom
- 3 – Francisova turbina z razmeroma visokim vodilnikom
- 4 – propellerska turbina z reguliranim vodilnikom
- 5 – Peltonova turbina
- 6 – Bankijeva turbina

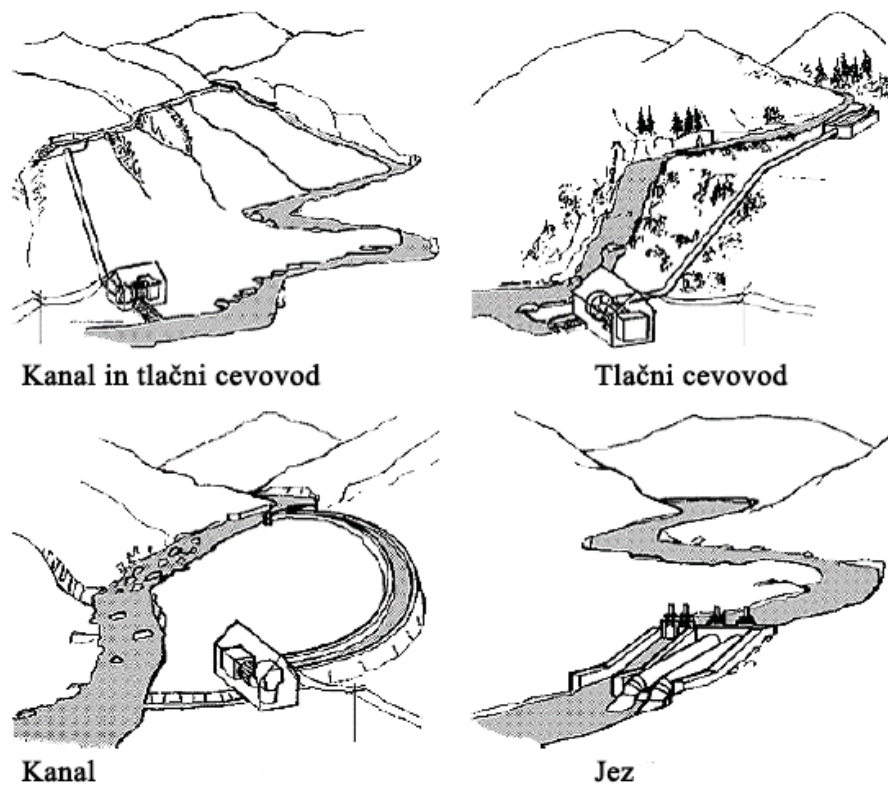
Slika 11: Izkoristki turbin v odvisnosti od pretoka, [15]

Ker naravnega toka ni mogoče neposredno uporabiti, je potrebno le tega umetno preusmeriti proti k turbini z uporabo kanala ali cevovoda.

Glede na ta kako dovajamo vodo k turbini poznamo več tipov mHE [16]:

- HE z odprtim dovodom,
- HE z zaprtim dovodom,
- HE z delno odprtim dovodom.

Slika 12 prikazuje različne tipe dovoda vode k turbini, kjer predstavlja uporaba kanala in cevovoda HE z delno odprtim dovodom, uporaba tlačnega cevovoda predstavlja HE z zaprtim cevovodom, uporaba kanala pa HE z odprtim cevovodom. Na sliki je predstavljen tudi tip z zaježitvijo, ki pa pri malih HE pride redko v poštev.



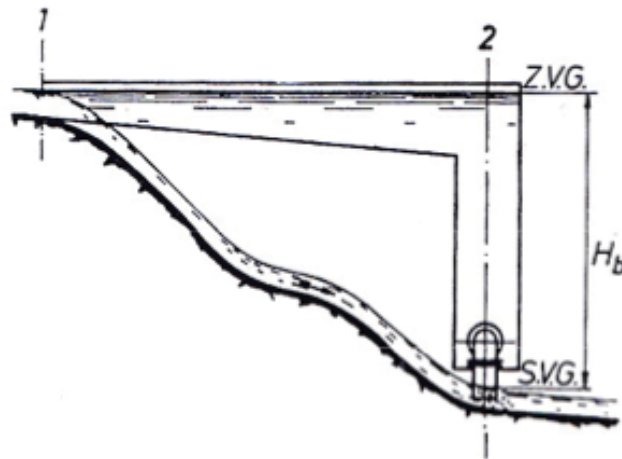
Slika 12: Tipi mHE po vrsti dovoda, [17]

Izbira določenega tipa HE je izrednega pomena, saj nadalje pogojuje zasnovano vodno zgradbo, opremo samega dovoda ter vrsto in konstrukcijsko izvedbo turbine.

1.3.1 Bruto padec in moč vode

Za določitev moči vode je ključnega pomena neto padec, ki predstavlja geodetsko višinsko razliko med višino zgornje vode ter višino spodnje vode od katere odštejemo energijske izgube.

Iskano neto višinsko razliko, ki jo označimo z H (Slika 13), dobimo tako, da od geodetske višinske razlike (Δh_g) oz. bruto višinske razlike odštejemo, linijske izgube v cevovodu, lokalne izgube zaradi spremembe smeri cevovoda, zoženja cevovoda na vtoku v turbino ter izgube na vtoku in iztoku cevovoda.



Slika 13: Napeljava vode po odprtem kanalu v turbinski jašek, [16]

$$\Delta h_g = H_B = h_z - h_i$$

$$H = H_B - \text{izgube}$$

oz.

$$\Delta h_n = \Delta h_g - h[\Delta E_{lin} + \Sigma \Delta E_{lok}]$$

Za izgube lahko podamo tudi zelo približno oceno, pri čemer znaša neto padec 90 do 98% bruto padca, kjer velja manjša vrednost za dolge dovodne ali odvodne naprave [16].

Torej izgube znašajo 10% bruto padca.

Moč vode

Moč vode je tem večja, čim večji je njen pretok, zato je moč poleg padca odvisna tudi od pretoka Q [m^3/s]. Bruto moč vode oz. teoretično razpoložljivo moč izražamo v kW (kilovatih) in jo izračunamo po formuli:

$$P_B = 9,8 * Q * H_B$$

kjer pomeni:

P_B - bruto moč vode, izražena v kilovatih (kW),

Q - pretok v kubičnih metrih na sekundo (m^3/s),

H_B - bruto padec v metrih (m).

Za določitev neto moči oz. tehnično izkoristljive moči vode upoštevamo vse hidravlične in elektromehanske izgube pri pretvorbi mehanske energije v električno in jo določimo po formuli:

$$P_N = 9,8 * Q * H$$

kjer H predstavlja bruto padec, zmanjšan za vse izgube.

2 IDEJNA ŠTUDIJA IZGRADNJE mHE

2.1 Reka Paka

Reka Paka izvira pod Glažutsko planino na Pohorju in se 40 km vije mimo Doliča čez Hudo luknjo, prečka Velenje, Šoštanj ter Šmartno ob Paki in se nato v Rečici ob Savinji pridruži reki Savinji kot njen levi pritok. Reka Paka s porečjem velikosti 211,23 km² (prikazano na Sliki 14) sodi med hudourniške reke. Paka predstavlja 11,4 % porečja Savinje, oz. 1,97 % porečja Save, ki se nahaja na ozemlju Slovenije oz. 0,2 % porečja celotne Save.

V 19. stoletju je Paka povzročala velike probleme z obširnimi poplavami, katere so nato z pogozdovanjem in regulacijo struge delno ukrotili in zmanjšali.

V Paki prebivajo različne vrste potočnih postrvi in krapovcev, njihov obstoj pa vsakoletno ogrožajo industrijske in komunalne vode, ki se vanjo izlivajo v Velenju in Šoštanju.

Prav tako je Paka pomemben dejavnik pri delovanju Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ), saj TEŠ dnevno uporablja vodo za obratovanje [18].



Slika 14: Povodje reke Pake (vaje Hidrologija 2, Čebul)

2.2 Opis obstoječega stanja

Lokacija za izvedbo mHE se nahaja v ozki soteski Penk, med krajema Šoštanj in Šmartno ob Paki, kot prikazuje Slika 15. Po soteski potekata poleg reke Pake še regionalna cesta ter železniška proga.



Slika 15: Makrolokacija predvidene mHE, [2]

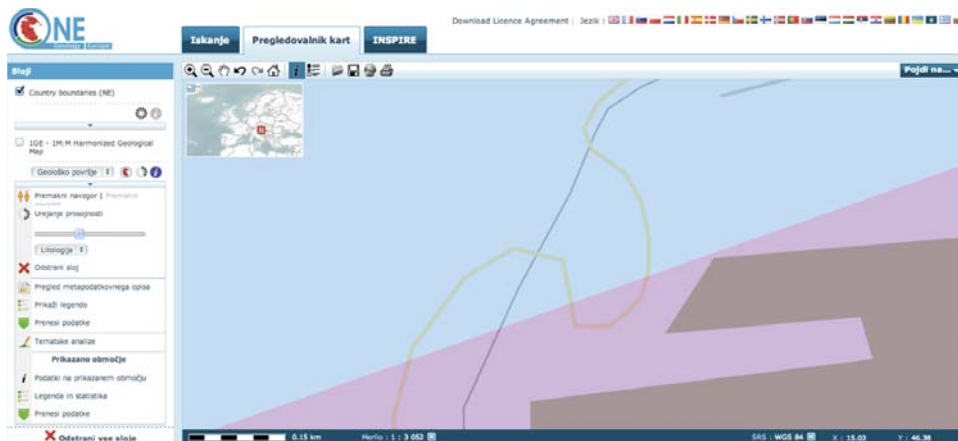
Edina stalnica na omenjenem območju je družina Mešič, danes podjetje imenovano Mešič les Natek Mešič Evelyn s.p., ki z svojo 100-letno tradicijo na svoji žagi izdeluje izdelke iz lesa. Trenutno stanje odseka vodotoka je prikazano na Sliki 16.



Slika 16: Fotografije obstoječega stanja. Podlaga – satelitski posnetek (Slika 1: Industrijski obrat z stanovanjskim delom, Slika 2: Lokacija iztoka iz turbine, Slika 3: Preliv za zmanjševanje hitrosti vode, Slika 4: Pogled dolvodno na lokacijo.) [19]

2.2.1 Naravne značilnosti na odseku

Podatke o kamninski sestavi na izbranem odseku smo pridobili na spletni strani Evropskega projekta OneGeology Europe [20], kjer so zbrani vsi geološki kartografski podatki za Evropo (Slika 17).

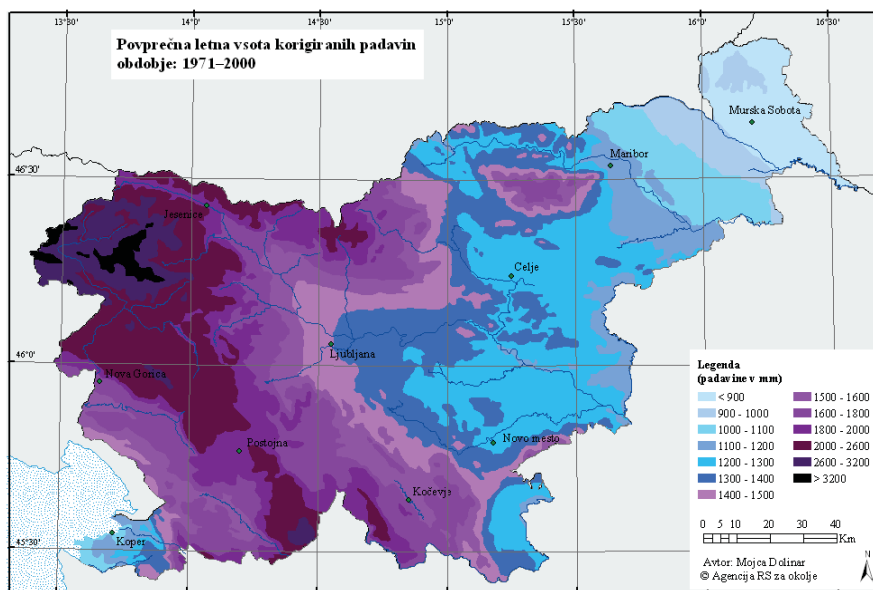


Legenda:	Prevladujoča kamnina	Podrejene kamnine	Starost	Nastanek
	- Apnenec	- dolomit, breča	- Zgodnji devon - lopingij	- Odlaganje
	- Piroklastična kamnina	- Tufit, nečista karbonatna sedimentna kamnina	- Rupelij	- Piroklastični izbruh

Slika 17: Kamninska sestava na odseku, [20]

Glede na pridobljene informacije je kamninska sestava na našem odseku sestavljena pretežno iz magmatskih in sedimentnih kamnin, natančneje iz piroklastičnih kamnin in apnenca.

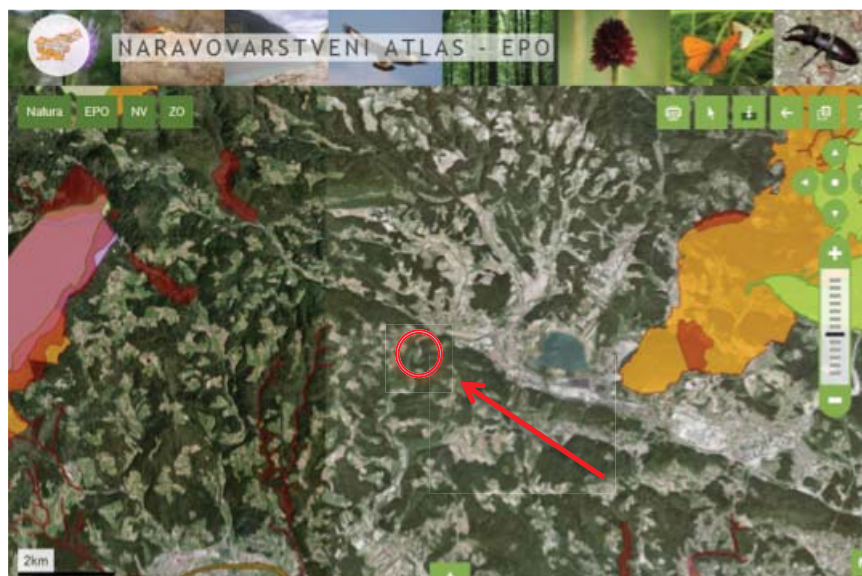
Na povodje reke Pake pade letno v povprečju 1300-1400 mm padavin, glede na povprečno letno vsoto korigiranih padavin v obdobju 1971-2000, kot prikazuje Slika 18.



Slika 18: Povprečno letna vsota korigiranih padavin v obdobju 1971-2000, [21]

Po podatkih, pridobljenih na spletni strani ARSO – Atlas okolja [22] ima Paka 100 – 1.000 km² veliko prispevno območje, spada v 2 - 3 skupino glede na kategorizacijo urejanja vodotokov, po bioregiji sodi v Panonske ravni z alpskim vplivnim območjem, po ekološko sprejemljivem pretoku se šteje v skupino 1, ter sodi v skupino 11 glede na hidroekoregijo. Te podatke bomo v nadaljevanju uporabili za določitev Q_{es} (ekološko sprejemljivega pretoka).

Če preverimo našo lokacijo še v Naravovarstvenem atlasu (Slika 19) ugotovimo, da območje ne spada v Naturo 2000, Ekološko pomembno območje, naravne vrednote ali zavarovana območja.



Slika 19: Pregled naravovarstveno pomembnih območij z označeno lokacijo mHE, [23]

Slovenija se lahko ponaša z izredno ohranjeno naravo, z bogatim živalskim in rastlinskim svetom, veliko biotskimi vrstami, z različnimi krajinami, z veliko habitati, z pestro geološko zgradbo in še. Vse to pa je Slovenija dosegla z uvedbo Zakona o ohranjanju narave (ZON-UPB2) [24] s katerim varujemo naše naravne vrednote kot del naše dediščine in ohranjamo biotsko raznovrstnost.

V skladu z 49b. členom Zakona o graditvi objektov (ZGO-1) [25], je potrebno pred začetkom izdelave projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja, pridobiti projektne pogoje pristojnega soglasodajalca. Pravna podlaga za izdajo naravovarstvenih pogojev in naravovarstvenega soglasja je 105. člen Zakona o ohranjanju narave (ZON). Ta člen naravovarstveno soglasje zahteva za gradnjo objektov na območju, ki imajo na podlagi predpisov s področja ohranjanja narave poseben status [26].

Območja, ki jih opredeljuje Zakon o ohranjanju narave:

- Natura 2000 (ohranjanje biotske raznovrstnosti),
- Ekološko pomembna območja (ohranja območja habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti),
- Naravne vrednote (varujejo naravno dediščino),
- Zavarovana območja (varujejo narodne parke (NP), regijske parke (RP), krajinske parke (KP), strogo naravne rezervate (SNR), naravne rezervate (NR) in naravne spomenike (NS).

Če želimo objekt graditi v območju, ki spada v katerokoli izmed naštetih območij, je potrebno pridobiti naravovarstvene pogoje in soglasje, ki ga določa Zakon o ohranjanju narave, sicer pa to ni potrebno.

2.3 Hidrologija

2.3.1 Hidrološki podatki

Za analizo vodotoka in dimenzioniranje hidrotehničnih objektov na njemu, je potrebno izvesti hidrološko analizo obravnavanega vodotoka, ki jo izračunamo na podlagi pridobljenih hidroloških podatkov. Zanimajo nas predvsem ekstremi pretokov ter minimalni potrebni pretok, ki še zagotavlja življenje vodnih živali v vodotoku (Q_{es}). Hidrološke podatke zbira in obdeluje Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), katere letno objavlja v Hidroloških letopisih, kjer so podane statistike o najmanjših in največjih pretokih, hidrogram ter krivulja trajanja. Podatke za hidrološko analizo lahko pridobimo z serijami meritev na merilnih postajah na vodotoku ali z meteorološkimi podatki, pridobljenimi na meteoroloških postajah na prispevnem območju vodotoka.



Slika 20: Lokacija merilne postaje, [5]



Slika 21: Merilna postaja in njena oprema, [19]

Za določitev hidroloških podatkov smo uporabili pretoke, pridobljene na spletni strani ARSO [28]. Uporabljeni pretoki so izmerjeni uradni podatki meteorološkega zavoda za vodotok Paka, na merilni postaji Šoštanj, ki je od same lokacije oddaljena 2,4 km gorvodno (Slika 20 in 21). Podatki se nanašajo na obdobje 31 let, od leta 1980 do leta 2011. Meritve za leto 1991 niso znane, zato smo to leto izločili. Glede na veliko razmerje med najvišjim zabeleženim pretokom ($Q_v = 51,4 \text{ m}^3/\text{s}$) in srednjim

pretokom ($Q_s = 2,207 \text{ m}^3/\text{s}$) v obravnavanem obdobju (1980-2011) nakazuje na to, da ima Paka hudourniški značaj.

Paka ima dežno-snežni rečni režim za katerega je značilen višek v mesecu aprilu (lahko tudi v marcu ali maju), ki je predvsem posledica taljenja snega. Sekundarni višek pa se pojavi v mesecu novembru zaradi obilnih padavin. Minimum padavin se pojavi v mesecu avgustu (redkeje v septembru) zaradi evapotranspiracije in pomanjkanja padavin. Sekundarni nižek s krajšim trajanjem pa se pojavi pozimi [27].



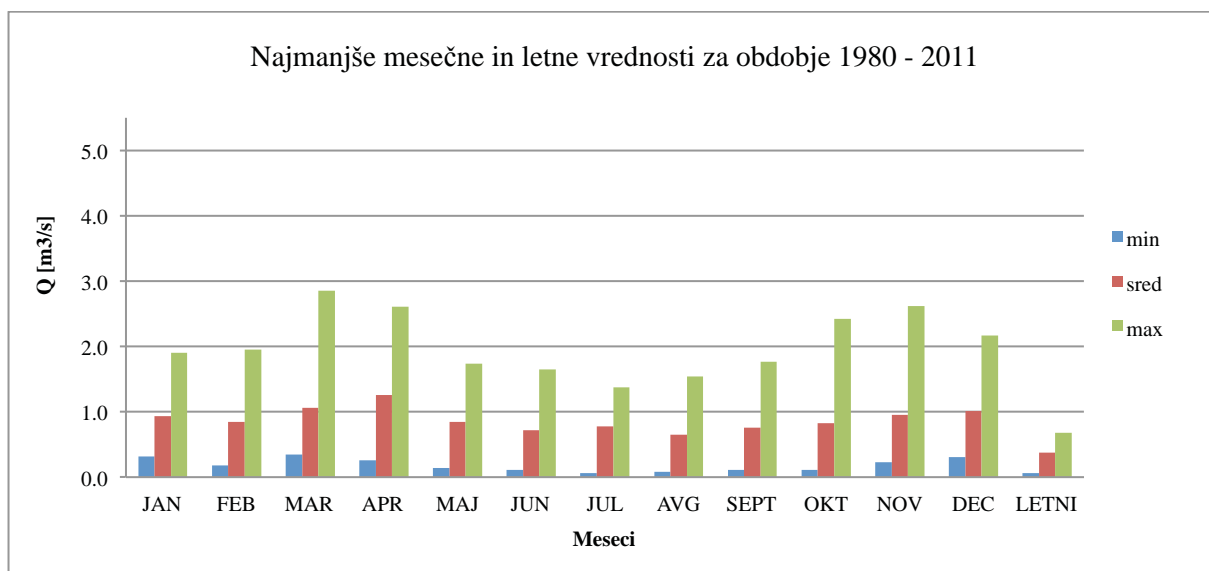
Slika 22: Reka Paka in njeni pritoki med merilno postajo in izbrano lokacijo, [22]

Med merilno postajo in izbrano lokacijo se reki Paki pridružijo še trije potoki (Klančnica, Toplica in Šentflorjanščica) kot prikazuje Slika 22, vendar nimamo podatkov o njihovih pretokih, zato jih za izračun te diplomske naloge ne bomo upoštevali. Pravtako pa so pridobljeni podatki iz merilne postaje že količinsko okrnjeni, saj se merilno mesto nahaja dolvodno od odvzemnega mesta za TEŠ (Termoelektrarno Šoštanj), ki uporablja vodo iz reke Pake za svoje delovanje.

V Tabeli 2 in na Grafikonu 6 so prikazani pretoki, ki smo jih pridobili iz tabele Pregled najmanjših mesečnih in letnih vrednosti – Q_{np} (PRILOGA A) [28]. Tabela prikazuje podatke za minimalni (najmanjša vrednost pretoka, če gledamo določen mesec), srednji (povprečna vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) ter maksimalni (največja vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) pretok za najmanjše mesečne vrednosti. Pravtako so na isti način določene vrednosti za letni minimum, povprečje ter maksimum, le da v tem primeru obravnavamo podatke za letne minimume.

Tabela 2: Najmanjše mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	letni
min	0.320	0.175	0.346	0.262	0.139	0.107	0.059	0.081	0.107	0.110	0.230	0.302	0.059
sred	0.930	0.844	1.058	1.254	0.843	0.720	0.776	0.649	0.761	0.824	0.953	1.010	0.378
max	1.900	1.950	2.850	2.610	1.740	1.650	1.370	1.540	1.770	2.420	2.620	2.170	0.676



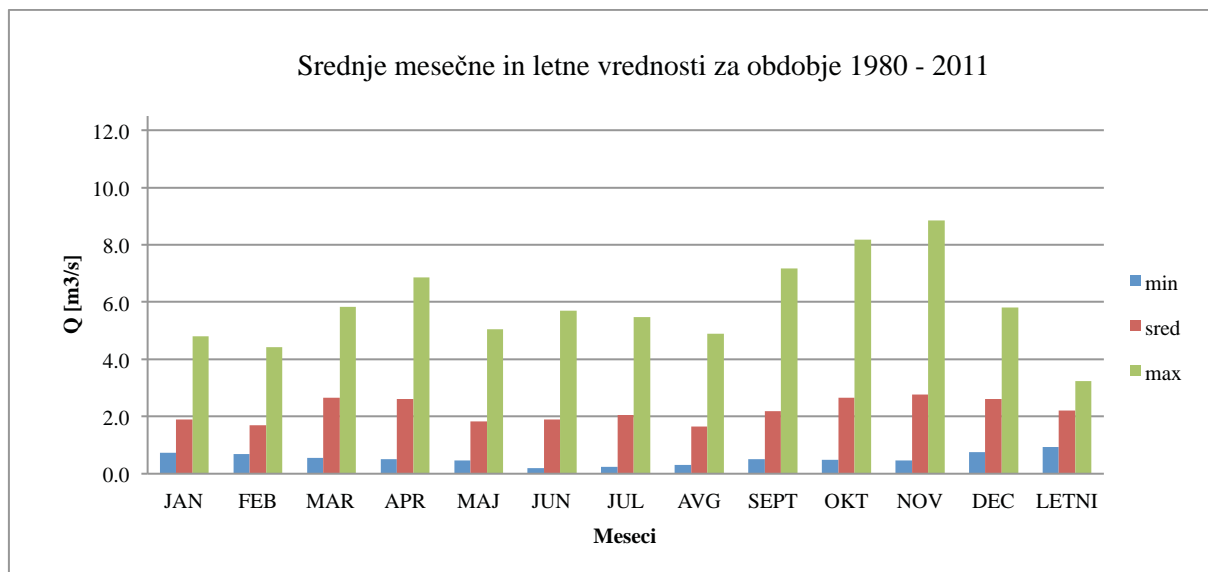
Grafikon 6: Najmanjše mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

Iz pridobljenih podatkov lahko razberemo biološki minimum, ki predstavlja srednji najmanjši letni pretok - Q_{bmin} (0,378 m³/s), vendar bomo le tega preverili še glede na določitev uredbe, ki določa kriterije za določitev ter način spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka oz. biološkega minimuma.

V Tabeli 3 in na Grafikonu 7 so prikazani pretoki, ki smo jih pridobili iz tabele Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti – Q_s (PRILOGA B) [28]. Tabela prikazuje podatke za minimalni (najmanjša vrednost pretoka, če gledamo določen mesec), srednji (povprečna vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) ter maksimalni (največja vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) pretok za srednje mesečne vrednosti. Pravtako so na isti način določene vrednosti za letni minimum, povprečje ter maksimum, le da v tem primeru obravnavamo podatke za letna povprečja. Te podatke bomo lahko uporabili za določitev krivulje trajanja, saj nas najboljše približajo k dejanskemu stanju.

Tabela 3: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

leto	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	letni
min	0.724	0.684	0.546	0.515	0.471	0.200	0.247	0.297	0.498	0.480	0.464	0.757	0.923
sred	1.889	1.692	2.661	2.620	1.836	1.894	2.044	1.641	2.183	2.655	2.762	2.615	2.207
max	4.800	4.420	5.830	6.870	5.040	5.700	5.480	4.890	7.180	8.180	8.840	5.810	3.240



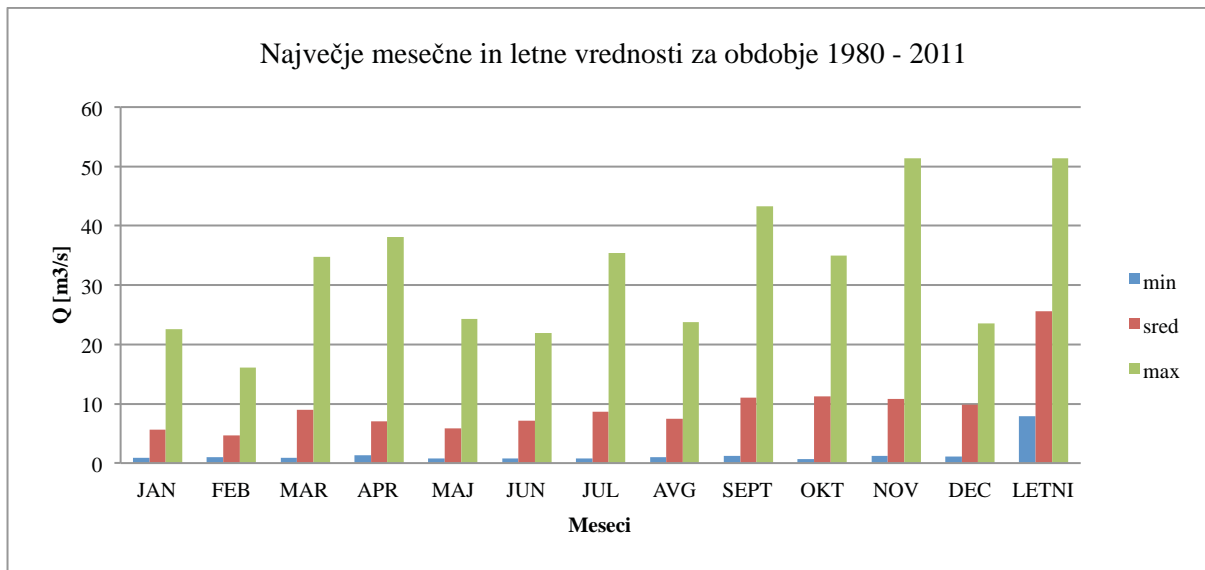
Grafikon 7: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

V Tabeli 4 in na Grafikonu 8 so prikazani pretoki, ki smo jih pridobili iz tabele Pregled največjih mesečnih in letnih vrednosti – Q_{vp} (PRILOGA C) [28]. Tabela prikazuje podatke za minimalni (najmanjša vrednost pretoka, če gledamo določen mesec), srednji (povprečna vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) ter maksimalni (največja vrednost pretoka, če gledamo določen mesec) pretok za maksimalne mesečne vrednosti. Pravtako so na isti način določene vrednosti za letni minimum, povprečje ter maksimum, le da v tem primeru obravnavamo podatke za letne maksimume.

Tabela 4: Največje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

leto	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG
min	0.845	0.958	0.870	1.360	0.786	0.766	0.766	1.040
sred	5.686	4.645	9.015	7.059	5.905	7.133	8.643	7.437
max	22.600	16.100	34.800	38.100	24.300	21.900	35.400	23.800

SEPT	OKT	NOV	DEC	letni
1.160	0.684	1.190	1.090	7.850
10.988	11.233	10.835	9.863	25.615
43.300	35.000	51.400	23.500	51.400



Grafikon 8: Največje mesečne in letne vrednosti pretokov v obdobju 1980-2011

Glede na prikazane podatke v grafikonih lahko potrdimo, da imamo kombiniran rečni režim, kjer sta dve konici pretokov – v mesecu aprilu in mesecu novembru. Torej bomo v teh obdobjih lahko proizvedli več električne energije.

2.3.2 Določitev ekološko sprejemljivega pretoka

Določitev ekološko sprejemljivega pretoka Q_{es} določa Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka [29].

Q_{es} je opredeljen s količino in kakovostjo vode in zagotavlja ohranitev naravnega ravnovesja v vodnem in obvodnem ekosistemu. Ekološko sprejemljivi pretok ne poslabšuje ekološkega stanja vode. Ob tem je potrebno ohraniti naravno dinamiko visokih voda in zagotoviti pretok plavin z namenom uravnave ekološkega ravnovesja dolvodno pod pregrado [30].

Ekološko sprejemljivi pretok se na podlagi hidroloških izhodišč določi z naslednjo enačbo:

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

kjer je:

Q_{es} - ekološko sprejemljivi pretok,

f - faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka,

${}_sQ_{np}$ - srednji mali pretok.

Uredba določa izračun ${}_sQ_{np}$ po naslednji enačbi:

$${}_sQ_{np} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Q_{np,i}}{N}$$

kjer predstavlja $Q_{np,i}$ najmanjši srednji dnevni pretok v i -tem koledarskem letu, N pa število let v opazovalnem obdobju (običajno za 30 let).

Vrednost faktorja f določimo glede na Preglednici 1 ali 2 (PRILOGA D), odvisen pa je od:

- nepovratnega ali povratnega odvzema vode,
- dolžine povratnega odvzema vode,
- količine odvzema, opredeljene glede na vrednost srednjega pretoka na mestu odvzema,
- skupine ekoloških tipov vodotokov in
- razmerja med srednjim in srednjim malim pretokom.

Podatke za določitev faktorja f smo pridobili na spletni strani Atlas okolja.

Upoštevamo povratni odzem (Preglednica 2 – PRILOGA D), velikost prispevne površine 100 – 1.000 km², ter 1. skupino ekološkega tipa. Po bioregiji sodi reka Paka v Panonske ravni z alpskim vplivnim območjem, po ekoregiji spada v skupino 11, torej lahko vodotok uvrstimo v 1. skupino ekološkega tipa (PRILOGA E).

Za nadaljnjo določitev moramo preveriti razmerje med srednjim in srednjim malim pretokom, ki smo ju določili v prejšnjem poglavju (Hidrološki podatki) in znašata:

$${}_sQ_{np} = 0,378 \text{ m}^3/\text{s}$$

$${}_sQ_s = 2,208 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{{}_sQ_s}{{}_sQ_{np}} = 5,84 < 20$$

Ker je razmerje manjše od 20, faktorja f ne množimo z številom 1,6 kot določa uredba.

Tabela 5: Izračun faktorja f za različne načine odvzema

Odvzem	Faktor f	$Q_{es} = f * {}_sQ_{np}$
Točkoven odzem	0,5	$Q_{es} = 0,189$
Kratek odzem celo leto ali dolg odzem v sušnem obdobju	1	$Q_{es} = 0,378$
Dolg odzem v vodnatem obdobju	1,6	$Q_{es} = 0,6048$

Glede na Tabelo 5 izberemo Q_{es} , ki ustreza kratkemu odvzemu celo leto ali dolgemu odvzemu v sušnem obdobju ($Q_{es} = 0,378 \text{ m}^3/\text{s}$).

2.3.3 Krivulja trajanja

Osnovna podlaga za analizo pretokov površinskih voda sta hidrogram (sprememba pretokov v času) in krivulja trajanja ali empirična porazdelitev pretokov za določeno obdobje [31].

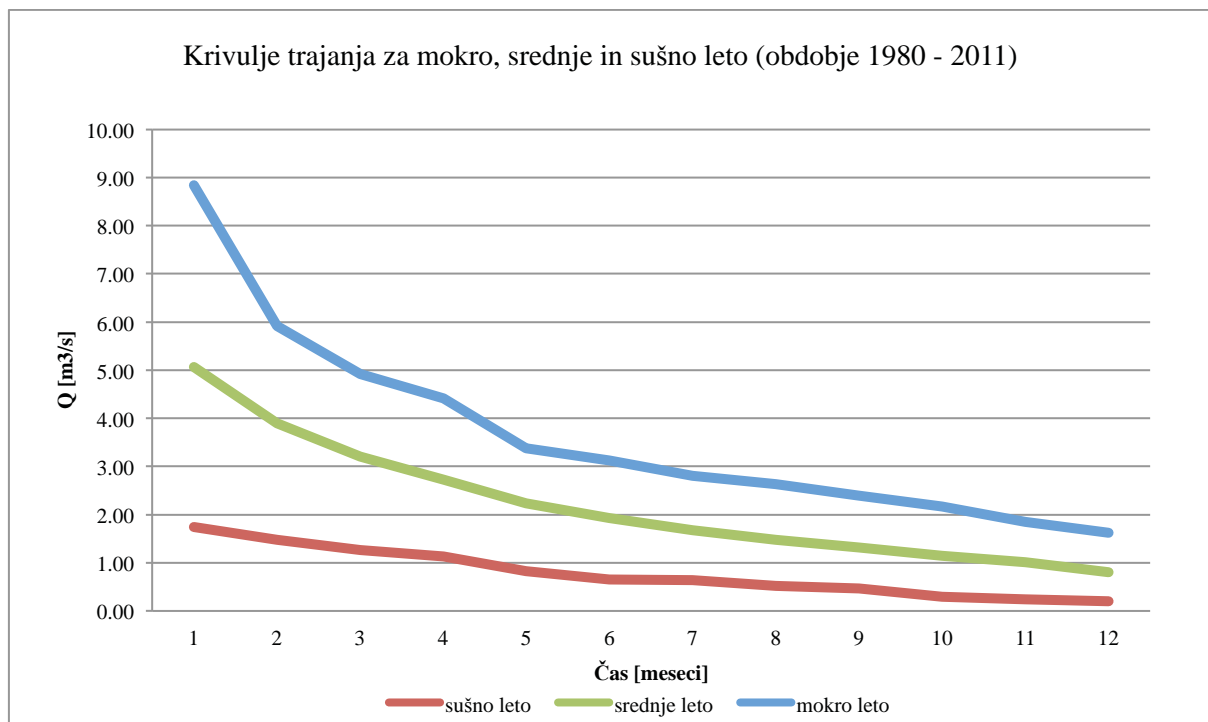
Pri izbiri vrste in velikosti turbine, pri računanju trajanja obratovanja s polno močjo in pri ocenitvi proizvedene energije za izmerjeni padec in normalni nizki pretok, moramo poznati pretoke večje od izmerjenega in njihovo trajanje. Te podatke lahko pridobimo na podlagi krivulje trajanja, ki nam pove, koliko dni v letu imamo več vode od normalno nizkega pretoka [16].

Na podlagi tabele Pregled srednjih mesečnih in letnih vrednosti – Qs (PRILOGA B) določimo krivulje trajanja nizkih (sQn), srednjih (sQs) in največjih (sQv) srednjih mesečnih in letnih vrednosti pretokov za obdobje 1980-2011.

Krivulje trajanja sQn (sušno leto), sQs (srednje leto) in sQv (mokro leto) smo določili tako, da smo za vsako leto posebej na podlagi enomesečnih pretokov naredili krivuljo trajanja. Tako smo dobili 31 krivulj trajanja. Na podlagi teh krivulj smo nato določili vseh krivulj nizki, srednji in največji enomesečni pretok. Tako smo za določitev suhega leta za vsak mesec posebej izbrali najmanjši mesečni pretok, za določitev srednjega leta smo določili za vsak mesec posebej povprečni mesečni pretok in za določitev mokrega leta smo izbrali za vsak mesec posebej največji mesečni pretok. Dobili smo naslednje rezultate, ki so prikazani v Tabeli 6 in na Grafikonu 9.

Tabela 6: Krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto.

Meseci	sQn	sQs	sQv	
1	1,740	5,064	8,840	
2	1,480	3,899	5,910	
Q3	3	1,270	3,203	4,920
4	1,130	2,726	4,420	
5	0,826	2,239	3,380	
Q6	6	0,658	1,934	3,130
7	0,634	1,671	2,800	
8	0,515	1,483	2,640	
Q9	9	0,471	1,315	2,390
10	0,297	1,148	2,170	
11	0,247	1,007	1,850	
Q12	12	0,200	0,804	1,620



Grafikon 9: Krivulje trajanja za sušno, srednje in mokro leto.

2.4 Geodetski podatki

Za potrebe diplomske naloge je bil na podlagi geodetske izmere izdelan geodetski načrt, kjer so bili terensko zajeti in obdelani podatki za obstoječe stanje vodotoka Paka na lokaciji nove gradnje mHE.

Za izhodišče smo uporabili poligonske točke 600001 - 600002 pridobljene z GPS metodo in transformirane v GK koordinatni sistem z datumom D48.

Merjenje detajlnih točk na območju trase izvedenih del je potekalo po polarni metodi z merjenimi poševnimi dolžinami in prisilnim centriranjem inštrumenta.

Na terenu je bilo zajeto oz. posneto stanje terena (glavne točke ceste, brežin, struge, mostu, objekti ter morebitna komunalna opremljenost). Podatki zajeti na terenu so bili nato preračunani s programskim paketom PLATEIA 2009, grafično pa obdelani s programskim paketom AutoCad Map 2009.

Za meritve poligonske mreže in detajla so bili uporabljeni naslednji instrumenti: LEICA TCR 803 Power, GPS LEICA 900CS, trinožnik ter enojna prizma.

Meritve na terenu je opravila ekipa, katero so sestavljali Matija Špacapan, Denis Pučko, Maks Kvas (univ. dipl. inž. geod.) in jaz. Slika 23 prikazuje ekipo pri opravljanju meritev.

Geodetski načrt v merilu 1:500, ki ga je izdelalo podjetje Geomatik d.o.o., je sestavni del diplomske naloge (Priloga F).



Slika 23: Terenske meritve Pake (Čebul, 2013)

2.5 Obdelava podatkov v HEC RAS

Računalniški program HEC RAS je zasnovala ekipa inženirjev ameriške vojske (US Army Corps of Engineers) z namenom, da bi podpirali svoj narod v odgovornem upravljanju z vodnimi viri, ter da bi povečali tehnične zmogljivosti hidrološkega inženiringa, načrtovanja in upravljanja vodnih virov. HEC RAS je le eden od programske opreme, ki jo je razvil hidrološki inženirski center. HEC RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) spada v programsko skupino "Next Generation" (NexGen), ki omogoča izvedbo enodimenzionalnega stalnega toka, nestalnega toka, transport sedimentov ter modeliranje temperature vode.

S pomočjo omenjenega programa lahko izvedemo hidravlični model, kateremu določimo geometrijo, pretoke in robne pogoje.

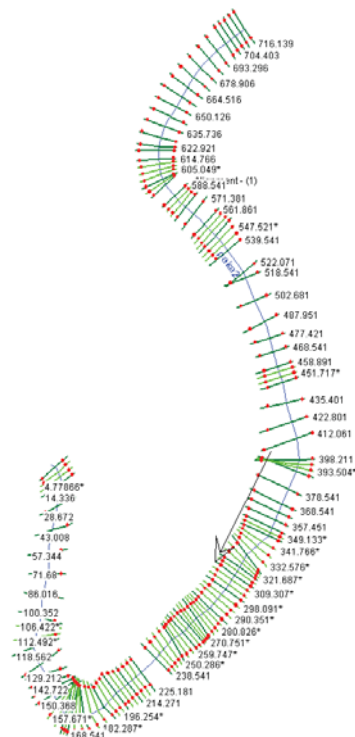
Podatke pridobljene z geodetskimi meritvami smo od geodeta dobili v .dwg formatu, jih nato v AutoCAD Civil 3D obdelali in izvozili v HEC RAS. V HEC RAS smo uvozili podatke iz AutoCAD-a (tloris in prečni prerezi) in dobili potek struge s profili, kot prikazuje Slika 24.



Slika 24: Tloris z prečnimi prerezi – Hec Ras

Nato smo vsem prečnim prezeom določili Manningov koeficient glede na stanje vodotoka. Koeficient smo določili glede na tabelo v PRILOGI G, vrednosti koeficientov pa se gibljejo od 0,03 do 0,06.

Zaradi neenakomernosti toka, je bilo potrebno zgostiti število prečnih prezev. Interpolacijo smo izvedli avtomatsko z uporabo funkcije XS Interpolation, Between 2 XS's; torej smo interpolirali prečne prezeze med posameznimi profili, kjer je to zahteval program in dobili situacijo z zgoščenimi profili, kot prikazuje Slika 25.



Slika 25: Tloris z interpoliranimi prečnimi prerezi – Hec Ras

Ko so bili geometrijski podatki vnešeni, smo podali podatke o stalnem toku (Steady Flow Data). Pretoke smo podali za različne karakteristične pretoke, ki so podani v Tabeli 9.

Tabela 7: Karakteristični pretoki in njihove oznake v programu Hec Ras.

	Q_{nk}	sQ_{np}	sQ_s	sQ_{vp}	Q_{vp}	Q_{vk}
Oznaka v Hec Ras-u	PF 1	PF2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6
Q [m^3/s]	0,059	0,378	2,207	25,615	51,4	112,0

Oznake obdobjnih vrednosti pretokov:

Q_{nk} – najmanjši pretok

sQ_{vp} - srednji veliki pretok v obdobju

sQ_{np} - srednji mali pretok v obdobju

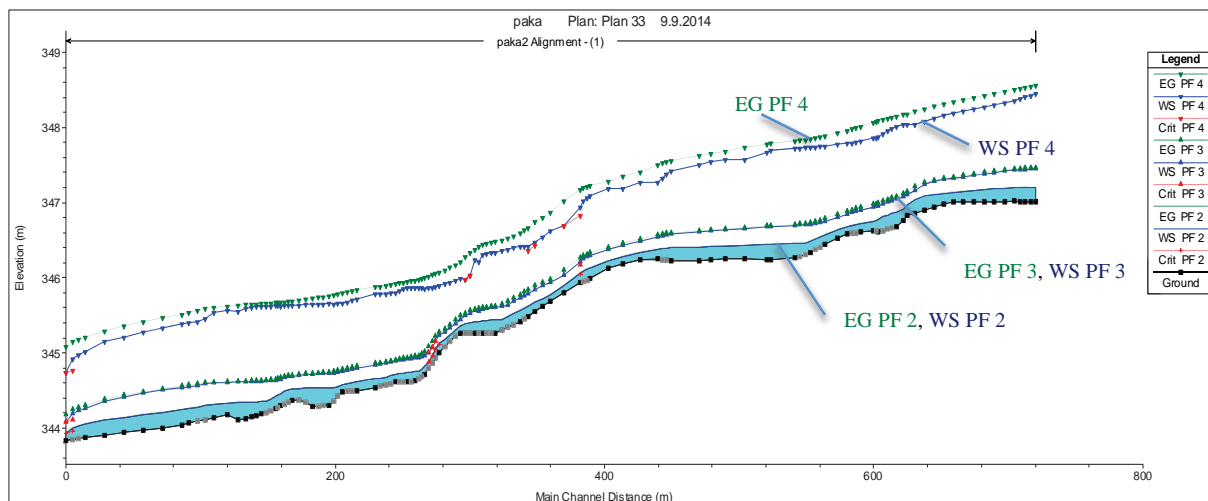
Q_{vp} - največji srednji pretok v obdobju

sQ_s - srednji pretok v obdobju

Q_{vk} – največji pretok

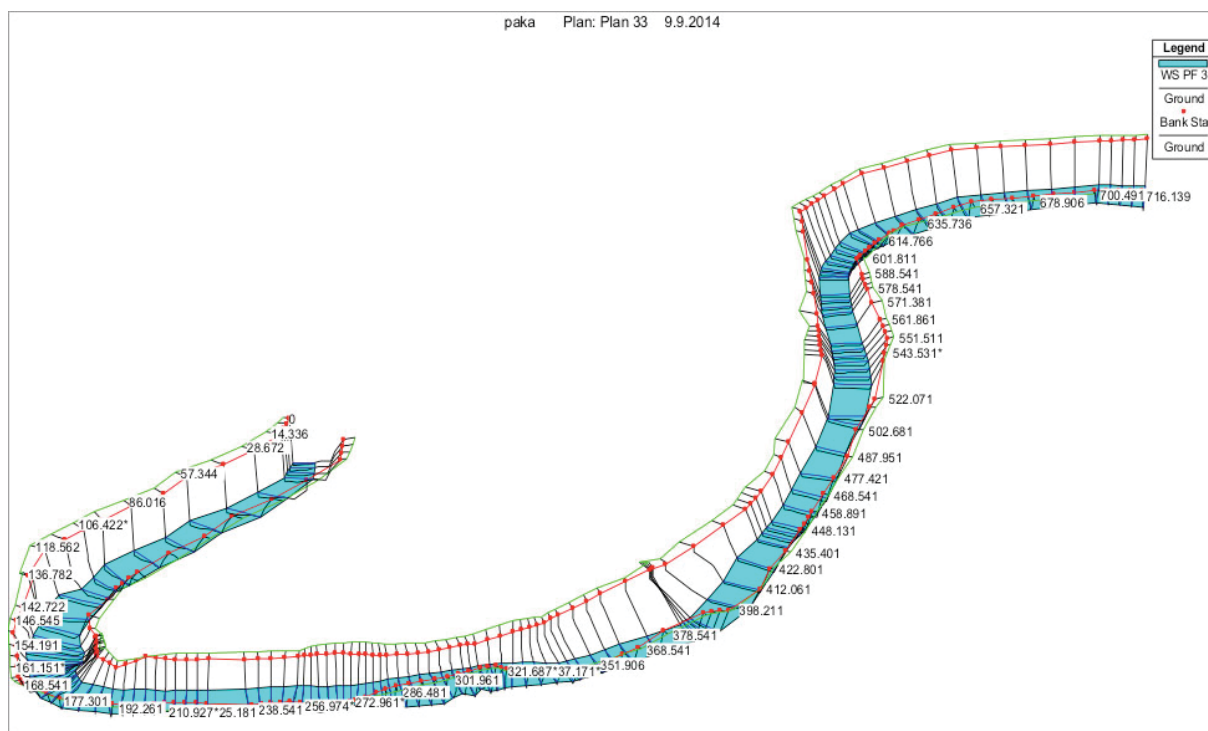
Za robne pogoje (Boundary Conditions), ki so nujno potrebni za začetek izračuna, s katerimi nakažemo začetno stanje gorvodno ali dolvodno na odseku, smo izbrali kritično globino (Critical Depth).

Ko izvedemo izračun za mirni tok (Subcritical), dobimo rezultat za vzdolžni prerez z vodno gladino, ki jih prikazuje Slika 26.



Slika 26: Vzdolžni prerez za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.

Na Sliki 27 je prikazan izris vodotoka v prostoru, ki smo ga dobili z izbiro opcije X-Y-Z Perspective Plots v programu HEC RAS.



Slika 27: 3-D pogled na vodotok pri sQ_{vp} , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, WS – vodna gladina za izbrani pretok PF 3 ($2,207 \text{ m}^3/\text{s}$) in Bank Sta – meja struge.

2.5.1 Prag

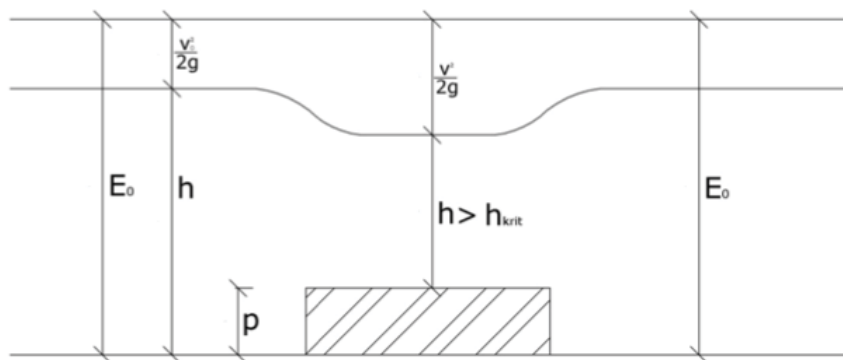
Za izvedbo tlačnega cevovoda, potrebujemo primeren padec, ki ga dosežemo z vgraditvijo pragu na prečnem profilu 539.541. Lokacijo postavitve pragu prikazuje Slika 28.



Slika 28: Tloris situacije z označenim vnešenim pragom.

Pri določitvi širokega praga nas zanima če se pojavi prerez z kritično globino in vpliv na zajezitev pri stoletnih vodah. Pri izračunu smo upoštevali naslednje predpostavke:

- korito struge pred pregrado je pravokotno,
- višina gladine h je vzeta iz hidravličnega modela HEC RAS.



Slika 29: Široki prag, [32]

$$Q_{100} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 15,45 \text{ m}$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$p = 1,2 \text{ m}$$

$$S = 44,63 \text{ m}^2$$

$$v_0 = \frac{Q}{S} = 2,9 \text{ m/s}$$

$$E_0 = h + \frac{v_0^2}{2g} = 4,432 \text{ m}$$

$$h_{krit} = h + \frac{v_0^2}{2g} = 1,93 \text{ m}$$

Iz pogoja za pravokotno korito $Fr^2 = 1$ sledi,

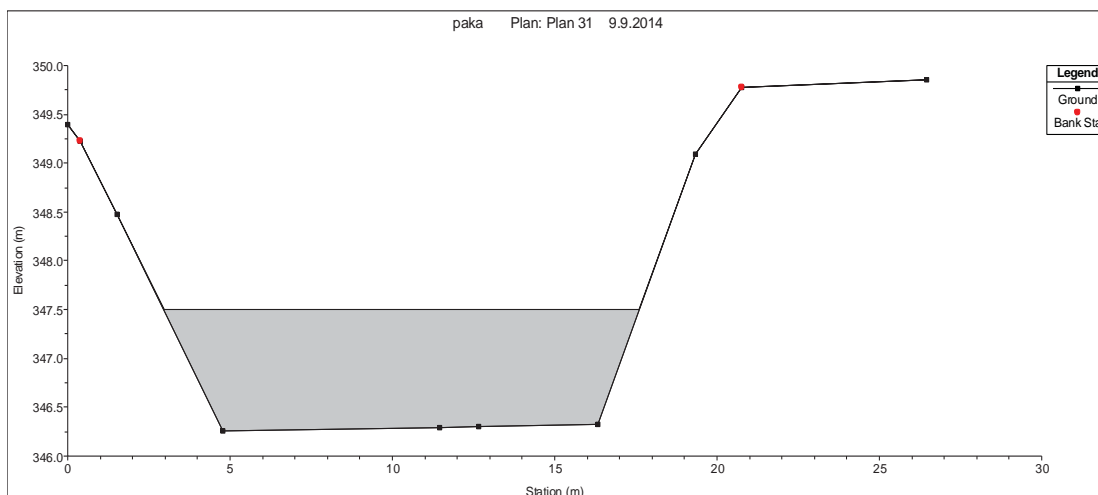
$$v_{krit} = \frac{Q}{h_{krit} * b} = 4,36 \text{ m/s}$$

$$E_0 = h_{krit} + \frac{v_0^2}{2g} + p_{max} \rightarrow p_{max} = E_0 - h_{krit} - \frac{v_0^2}{2g} = 1,53 \text{ m}$$

$$p < p_{max}$$

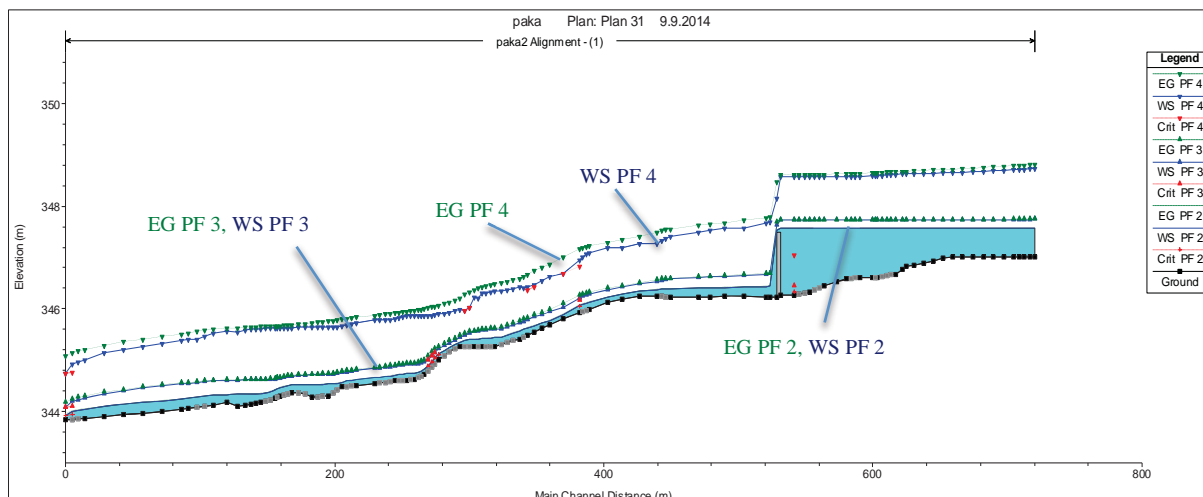
Glede na izračun, je izbrana višina primerna za naš primer.

V sistem dodamo prag do višine 347.5 m n.m.v. in širine 2 m, kot prikazuje spodnja slika.



Slika 30: Prag do višine 347.5 m n.m.v. na profilu 539.541

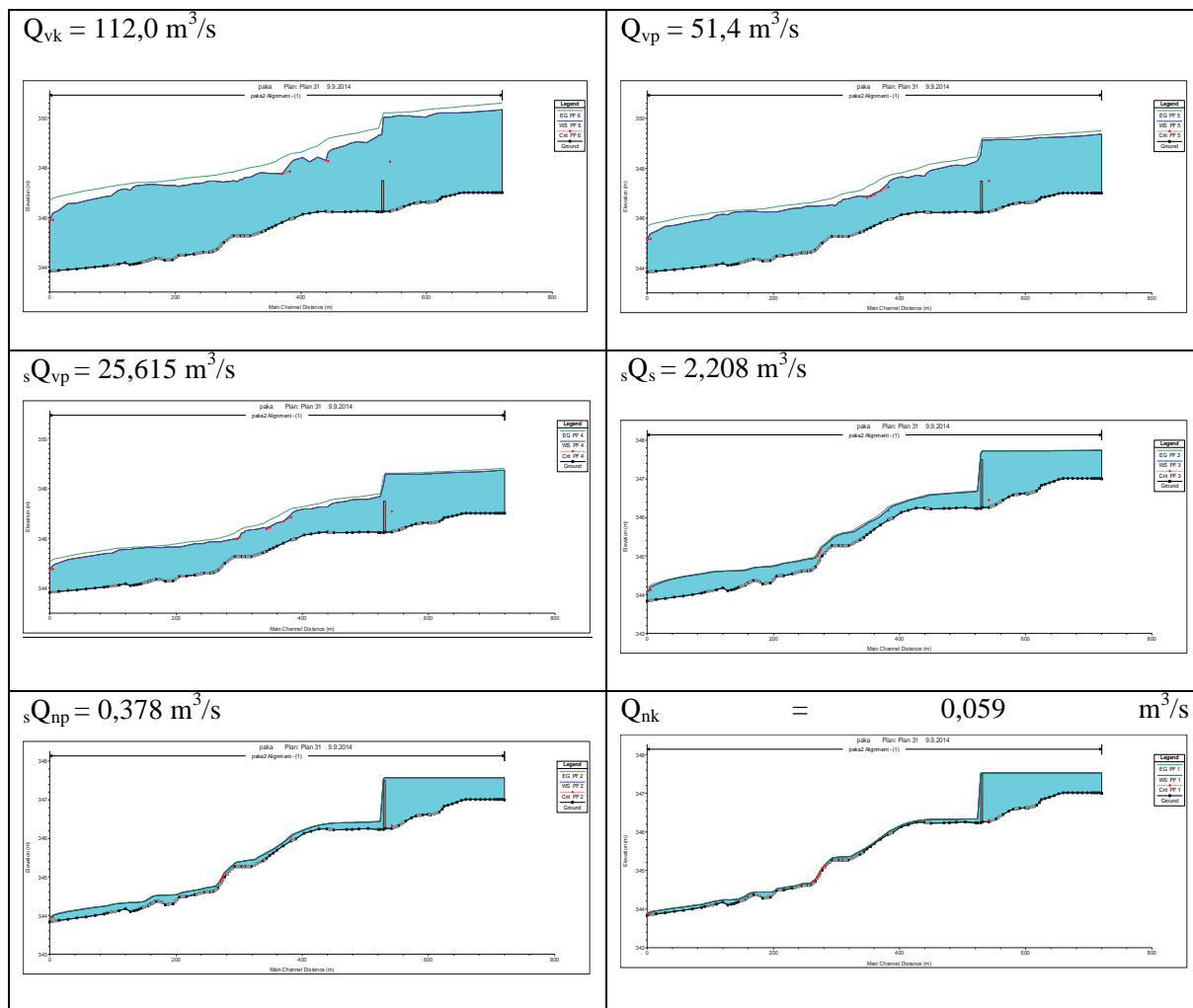
Potek vodne gladine za tri karakteristične računске pretoke (sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s) je razviden na Sliki 31.



Slika 31: Vzdolžni prerez z dodanim pragom za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.

Namen pregraditve struge je, da se dvigne nivo zgornje vode na mestu odvzema vode za energetske proizvodnje in se s tem poveča tudi bruto padec. Na profilu 539.541 tako dobimo z vstavljenim pragom pri srednjem pretoku $2,207 \text{ m}^3/\text{s}$ za 2,22 m višjo vodno gladino.

Slika 32 prikazuje vse posamezne karakteristične prereze z izrisano energijsko črto in vodno gladino.

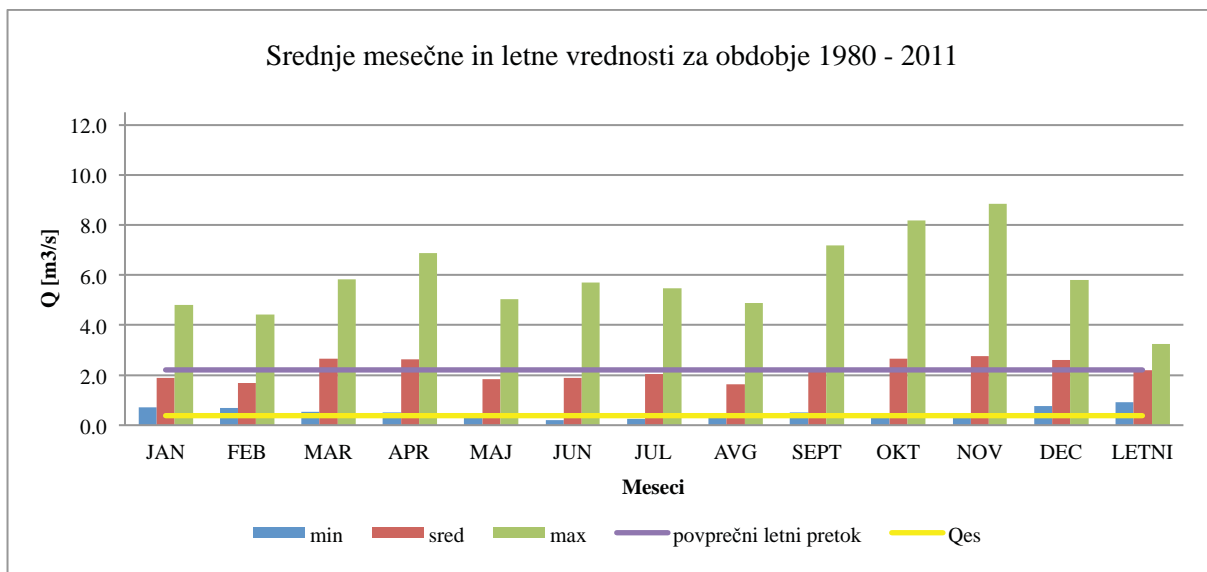


Slika 32: Vzдолžni prerez z vodno gladino in dodanim povišanim pragom za vse karakteristične profile pretoka.

2.6 Vodna bilanca

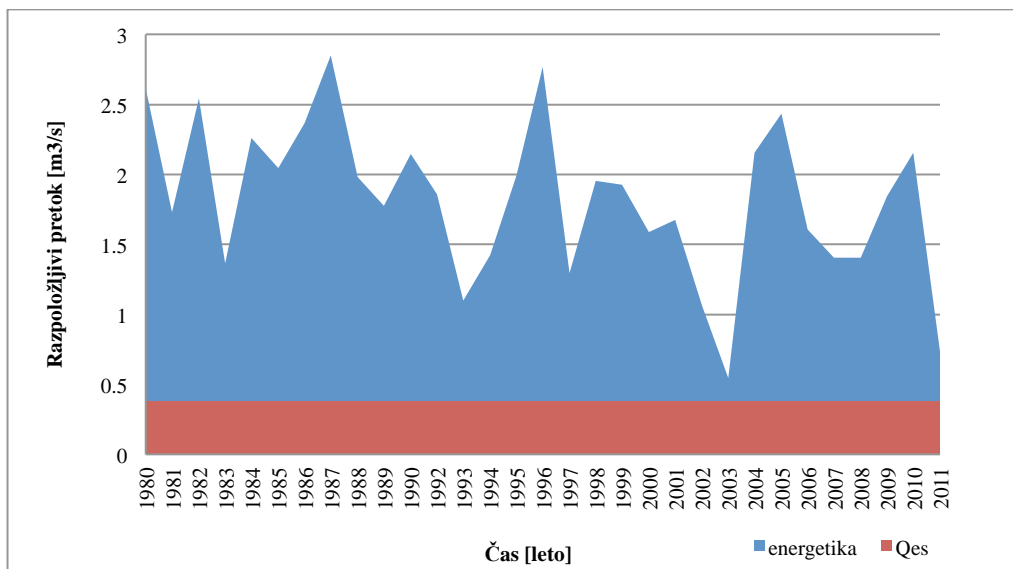
Za izračun vodne bilance potrebujemo podatke o pretokih vode (v našem primeru imamo na voljo dnevne pretoke vode za obdobje 1980-2011) ter biološki minimum, ki ga je potrebno zagotavljati v strugi.

Kot smo že omenili, se pretoki vode med meseci zelo razlikujejo, največje padavine in posledično tudi največjo energijsko proizvodnjo, pa lahko pričakujemo v mesecu aprilu in novembru, kot prikazuje Grafikon 10. Medtem ko je pričakovana najmanjša proizvodnja v mesecu avgustu in v zimskih mesecih.



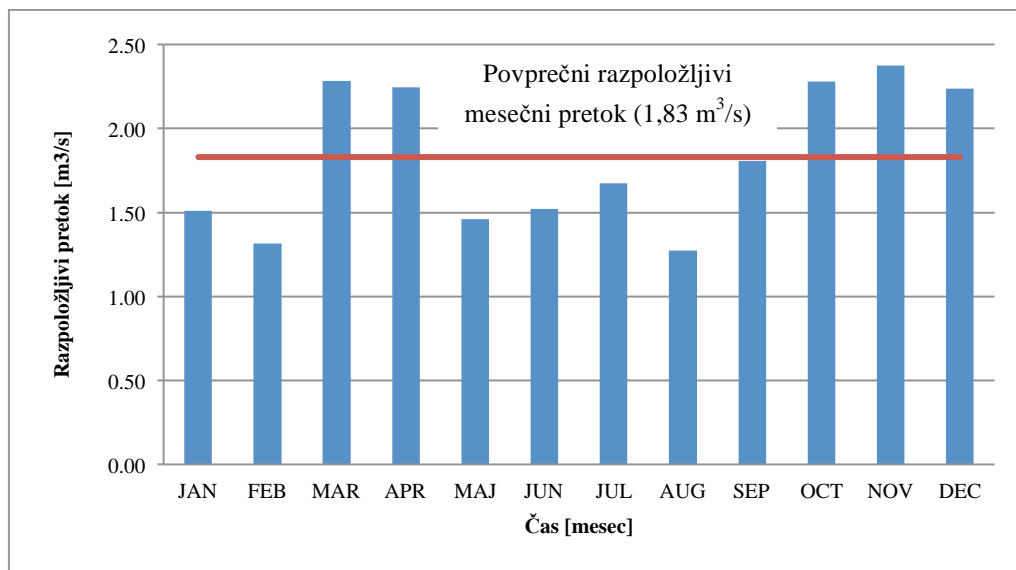
Grafikon 10: Srednje mesečne in letne vrednosti pretokov z vrisanim povprečnim letnim pretokom in biološkim minimumom.

Za izračun energetske proizvodnje nas zanimajo razpoložljive vodne količine, ki so prikazane na Grafikonu 11. Vodne količine smo določili glede na letna povprečja dejanskih dnevnih pretokov za obdobje 1980-2011 in so zmanjšana za vrednost biološkega minimuma, ki ga ne moremo uporabiti za energetske proizvodnje. Povprečna letna razpoložljiva vodna količina v danem obdobju znaša $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Grafikon 11: Razpoložljive letne vodne količine za energetsko proizvodnjo v obdobju 1980-2011

Če analiziramo razpoložljive vodne količine glede na mesečna povprečja v obdobju 1980-2011, znaša povprečni razpoložljivi mesečni pretok $1,83 \text{ m}^3/\text{s}$. Mesečna povprečja prikazuje Grafikon 12.



Grafikon 12: Razpoložljive mesečne vodne količine za energetske proizvodnje v obdobju 1980-2011

Kot je razvidno iz zgornjega grafikona, bomo imeli večjo energetske proizvodnje v spomladanskih in jesenskih mesecih.

2.7 Energetska proizvodnja

Proizvodnjo električne energije bomo računali postopoma, z zviševanjem instaliranega pretoka. Za izhodiščni pretok bomo vzeli ekološko sprejemljivi pretok ($Q_{es} = 0,378 \text{ m}^3/\text{s}$), ki ga bomo povečevali za 250 l/s , oz. za $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, dokler ne bomo dosegli porabe vse razpoložljive vodne količine.

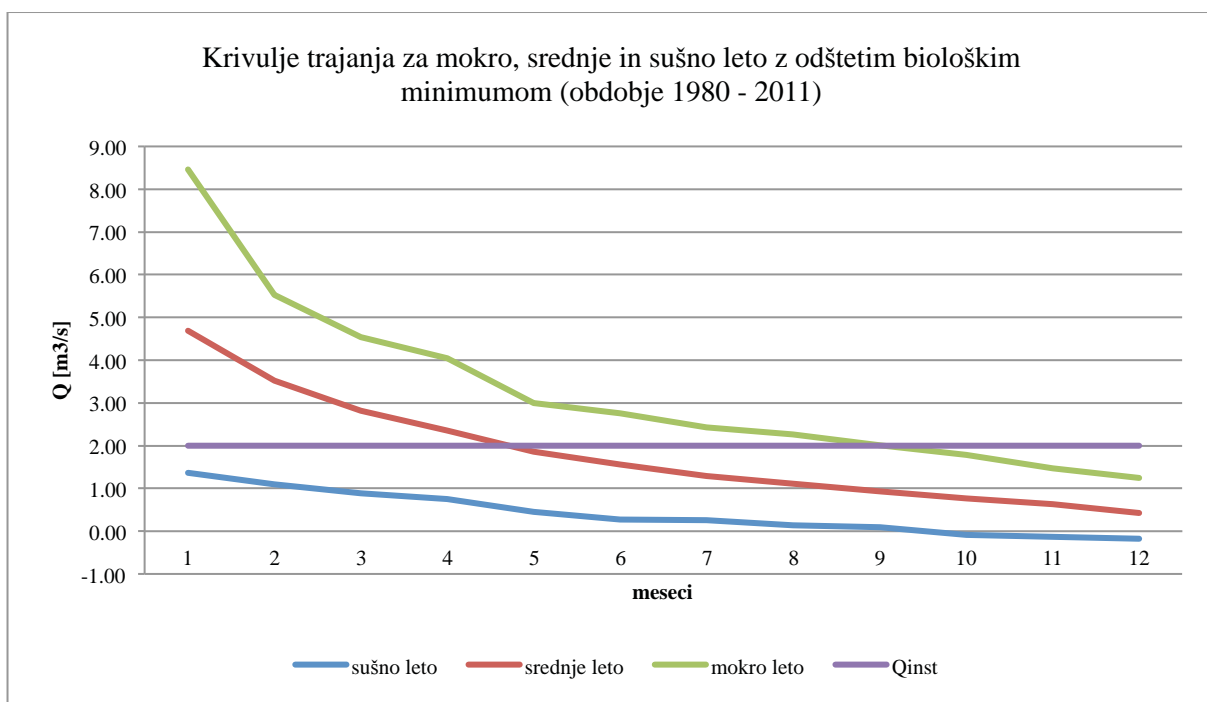
Vodo za energetske porabo bomo pridobili z vstavitvijo pragu, od koder bomo nato odvajali vodo do Bankijeve turbine, ki je glede na dani pretok in padeč najbolj primerna. Izračunali bomo dve možnosti izkoriščanja vodnega potenciala in sicer z dovodom vode do turbine po tunelu dolžine 130 m in z dovodom vode po kanalu dolžine 525 m , ki poteka vzdolž kanala. Ker imamo v obeh primerih derivacijo, je potrebno pogoj za Q_{es} nujno upoštevati.

Najmanjši možen pretok, ki ga moramo ves čas ohranjati, je biološki minimum in znaša $0,378 \text{ m}^3/\text{s}$. Ostali del pretoka, ki je spremenljiv, pa lahko uporabimo za proizvodnjo električne energije. Cilj tega izračuna je, da določimo tip turbine, ki bo za nas najbolj ekonomična. Torej bo za ekonomsko sprejemljivo ceno proizvajala največ električne energije.

Kot pomoč pri izbiri instaliranega pretoka nam pomaga tudi krivulja trajanja, kjer lahko razberemo, kdaj v letu imamo viške vode in kakšni so takrat pretoki. Oceno instaliranega pretoka bomo podali na podlagi krivulj trajanja za mokro, srednje in sušno leto (Grafikon 13), ki smo jih določili v poglavju Krivulje trajanja (2.3.3.) in smo jim odšteli biološki minimum. Če predpostavimo, da bomo imeli pri mHE vzporedni način obratovanja, kjer ni potrebno zagotavljati električne energije celo leto in bomo napajali izključno javno omrežje, lahko na podlagi krivulje za srednje leto ocenimo, da bi instalirani pretok lahko znašal okrog $2 \text{ m}^3/\text{s}$. V tem primeru bi elektrarna delovala z nazivno močjo slabih 5 mesecev, preostanek leta pa bi obratovala z nižjim pretokom od instaliranega.

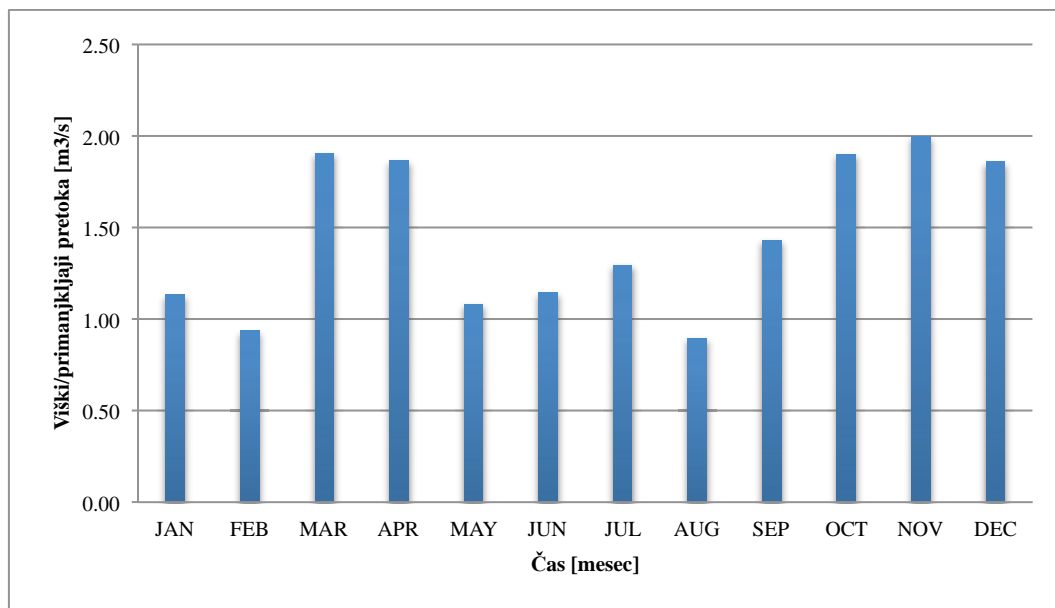
V primeru mokrega leta bi elektrarna delovala z nazivnim pretokom 9 mesecev, preostale tri mesece pa z zmanjšanim instaliranim pretokom. Ker je verjetnost, da bi imela Paka celo leto takšne pretoke, ki so narejeni na podlagi najvišjih pretokov v 31-letnem obdobju zelo majhna, nam ta krivulja ne predstavlja posebne veljave pri izbiri instaliranega pretoka.

Pri krivulji za sušno leto pa je iz grafikona razvidno, da bi elektrarna delovala polovico leta z zmanjšanim instaliranim pretokom, drugo polovico leta pa sploh nebi delovala. Ker imamo tudi v tem primeru ekstremno nizke vrednosti, verjetnost katerih je zelo majhna, tudi te krivulje ne upoštevamo pri izbiri instaliranega pretoka.



Grafikon 13: Krivulje trajanja za mokro, srednje in sušno leto (obdobje 1980-2011) z odštetim biološkim minimumom in označenim instaliranim pretokom

Na naslednjem grafikonu, ki prikazuje povprečne mesečne viške v obdobju 1980-2011 za instalirani pretok $0,378 \text{ m}^3/\text{s}$ je razvidno, da imamo največje viške v obdobju od oktobra do decembra ter v obdobju marec-april. Najmanjši viški pa nastopijo v poletnem obdobju, z minimumom v avgustu.



Grafikon 14: Povprečni mesečni viški/primanjkljaji pretoka pri instaliranem pretoku 0,378 m³/s.

Že na začetku računa lahko glede na razpoložljive pretoke sklepamo, da bomo obratovali z majhnim instaliranim pretokom, saj so pretoki reke Pake občutno nizki zaradi odvzema vode za obratovanje Termoelektrarne Šoštanj.

2.8 Razpoložljivi pretoki

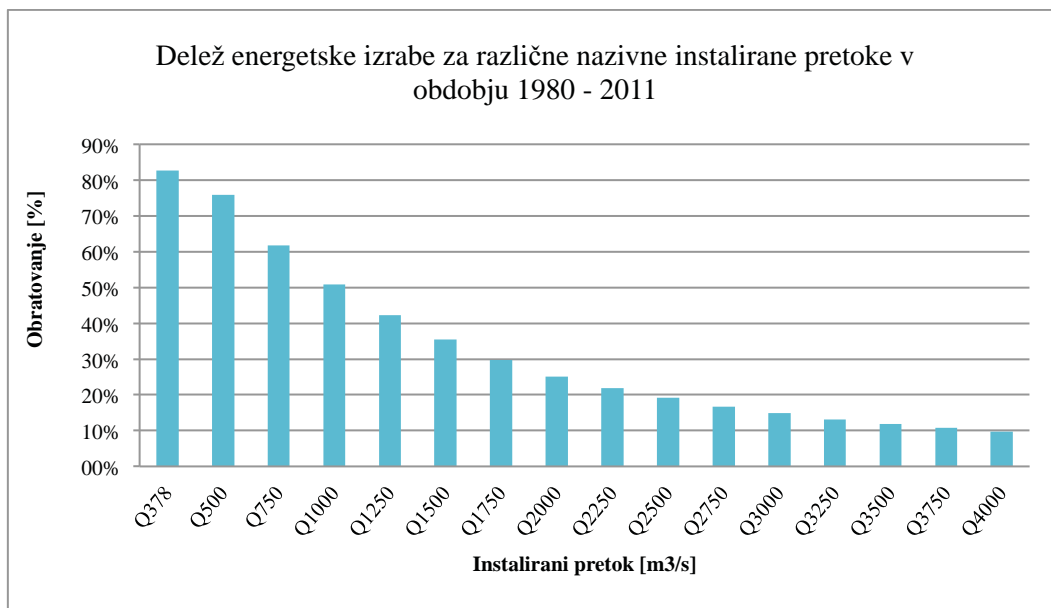
Postopek izračuna energetske proizvodnje smo izvedli za vsak dan posebej v obdobju 1980-2011, z uporabo različnih instaliranih pretokov (0.378 m³/s, 0.5 m³/s, 0.75 m³/s, ..., 4.0 m³/s). Pri tem smo začeli z instaliranim pretokom, ki znaša toliko kot biološki minimum.

Najprej smo od dejanskega pretoka odšteli biološki minimum, ki ga moramo spuščati dolvodno po strugi in dobili pretok, ki ga lahko uporabimo za proizvodnjo električne energije – Q_t (tehnični pretok). Torej bomo po strugi spuščali biološki minimum, višek pretoka pa uporabljali za energetsko proizvodnjo.

$$Q_t = Q_{dej} - Q_{es}$$

Primanjkljaji vode se kažejo v negativnem tehničnem pretoku (Q_t), kar pomeni, da je dejanski pretok tako majhen, da niti ne zadostuje pogoju biološkega minimuma in v tem primeru turbina ne obratuje (nimamo proizvodnje električne energije), zato uvedemo prekinitve delovanja turbine. Po strugi bomo spuščali le biološki minimum, mala HE pa bo torej delovala le takrat, ko bomo imeli viške pretoka. Če le-teh ne bo, bomo prekinili delovanje.

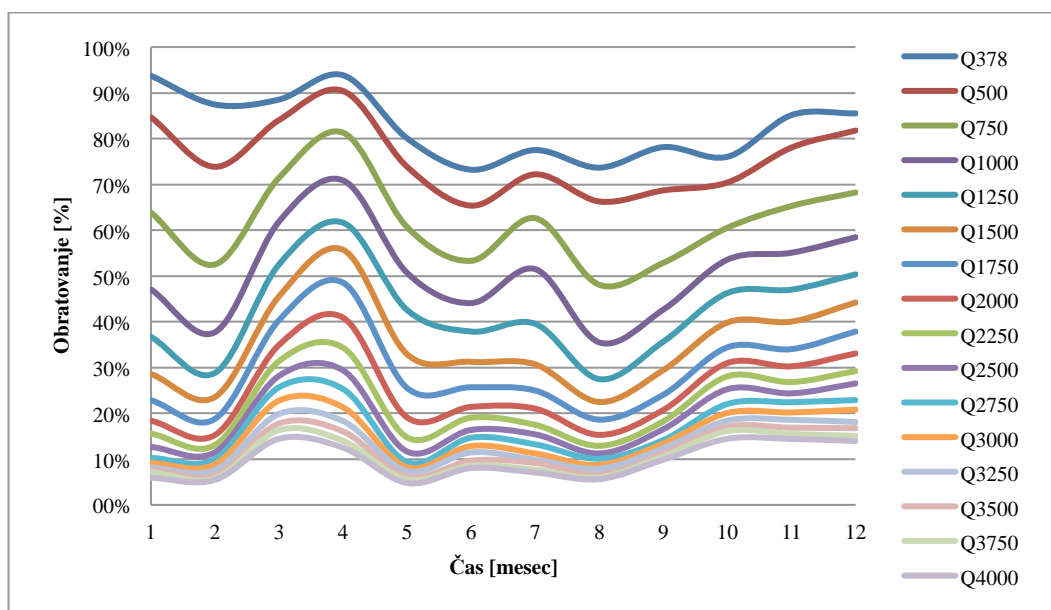
Da pa bomo dobili bolj jasen vpogled na dane pretoke, smo se omejili samo na pretoke, ki zadostujejo izbranemu nazivnemu instaliranemu pretoku. Analizirali smo delež letne proizvodnje v obdobju, ko elektrarna obratuje z nazivnim pretokom, kar je prikazano na Grafikonu 15.



Grafikon 15: Delež energetske izrabe za različne nazivne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011.

Glede na podatke na zgornjem grafikonu obratuje elektrarna z nazivnim pretokom 0,378 m³/s 303 dni v letu, torej se že pri minimalnem instaliranem pretoku pojavijo primanjkljaji, ki so posledica daljšega sušnega obdobja po 6 mesecev v letih 1993 in 2003 in večih enomesečnih primanjkljajih. V primeru nazivnega pretoka 4,0 m³/s pa elektrarna obratuje le 35 dni v letu. Z zviševanjem instaliranega pretoka se torej primanjkljaji večajo, obdobja primanjkljajev se daljšajo in večja se njihova pogostost.

Če podatke analiziramo še po mesečnih povprečjih, glede na posamezne nazivne instalirane pretoke, kot prikazuje naslednji grafikon, lahko potrdimo, da je energetska proizvodnja večja v obdobju oktober-januar ter marec-april, medtem ko imamo nižjo proizvodnjo v poletnih mesecih.

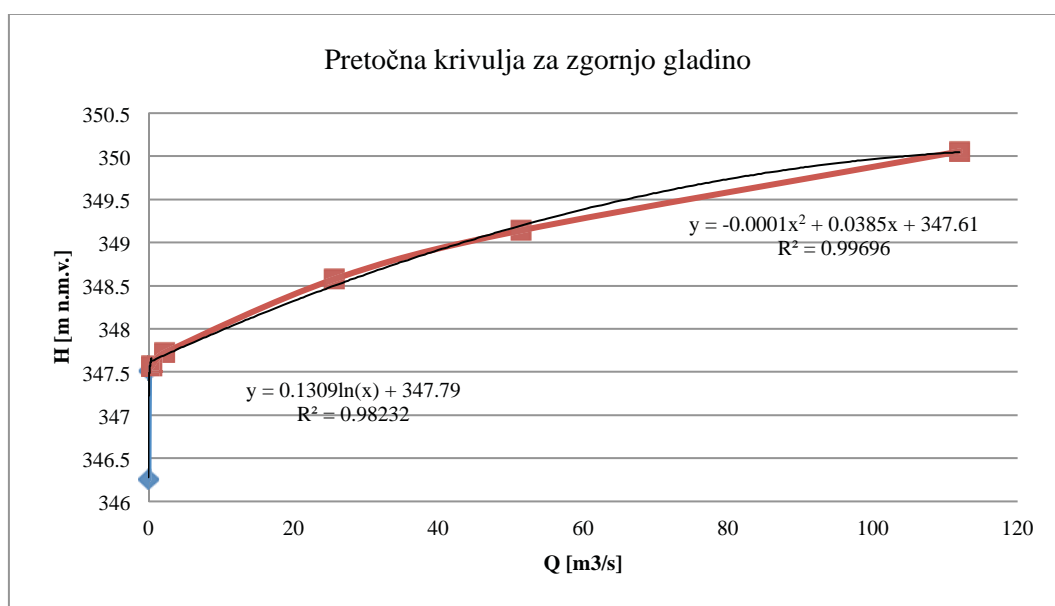


Grafikon 16: Povprečna mesečna energetska izraba v obdobju 1980-2011 za različne nazivne instalirane pretoke.

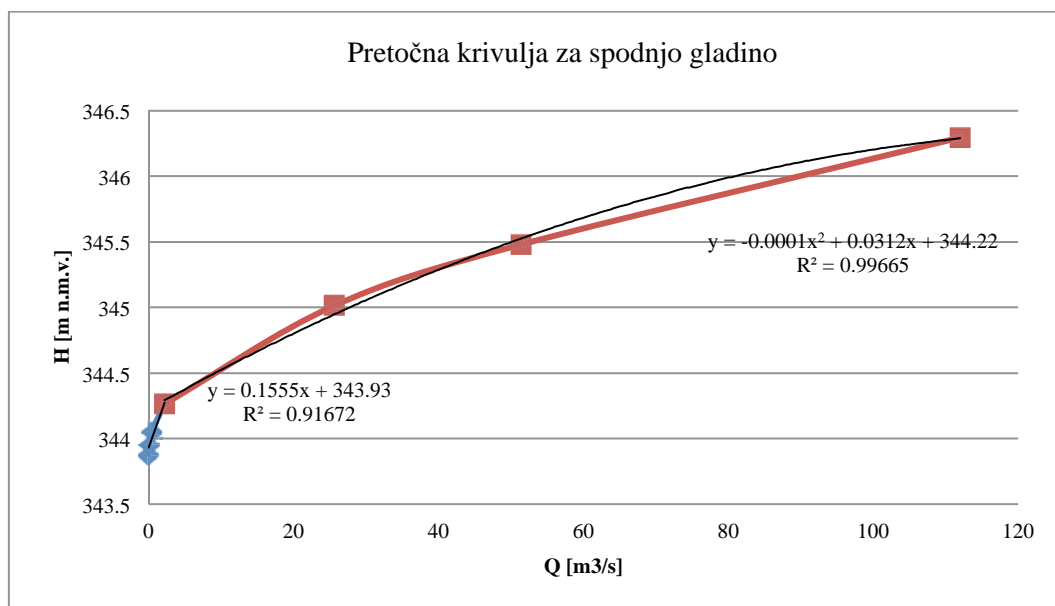
2.8.1 Izračun energetske proizvodnje

Proizvodnjo energije bomo izračunali za vsak obratovalni režim posebej. Na ta način bomo s postopnim zviševanje instaliranega pretoka lažje določili tistega, ki bo najbolj ustrezal energetski proizvodnji in s tem izrabi razpoložljive vode.

Za nadaljni izračun potrebujem podatke o bruto padcu, ki predstavlja razliko med koto gladine zgornje vode, ter koto gladine spodnje vode. Obe koti se spreminjata v odvisnosti od pretoka, njuni formuli pa smo pridobili iz pretočne krivulje iz programa HEC RAS (Grafikona 17 in 18). Obe koti gladine smo izračunali za vse dnevne pretoke v obdobju 1980-2011 in tako dobili za vsak dan bruto višinsko razliko.



Grafikon 17: Pretočna krivulja za profil 539.541



Grafikon 18: Pretočna krivulja za profil 14.336

Če želimo izračunati proizvedeno energijo, potrebujemo tudi podatek o moči turbine za vsak dan posebej, ki ga izračunamo po formuli:

$$P = \rho * g * H_{neto} * Q_{inst} * \eta_t [W]$$

kjer je:

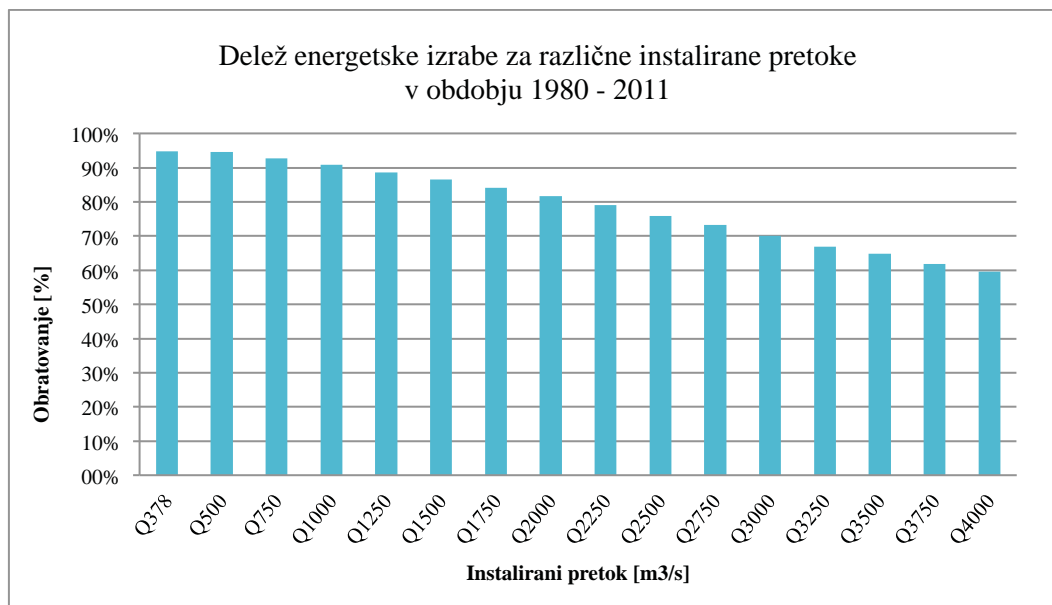
- ρ ... gostota vode [1000 kg/m^3]
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$... težni pospešek
- H_{neto} ... neto višinska razlika [m],
- $H_{bruto} = H_{zg} - H_{sp}$... bruto višinska razlika med kot zgornje vode in koto spodnje vode [m],
- Q_{inst} ... instalirani pretok skozi turbino [m^3/s],
- $\eta_t = 0,86$... izkoristek turbine in elektro opreme pri transformaciji mehanske v električno energijo (Banki turbina).

Neto višinsko razliko dobimo tako, da odštejemo od H_{bruto} izgube, ki znašajo 10 % H_{bruto} .

Izkoristek elektro-strojne opreme smo predpostavili na vrednost 0,86 (86%).

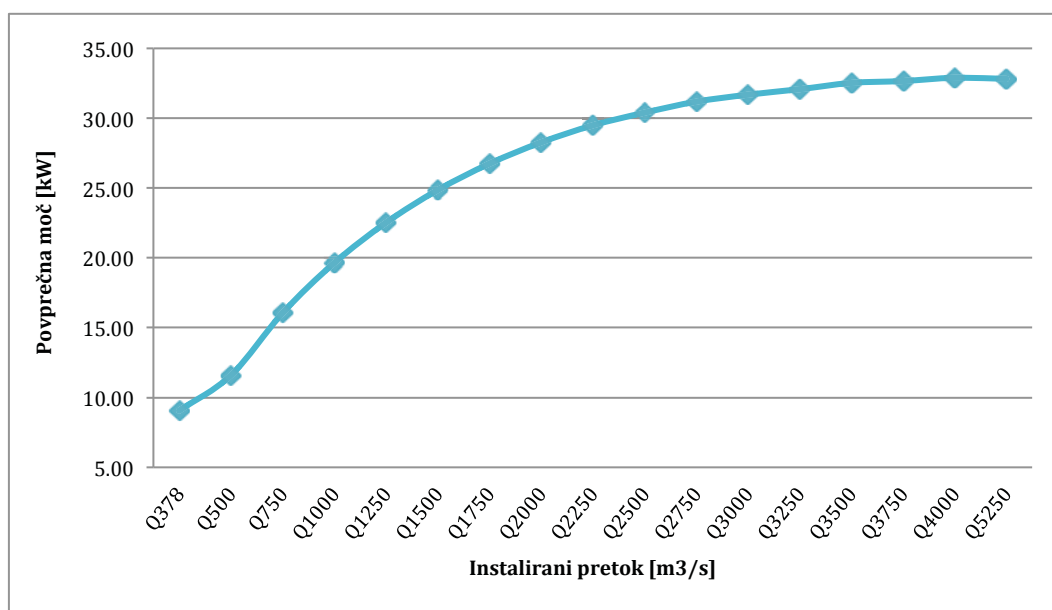
Pri obratovanju turbine smo dodali tehnično omejitev, kjer se v primeru, da pretok doseže 20% nazivnega pretoka, turbina ustavi, saj so izgube pri obratovanju tako velike, da je proizvodnja neekonomična.

Dejansko obratovanje elektrarne, ko le-ta obratuje tudi z nižjim pretokom od nazivnega, je prikazano na Grafikonu 19. To pomeni, da bomo pri pretokih, ki bodo nižji od nazivnega pretoka, pripirali pretok na turbino, saj lahko Bankijeva turbina obratuje tudi z sorazmerno majhnimi pretoki. V tem primeru elektrarna obratuje 346 dni pri instaliranem pretoku $0,378 \text{ m}^3/\text{s}$ in 217 dni pri instaliranem pretoku $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$.



Grafikon 19: Delež energetske izrabe za različne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011

Tako smo za vse dni (11323 dni) v obdobju 31 let izračunali razpoložljivo moč in na podlagi povprečij v obdobju izračunali povprečno moč za vsak instaliran pretok. Izračunane vrednosti so prikazane na spodnjem grafikonu. Iz Grafikona 20 je razvidno, da moč izrazito narašča od režima obratovanja 378 l/s do režima obratovanja 2250 l/s. Pri režimu obratovanja 2500 l/s do 4000 l/s, kjer krivulja doseže maksimum, pa se hitrost naraščanja zmanjša, saj so razlike v pretokih zelo majhne. Med 4000 l/s do 5250 l/s krivulja rahlo zavije navzdol, ker je povprečna moč manjša kot pri režimu obratovanja s 4000 l/s.



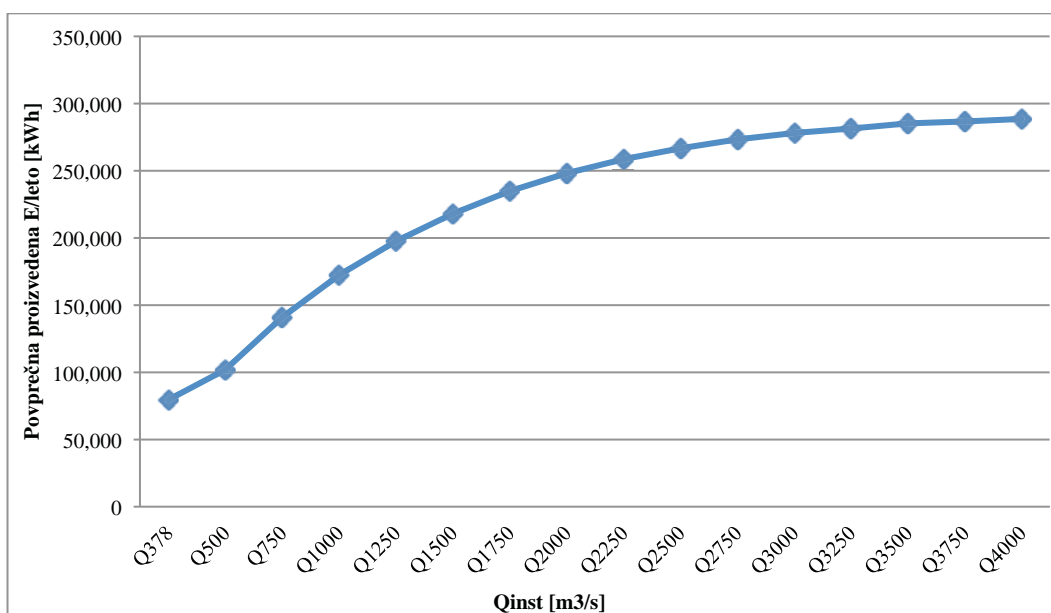
Grafikon 20: Povprečna moč izračunana iz letnih povprečij za različne instalirane pretoke v obdobju 1980-2011.

Ko imamo moč izračunano, lahko določimo še proizvedeno dnevno energijo, ki jo izračunamo po formuli:

$$E = P * t \text{ [kWh]}$$

kjer je P - moč [kW] in t – čas [h].

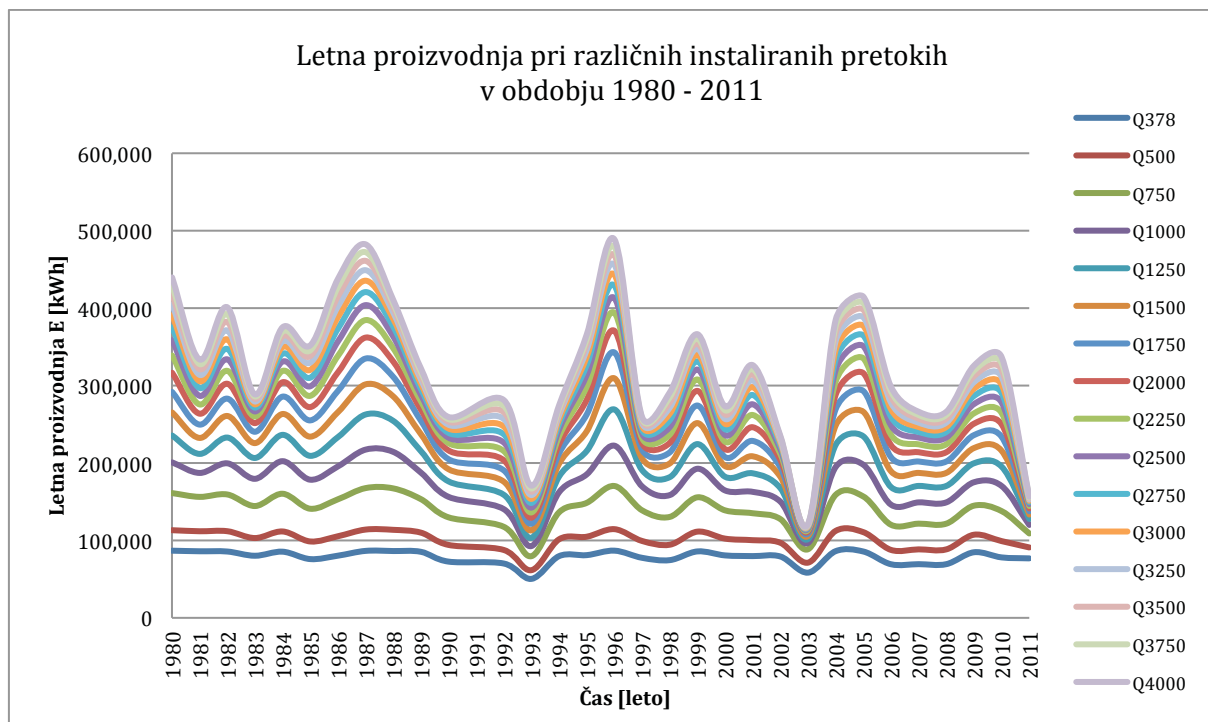
Za določitev prodajne cene 1 kW energije smo vzeli 0,07 EUR in izračunali dnevne cene energije. Nato smo dnevne cene sešteli in tako dobili letne proizvodnje za določen instaliran pretok. Iz letnih proizvodenj pa smo nato določili povprečno proizvodnjo električne energije na leto za različne obratovalne režime.



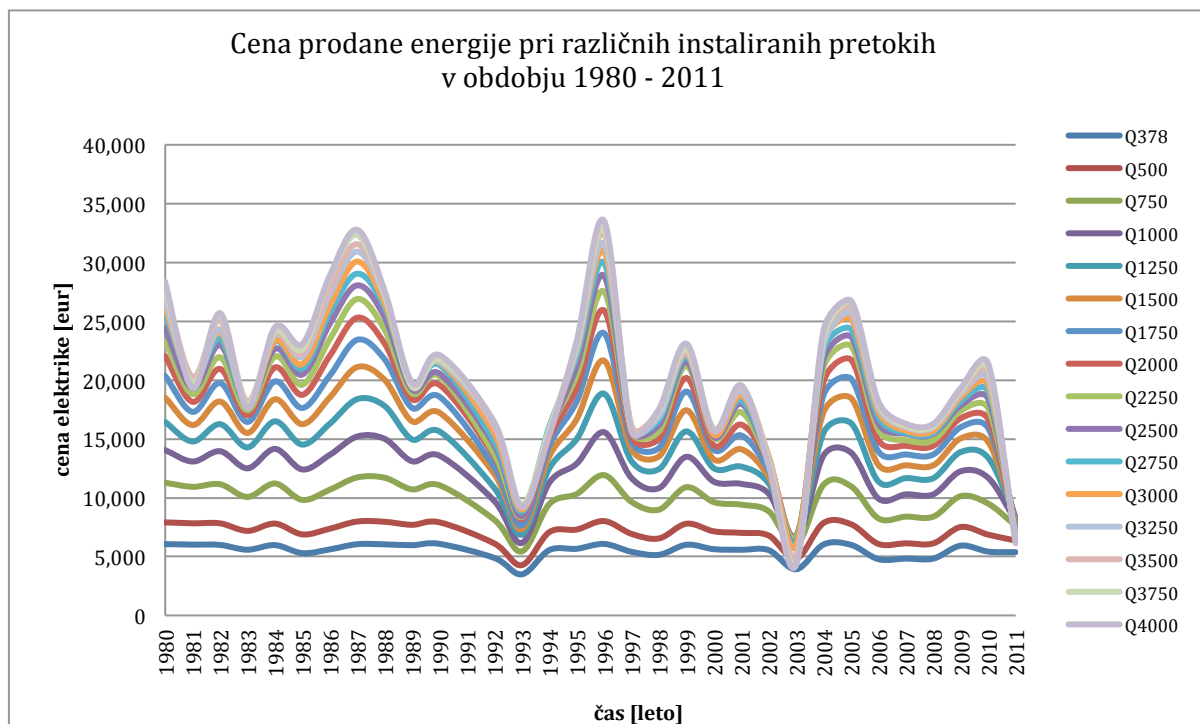
Grafikon 21: Povprečna letna proizvodnja energije v kWh pri različnih režimih obratovanja za obdobje 1980-2011

Glede na povprečno letno proizvedeno energijo znaša proizvodnja pri prvem režimu obratovanja ($Q = 0,378 \text{ m}^3/\text{s}$) 79.349,06 kWh. Če instalirani pretok večamo, se povečuje tudi proizvedena energija, ki pri režimu $Q=4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ znaša 288.422,19 kWh (Grafikon 21).

Obnašanje letne proizvodnje energije in cene prodane energije v odvisnosti od instaliranega pretoka je razvidno na Grafikonih 22 in 23. Opazimo lahko, da z večanjem instaliranega pretoka večajo nihanja krivulj na grafikonih.

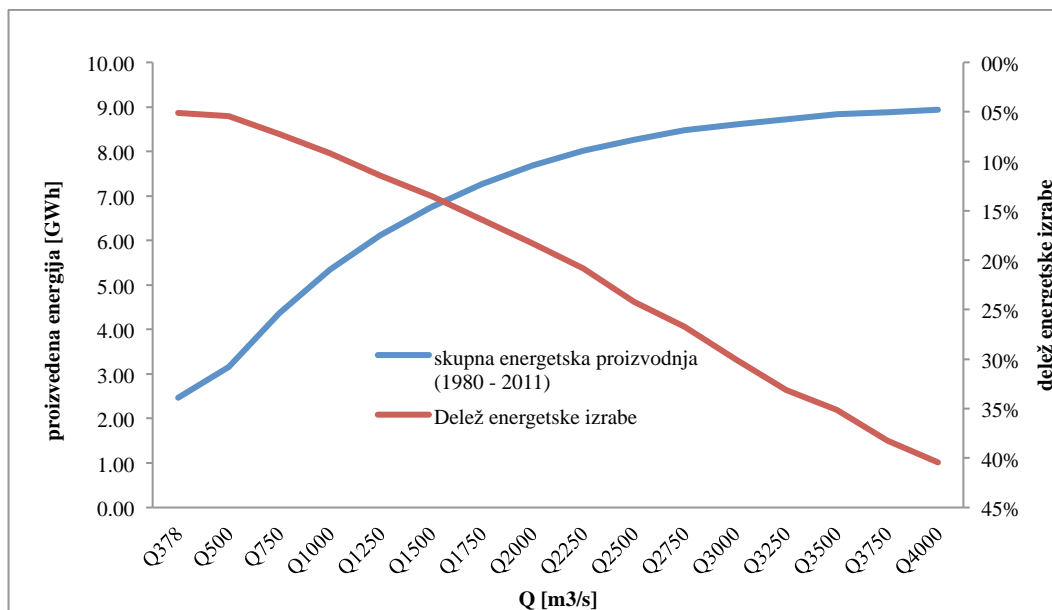


Grafikon 22: Letna proizvodnja električne energije v obdobju 1980-2011



Grafikon 23: Cena prodane energije v obdobju 1980-2011

Grafikon 24 nam prikazuje skupno proizvodnjo električne energije (modra črta) za obdobje 31 let, v odvisnosti od instaliranega pretoka. Maksimalna skupna proizvedena energija, dosežena pri režimu obratovanja $Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{s}$, znaša 8,94 GWh. Na grafikonu imamo prikazan tudi delež neizrabljene razpoložljive vode v odvisnosti od instaliranega pretoka, ki je na grafikonu označen z rdečo barvo.



Grafikon 24: Sovisnost deleža energetske izrabe in skupne energetske proizvodnje v odvisnosti od režima obratovanja za obdobje 1980-2011

3 NAČRTOVANJE IN STROŠKI IZVEDBE mHE

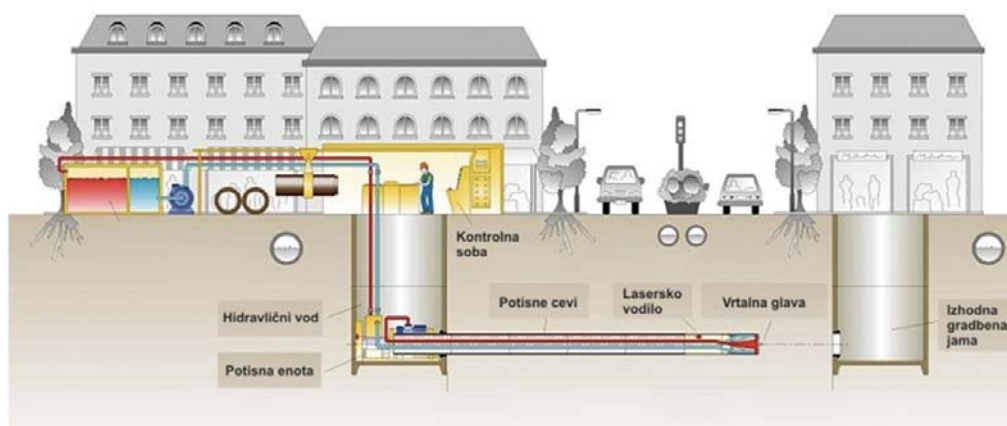
3.1 Idejni načrt

Izgradnjo naše male hidroelektrarne smo se odločili preračunati na dva primera:

- vodo dovajamo k turbini po cevovodu, ki ga položimo v kanal (Slika 33),
- vodo dovajamo k turbini preko tlačnega cevovoda, ki ga izdelamo s postopkom mikrotunellinga (Slika 34).



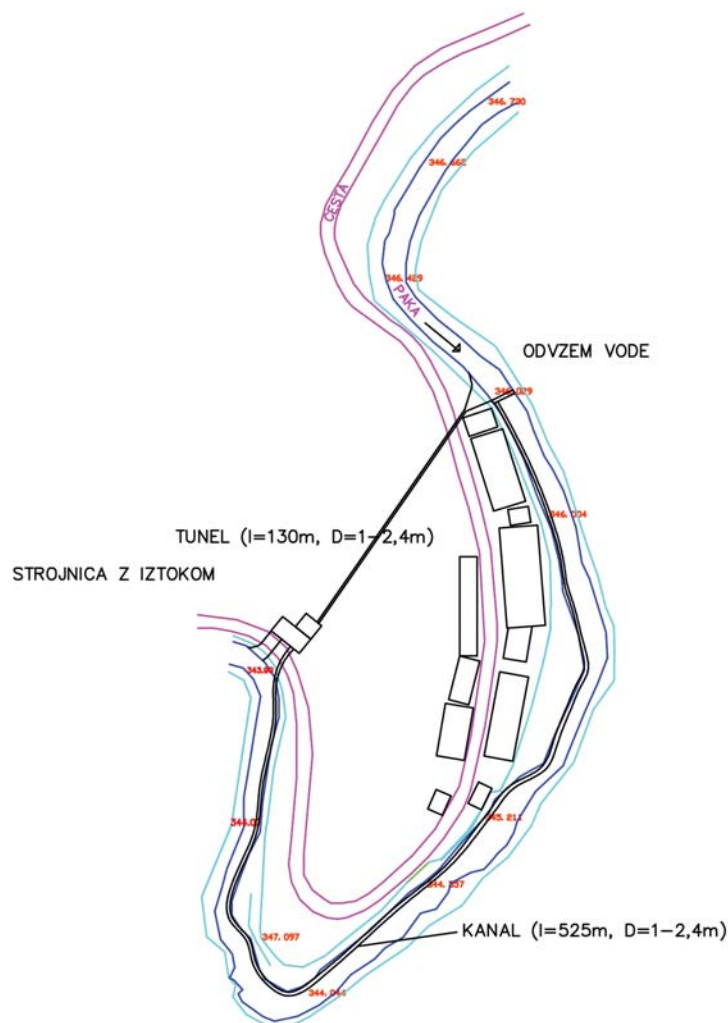
Slika 33: Polaganje cevi v kanal vzdolž derivacije za HE na reki Zilje na avstrijsko Koroškem, [33]



Slika 34: Postopek mikrotunellinga, [34]

Kot je prikazano na Sliki 35, bomo imeli vtok na koti 346.029 m n.m.v., kjer bomo nato vodo speljali preko tunela dolžine 130 m ali po cevi v kanalu, dolžine 525 m.

Strojnica s turbino se bo nahajala na desnem bregu vodotoka, za katero bo potreben večji poseg v samo brežino. Voda se bo nato preko iztoka izlivala pod regionalno cesto nazaj v vodotok na višini 343.90 m n.m.v.

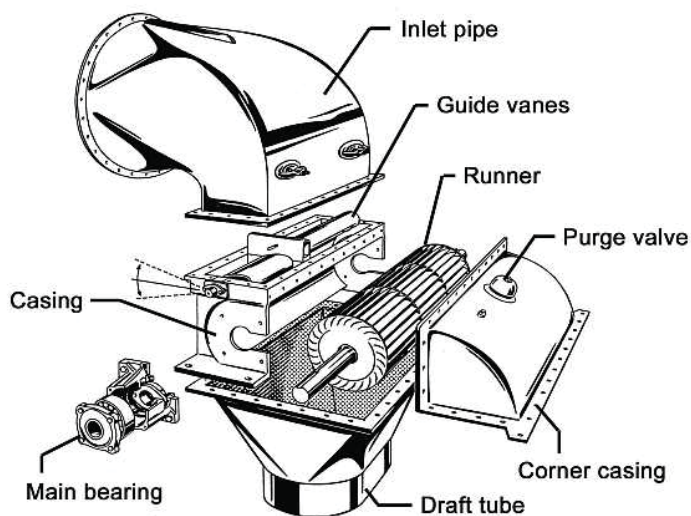


Slika 35: Situacija izvedbe mHE z tunelom in kanalom

3.2 Izbira turbine

Glede na naše majhne pretoke in mali padec, je za turbino najbolj primerna izbira Bankijeve turbine (Slika 36). Zgrajena je iz dveh okroglih plošč, ki držita manjše ukrivljene lopatice. Posebnost te turbine je, da voda teče dvakrat skozi gonilnik – curek vode namreč na eni strani vstopa v gonilnik, na drugi strani pa z zmanjšano hitrostjo izstopa.

Bankijevo turbino uporabljamo za padce od 2 – 150 m, ter za pretoke od 20 – 2000 l/s.



Slika 36: Bankijeva turbina, [35]

Za naš primer bomo izbrali regulacijsko Bankijevo turbino s štirimi prekati, ki bodo delovali v odvisnosti od velikosti instaliranega pretoka. Če bo instalirani pretok 100%, bodo odprti vsi prekati, v nasprotnem primeru pa se bodo prekati pripirali.

3.3 Stroški izgradnje in vzdrževanja mHE

Pri poenostavljenem izračunu stroškov gradbenih del smo si pomagali z načrti načrtovane mHE iz leta 1917. Na podlagi obstoječih načrtov smo preračunali okvirne količine za odkop humusa, izkop, zasip, armirani beton in humuziranje. Pravtako smo preračunali okvirne stroške za izgradnjo 525 m dolgega kanala. Za vse te količine smo poiskali trenutne cene in izračunali njihovo vrednost. Seštevek gradbenih del smo pomnožili s faktorjem 2.5, ki predstavlja strošek izolacij, električne napeljave, izvedbe strehe, itd. Strošek vseh gradbenih del smo tako ocenili na 75.747,17 EUR z prištetim stroškom za izvedbo kanala, in na 51.672,17 EUR brez izvedbe kanala. Izračun je prikazan v spodnji tabeli.

Tabela 8: Izračun stroškov gradbenih del

GRADBENA DELA				
	enota	količina	cena (EUR)/enoto	cena (EUR)
- odkop humusa	m3	35,70	1,31	46,77
- izkop	m3	520,00	2,50	1.300,00
- zasip	m3	35,00	15,00	525,00
- humuziranje	m2	30,00	1,57	47,10
- AB (beton + armatura + opaž)	m3	75	250,00	18.750,00
SKUPAJ GRADBENA DELA				20.668,87
KANAL				
strojni izkop kanala globine 2,5 m	m3	3020	3,00	9.060,00
strojni zasip	m3	2100	7,15	15.015,00
SKUPAJ KANAL				24.075,00
KONČNA CENA GRADBENIH DEL: pomnoženo s faktorjem 2,5 (brez kanala)				51.672,17
KONČNA CENA GRADBENIH DEL: pomnoženo s faktorjem 2,5 (s kanalom)				75.747,17

Izračun hidromehanske opreme smo opravili za vsako situacijo (tunel in kanal) posebej. Najprej smo vsem predpostavljenim instaliranim pretokom določili primerne velikosti cevi, ki nam jih je priporočil proizvajalec Hobas. Pravitako smo od proizvajalca pridobili tudi aktualne cene (Tabela 9).

Tabela 9: Cene cevi glede na instaliran pretok

Instaliran pretok [l/s]	Premer cevi [mm]	Cena cevi SN 10.000 s prevozom na gradbišče - KANAL	Cena cevi (3m) SN 64.000 N/m ² s prevozom na gradbišče - TUNEL
Q378	DN 1000	256,00 EUR/m	759,00 EUR/kos
Q500			
Q750			
Q1000			
Q1250	DN 1500	526,00 EUR/m	1.250,00 EUR/kos
Q1500			
Q1750			
Q2000			
Q2250	DN 2000	875,00 EUR/m	2.080,00 EUR/kos
Q2500			
Q2750			
Q3000			
Q3250	DN 2400	1.358,00 EUR/m	2.588,00 EUR/kos
Q3500			
Q3750			
Q4000			

Nato smo cene preračunali glede na že znane dolžine tunela in kanala. V primeru kanala bi uporabili cevi SN 10.000, za primer tunela pa bi s postopkom mikrotinelinga vgradili cevi tipa SN 64.000 N/m². Pravtako bo potrebno pri izgradnji tunela upoštevati tudi strošek vgradnje cevi – mikrotunelling, katerega ceno lahko ocenimo z množenjem cevi tipa SN 64.000 N/m² z faktorjem 2, ki predstavlja ceno vgradnje na tekoči meter (Tabela 10).

Tabela 10: Strošek hidromehanske opreme

Cev	Strošek izgradnje kanala	Strošek izgradnje tunela
DN 1000	134.400,00 EUR	200.376,00 EUR
DN 1500	276.150,00 EUR	330.000,00 EUR
DN 2000	459.375,00 EUR	549.120,00 EUR
DN 2400	712.950,00 EUR	683.232,00 EUR

Za izračun strojne opreme smo upoštevali oceno, da znaša cena elektro-strojne opreme okoli 1.000,00 EUR na instalirani kilovat moči. Zato smo uporabili že izračunane vrednosti za letna povprečja (v obdobju 31 let) razpoložljive moči pri posameznih instaliranih pretokih in preračunali strošek strojne opreme (turbina in generator). Strošek strojne opreme je isti v obeh primerih; za kanal in tunel in je prikazan v Tabeli 11.

Tabela 11: Strošek strojne opreme

Q _{inst}	Razpoložljiva moč [kW]	CENA [EUR]
Q378	9,05	9.052,22
Q500	11,60	11.596,25
Q750	16,06	16.057,96
Q1000	19,65	19.646,29
Q1250	22,52	22.523,37
Q1500	24,86	24.860,64
Q1750	26,75	26.748,45
Q2000	28,27	28.270,74
Q2250	29,49	29.493,37
Q2500	30,40	30.402,53
Q2750	31,19	31.189,43
Q3000	31,69	31.689,70
Q3250	32,08	32.082,13
Q3500	32,53	32.532,14
Q3750	32,67	32.669,14
Q4000	32,90	32.900,39

Celoten strošek izgradnje dobimo tako, da seštejemo strošek gradbenih del, hidromehanske opreme ter strojne opreme. Za izračun povrnitve stroškov investicije je potrebno določiti še letni strošek obratovanja ki ga ocenimo na 1% vrednosti celotne investicije, zajema pa letno vzdrževanje, letno zavarovanje, letne stroške dela in druge stroške. Končne cene za posamezne režime obratovanja so prikazane v Tabeli 12.

Tabela 12: Skupni strošek investicije in letnega obratovanja

Q _{inst} [l/s]	Premer cevi	KANAL		TUNEL	
		SKUPAJ (EUR)	Skupni letni stroški obratovanja (1%) (EUR)	SKUPAJ (EUR)	Skupni letni stroški obratovanja (1%) (EUR)
Q378	DN 1000	219.199,39	2.191,99	294.496,39	2.944,96
Q500		221.743,41	2.217,43	297.040,41	2.970,40
Q750		226.205,13	2.262,05	301.502,13	3.015,02
Q1000		229.793,45	2.297,93	305.090,45	3.050,90
Q1250	DN 1500	374.420,54	3.744,21	459.195,54	4.591,96
Q1500		376.757,81	3.767,58	461.532,81	4.615,33
Q1750		378.645,62	3.786,46	463.420,62	4.634,21
Q2000		380.167,91	3.801,68	464.942,91	4.649,43
Q2250	DN 2000	564.615,54	5.646,16	721.805,54	7.218,06
Q2500		565.524,70	5.655,25	722.714,70	7.227,15
Q2750		566.311,60	5.663,12	723.501,60	7.235,02
Q3000		566.811,87	5.668,12	724.001,87	7.240,02
Q3250	DN 2400	820.779,29	8.207,79	880.858,29	8.808,58
Q3500		821.229,31	8.212,29	881.308,31	8.813,08
Q3750		821.366,31	8.213,66	881.445,31	8.814,45
Q4000		821.597,56	8.215,98	881.676,56	8.816,77

3.4 Povrnitev investicije in dinamični kazalci

Pred vsako investicijo pa nas seveda zanima, če se bo investicija izplačala in v kakšnem časovnem obdobju. Pri izračunu je potrebno upoštevati ceno investicije, stroške letnega obratovanja (odlive) in ceno povprečne letne proizvodnje električne energije. Račun za dinamične kazalce smo izvedli za vse režime obratovanja ob predpostavki, da cena električne energije znaša 0,07 EUR/kWh in da računamo z zakonsko določeno diskontno stopnjo (7%). Predpostavili smo, da v prvem letu hidroelektrarno gradimo in izvedemo celotno investicijo, nato pa v naslednjih letih obratujemo po izračunanih obratovalnih stroških (Tabela 13) z prilivi, ki predstavljajo ceno povprečne letne proizvodnje v obdobju 1980-2011. Kreditiranja investicije v izračunu nismo upoštevali.

Tabela 13: Primer izračuna dinamičnih in statističnih kazalcev za dobo obratovanja 30 let v primeru izgradnje kanala, pri instaliranem pretoku 378 l/s, 7% DS in premeru cevi 1000 mm.

Povprečna cena energije:	0,07	[EUR/kWh]
Vzdrževanje	1	[%]
Doba obratovanja:	30	[leta]
Cena investicije	219.199	[EUR]
Letna proizvodnja	5.554	[EUR]

	investicija	stroški obratovanja	prilivi	finančni tok	povrnitev investicije (statistični kazalci)
1	-219.199	0	0	-219.199	-219.199
1	0	-2.192	5.554	3.362	-215.837
2	0	-2.192	5.554	3.362	-212.475
3	0	-2.192	5.554	3.362	-209.112
4	0	-2.192	5.554	3.362	-205.750
5	0	-2.192	5.554	3.362	-202.387
6	0	-2.192	5.554	3.362	-199.025
7	0	-2.192	5.554	3.362	-195.662
8	0	-2.192	5.554	3.362	-192.300
9	0	-2.192	5.554	3.362	-188.937
10	0	-2.192	5.554	3.362	-185.575
11	0	-2.192	5.554	3.362	-182.213
12	0	-2.192	5.554	3.362	-178.850
13	0	-2.192	5.554	3.362	-175.488
14	0	-2.192	5.554	3.362	-172.125
15	0	-2.192	5.554	3.362	-168.763
16	0	-2.192	5.554	3.362	-165.400
17	0	-2.192	5.554	3.362	-162.038
18	0	-2.192	5.554	3.362	-158.675
19	0	-2.192	5.554	3.362	-155.313
20	0	-2.192	5.554	3.362	-151.951
21	0	-2.192	5.554	3.362	-148.588
22	0	-2.192	5.554	3.362	-145.226
23	0	-2.192	5.554	3.362	-141.863
24	0	-2.192	5.554	3.362	-138.501
25	0	-2.192	5.554	3.362	-135.138
26	0	-2.192	5.554	3.362	-131.776
27	0	-2.192	5.554	3.362	-128.413
28	0	-2.192	5.554	3.362	-125.051
29	0	-2.192	5.554	3.362	-121.689
30	0	-2.192	5.554	3.362	-118.326

NSV - investicija	-204.859
NSV - obratovanje	-25.421
NSV- prilivi	64.416
Diskontna stopnja	7%

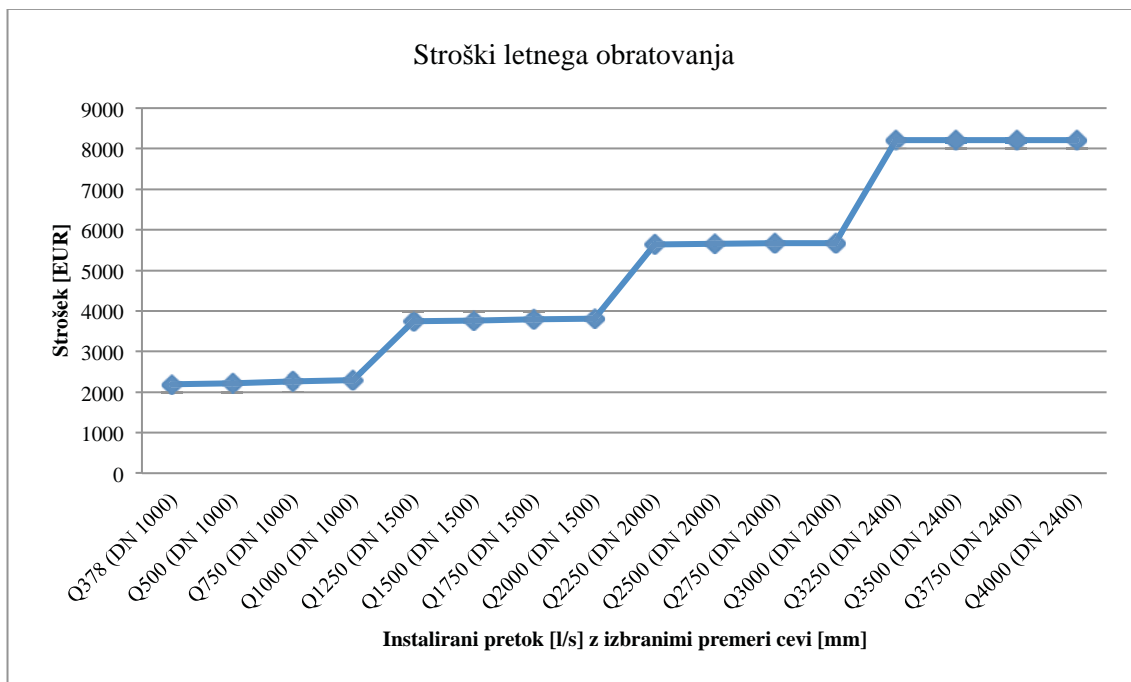
Prilivi:	64.416
Investicija:	-204.859
Odlivi:	-25.421
Sedanja vrednost:	-165.864
IRR	-4,42%

3.4.1 Izdelava občutljivostne analize

Za bolj podrobno analizo in izbiro najbolj primernege instaliranega pretoka, predvsem pa za odločitev med izgradnjo tunela ali kanala, smo izvedli občutljivostne analize, kjer smo naš izračun razširili na različna obdobja obratovanja in si pogledali različne statistične kazalce.

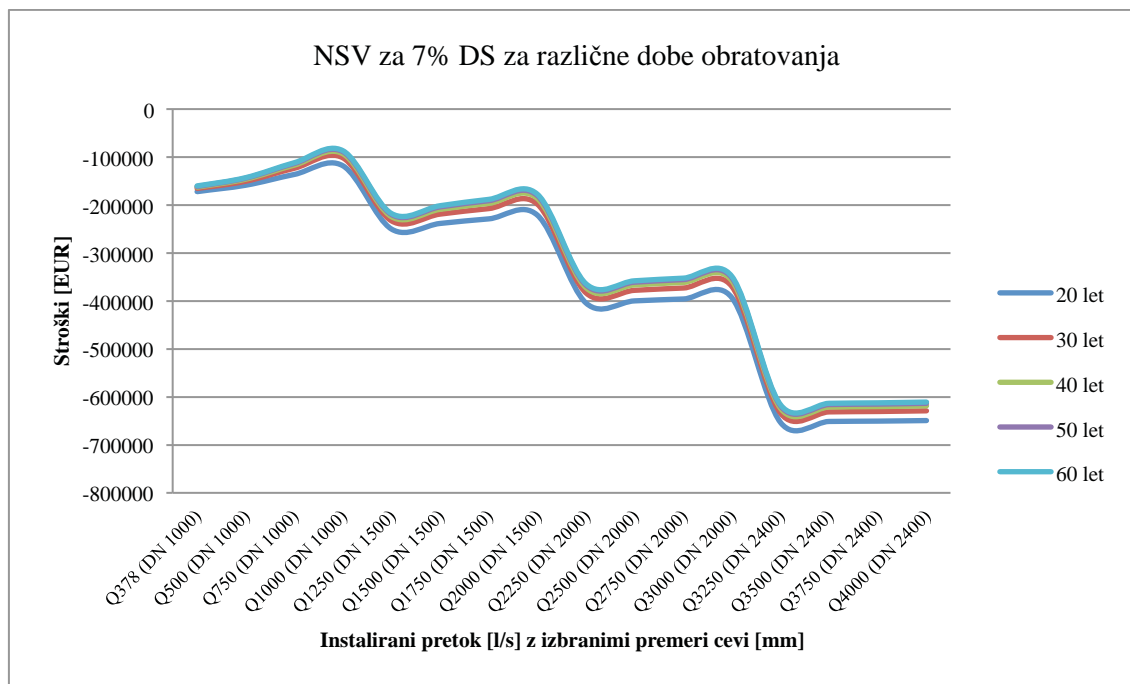
Analiza izvedljivosti kanala

V primeru izvedbe cevovoda položenega v kanal vzdolž derivacije lahko opazimo, da se strošek letnega obratovanja veča z večanjem instaliranega pretoka. Strošek letnega obratovanja predstavlja 1% stroška investicije, zato se le ta tudi veča z večanjem stroškov izvedbe. Večji kot imamo instalirani pretok, večji cevovod potrebujemo in s tem je večja tudi vrednost investicije. Na Grafikonu 25 je razvidno, da se stroški letnega obratovanja, in s tem tudi stroški celotne investicije, povečajo za štirikratno vrednost če primerjamo stroške obratovanja za obratovalni režim Q378 in Q4000.



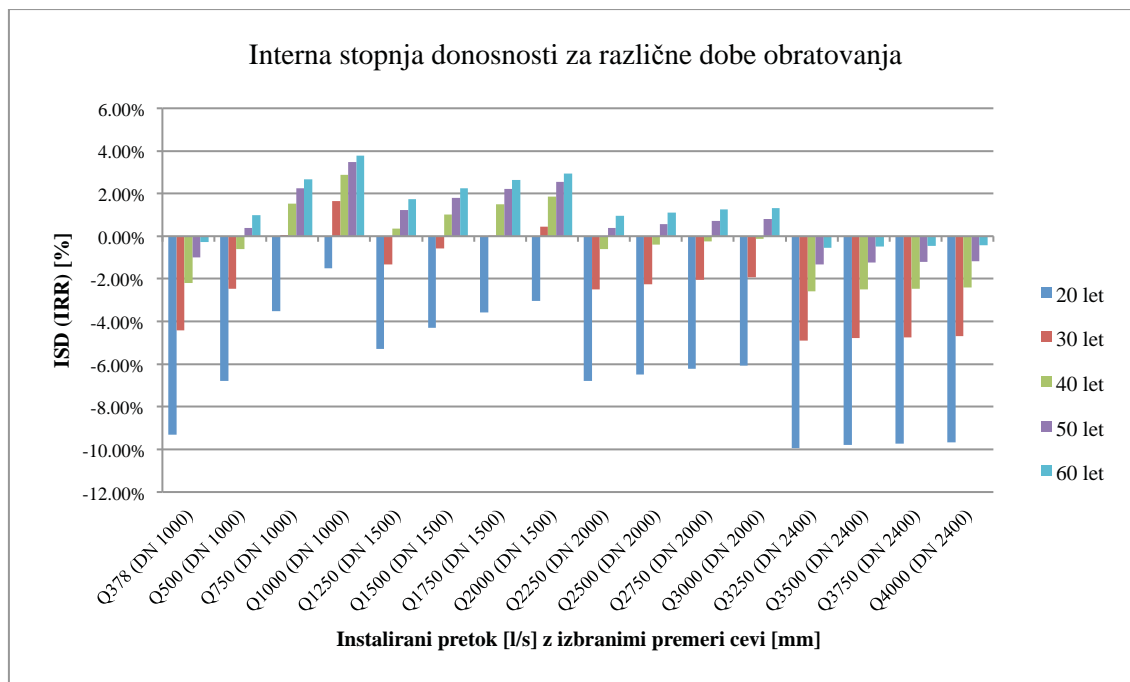
Grafikon 25: Letni obratovalni stroški v odvisnosti od različnih režimov obratovanja (kanal)

Analizo investiranja smo izvedli za različne dobe obratovanja, kjer smo izračun pričeli z 20-letnim obratovanjem in ga povečevali za 10 let. Tako smo dobili jasno sliko o obnašanju naše investicije. Grafikon 26 nam prikazuje obnašanje neto sedanje vrednosti investicije v različnih obratovalnih obdobjih (20, 30, 40, 50 in 60 let) pri diskontni stopnji 7%. Opazimo lahko, da se nam z povečevanjem obratovalne dobe večja sedanja vrednost investicije, vendar v nobenem primeru ne prinaša dobička.



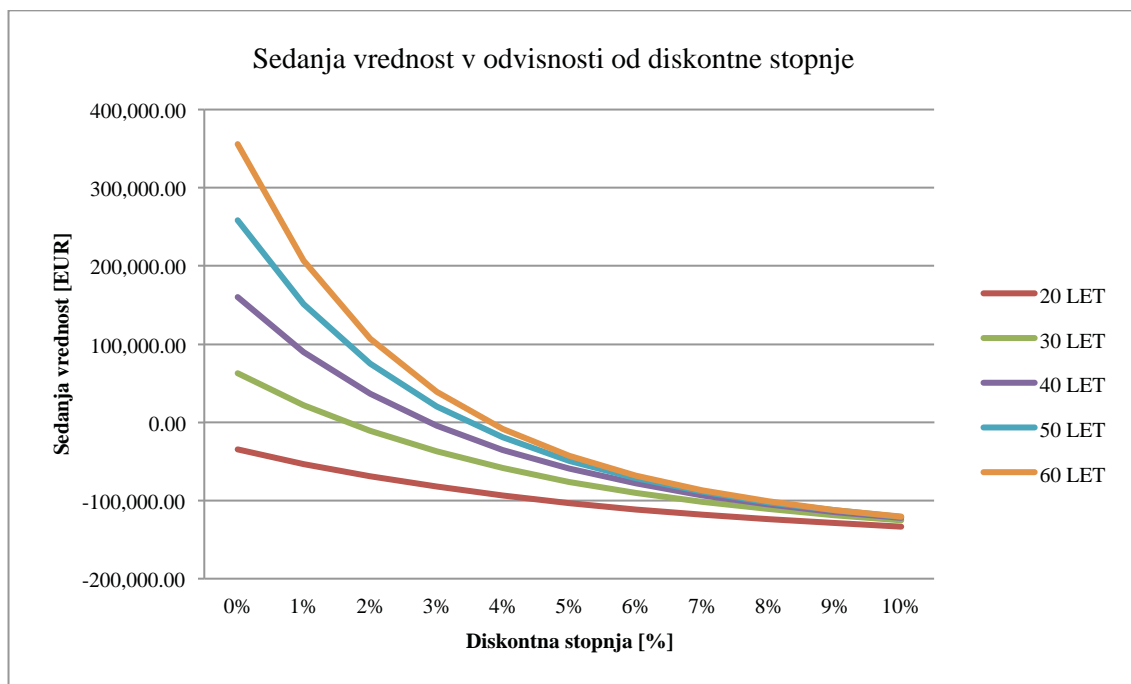
Grafikon 26: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe kanala

Za dodatno oceno smo izračunali interno stopnjo donosnosti (ISD) - to je diskontna stopnja, ki izenači sedanjo vrednost vlaganj in sedanjo vrednost donosov ter nam pove donosnost naše investicije. Obnašanje ISD za različne dobe obratovanja prikazuje Grafikon 27. Kot je razvidno iz grafikona, se nam obratovanje na kratki rok ne obrestuje, saj imamo za dobi obratovanja 20 in 30 let negativne vrednosti. Maksimum interne stopnje donosnosti dosežemo pri 60-letnem obratovanju za instalirani pretok 1000 l/s, vendar tudi ta komaj dosega vrednost diskontne stopnje, saj znaša 3,79 %. Torej lahko že ocenimo, da bi v primeru derivacije izbrali instalirani pretok Q1000.



Grafikon 27: ISD za različne dobe obratovanja v primeru izvedbe kanala

Za izbrani pretok Q1000 smo nato preverili sedanjo vrednost investicije pri različnih diskontnih stopnjah. Vrednosti so prikazane na Grafikonu 28 in v Tabeli 14. Podatki za vse ostale instalirane pretoke so prikazani v PRILOGI H. Če upoštevamo zakonsko določeno diskontno stopnjo 7%, imamo največji dobiček oz. najmanjšo izgubo pri 60-letnem obratovanju v znesku -86.735,35 EUR. Prvi dobiček se pojavi pri 50-letnem obratovanju in diskontni stopnji 3% ter znaša 21.805,94 EUR. Kot je razvidno na spodnjem grafikonu se vrednost investicije večja z nižanjem diskontne stopnje. Največjo vrednost investicije (355.653,62 EUR) bi imeli pri 60-letnem obratovanju ob neupoštevanju diskontne stopnje.



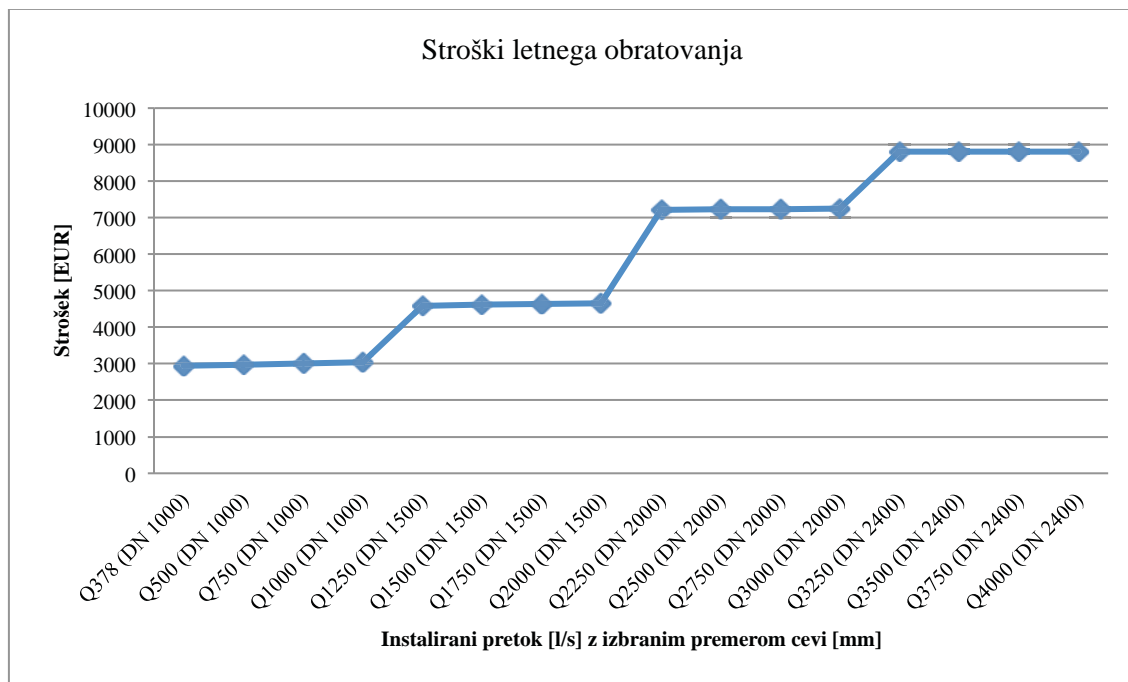
Grafikon 28: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe kanala

Tabela 14: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe kanala

DS	20 LET	30 LET	40 LET	50 LET	60 LET
0%	-34.644,43	62.930,08	160.504,60	258.079,11	355.653,62
1%	-53.183,02	21.805,94	89.692,47	151.149,26	206.785,29
2%	-68.867,78	-11.040,32	36.398,33	75.314,56	107.239,42
3%	-82.162,35	-37.420,49	-4.128,34	20.644,14	39.077,19
4%	-93.448,56	-58.718,54	-35.256,18	-19.405,85	-8.697,94
5%	-103.041,95	-75.997,63	-59.394,77	-49.202,05	-42.944,60
6%	-111.204,02	-90.079,04	-78.282,97	-71.696,10	-68.018,03
7%	-118.152,22	-101.600,78	-93.186,87	-88.909,67	-86.735,35
8%	-124.067,92	-111.061,28	-105.036,69	-102.246,13	-100.953,57
9%	-129.102,86	-118.852,09	-114.522,05	-112.693,00	-111.920,38
10%	-133.384,34	-125.282,54	-122.158,95	-120.954,67	-120.490,37
ISD	-1,51%	1,64%	2,89%	3,48%	3,79%

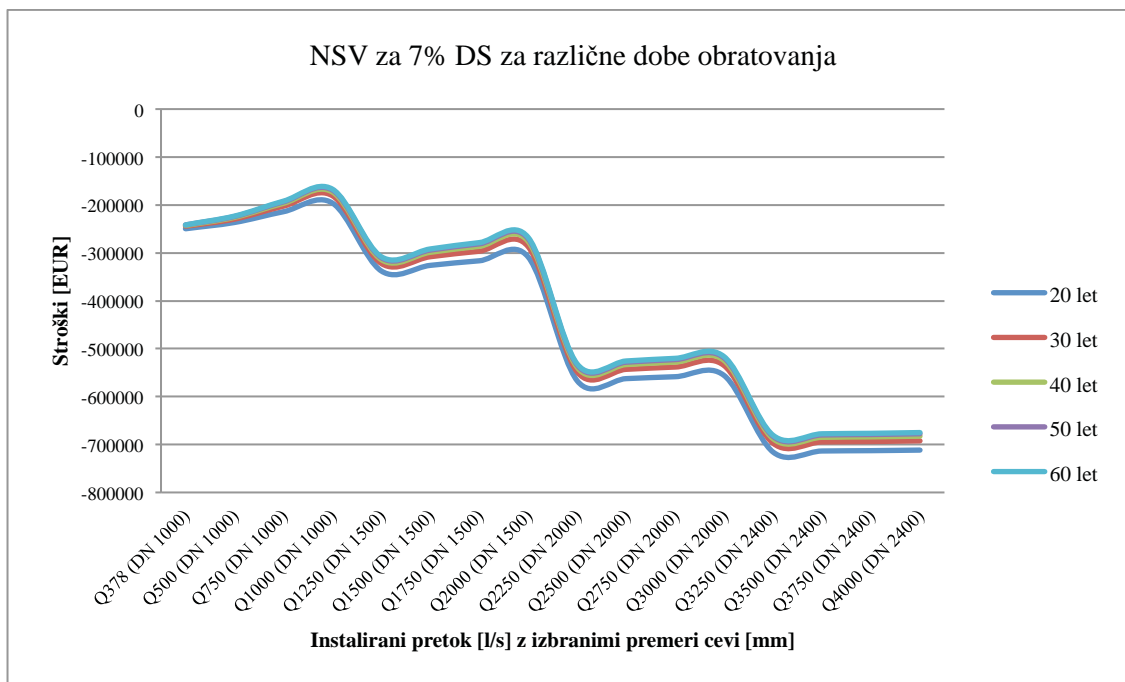
Analiza izvedljivosti tunela

V primeru izvedbe tunela s postopkom mikrotunellinga lahko pravitako opazimo, da se strošek letnega obratovanja veča z večanjem instaliranega pretoka. Strošek letnega obratovanja predstavlja 1% stroška investicije, zato se le ta tudi veča z večanjem stroškov izvedbe. Večji kot imamo instalirani pretok, večji cevovod potrebujemo in s tem je večja tudi vrednost investicije. Na Grafikonu 29 je razvidno, da se stroški letnega obratovanja, in s tem tudi stroški celotne investicije, povečajo za trikratno vrednost če primerjamo stroške obratovanja za obratovalni režim Q378 in Q4000.



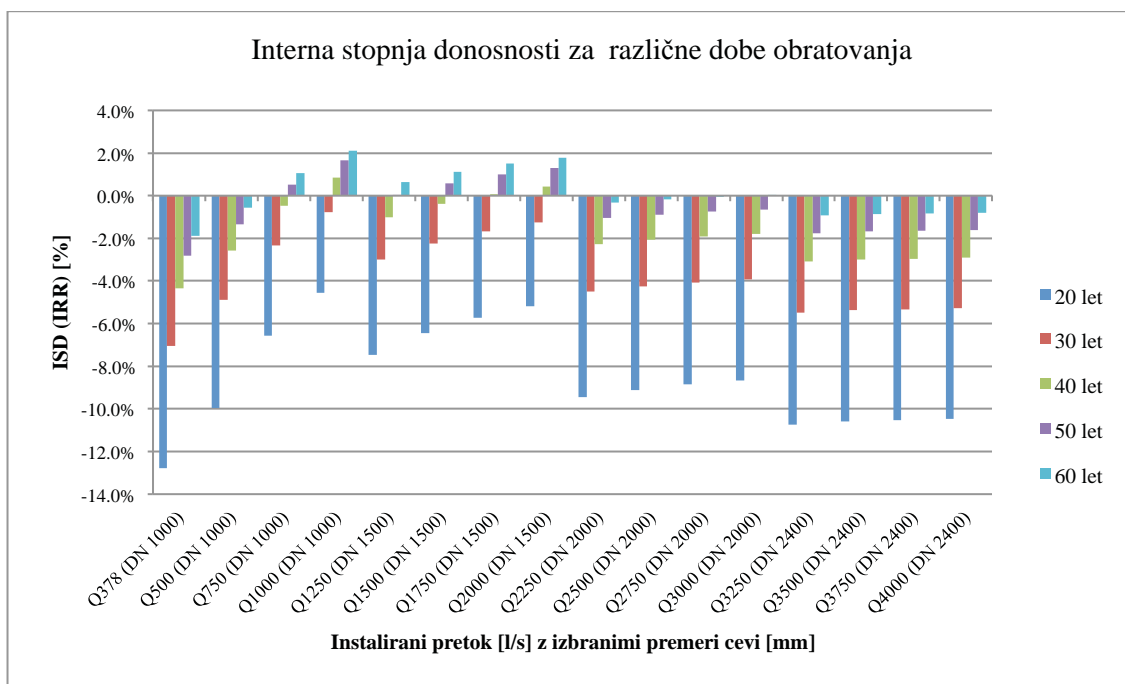
Grafikon 29: Letni obratovalni stroški v odvisnosti od različnih režimov obratovanja v primeru izvedbe tunela

Analizo investiranja smo izvedli za različne dobe obratovanja, kjer smo izračun pričeli z 20-letnim obratovanjem in ga povečevali za 10 let. Tako smo dobili jasno sliko o obnašanju naše investicije. Grafikon 30 nam prikazuje obnašanje sedanje vrednosti investicije v različnih obratovalnih obdobjih (20, 30, 40, 50 in 60 let) pri diskontni stopnji 7%. Opazimo lahko, da se nam z povečevanjem obratovalne dobe veča sedanja vrednost investicije, vendar v nobenem primeru ne prinaša dobička.



Grafikon 30: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe tunela

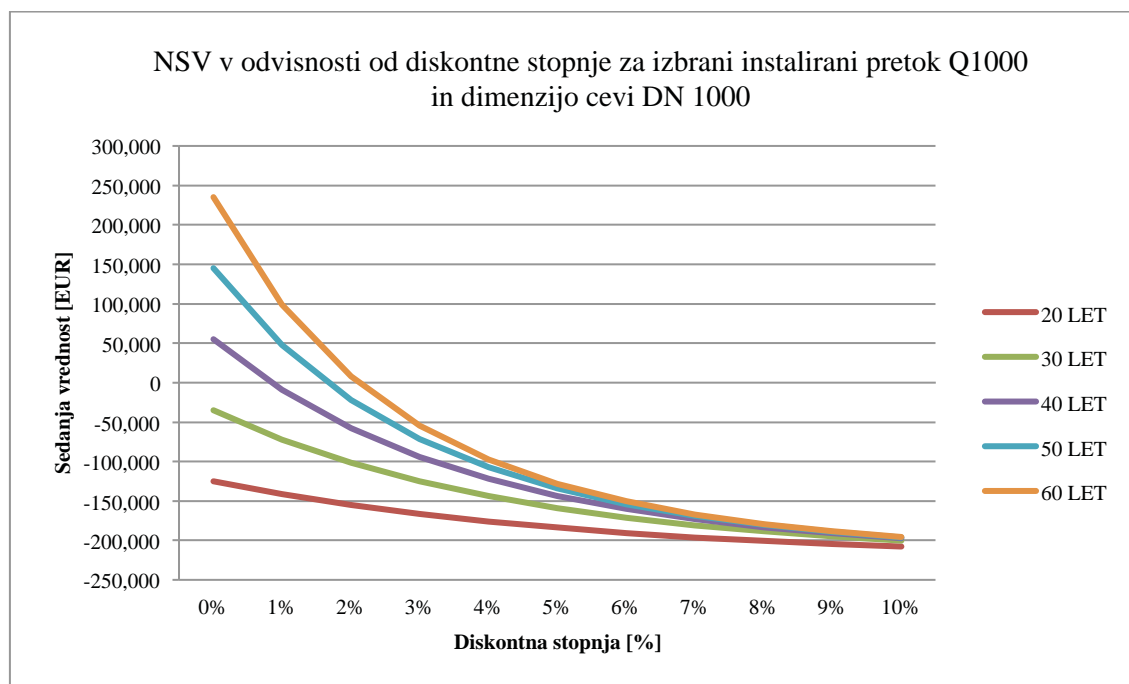
Nato smo izračunali še interno stopnjo donosnosti (ISD), katere obnašanje za različne dobe obratovanja prikazuje Grafikon 31. Kot je razvidno iz grafikona, se nam obratovanje pogojno obrestuje le pri obratovalni dobi 60 let, ko ISD doseže najvišjo vrednost pri instaliranem pretoku Q1000, to je 2,11%. Torej lahko ocenimo, da bi tudi v primeru tunela izbrali instalirani pretok Q1000.



Grafikon 31: ISD z različne dobe obratovanja v primeru izvedbe tunela

Za izbrani pretok Q1000 smo nato preverili sedanjo vrednost investicije pri različnih diskontnih stopnjah. Vrednosti so prikazane na Grafikonu 32 in v Tabeli 15. Podatki za vse ostale instalirane

pretoke so prikazani v PRILOGI I. Če upoštevamo zakonsko določeno diskontno stopnjo 7%, imamo največji dobiček oz. najmanjšo izgubo pri 60-letnem obratovanju v znesku -166.985,90 EUR. Prvič se nam dobiček pojavi pri 40-letnem obratovanju z 0% diskontno stopnjo, kjer vrednost sedanje investicije znaša 55.088,80 EUR. Največjo vrednost (235.178,42 EUR) pa dosežemo pri 60-letnem obratovanju ob neupoštevanju diskontne stopnje.



Grafikon 32: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe tunela

Tabela 15: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe tunela

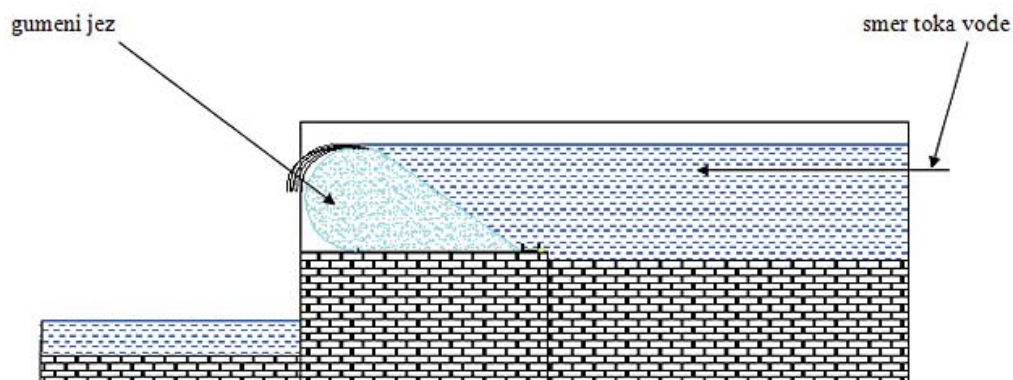
DS	20 LET	30 LET	40 LET	50 LET	60 LET
0%	-125.000,83	-34.956,02	55.088,80	145.133,61	235.178,42
1%	-141.187,73	-71.985,57	-9.337,76	47.376,49	98.719,16
2%	-154.759,10	-101.394,11	-57.616,23	-21.703,12	7.758,14
3%	-166.142,24	-124.853,06	-94.130,02	-71.269,20	-54.258,60
4%	-175.689,05	-143.639,10	-121.987,30	-107.360,12	-97.478,52
5%	-183.690,20	-158.732,86	-143.411,22	-134.005,06	-128.230,50
6%	-190.386,57	-170.891,78	-160.006,00	-153.927,43	-150.533,19
7%	-195.978,37	-180.704,18	-172.939,56	-168.992,42	-166.985,90
8%	-200.632,53	-188.629,59	-183.069,90	-180.494,69	-179.301,87
9%	-204.488,66	-195.028,92	-191.033,03	-189.345,12	-188.632,13
10%	-207.663,84	-200.187,25	-197.304,70	-196.193,36	-195.764,88
ISD	-4,57%	-0,77%	0,84%	1,65%	2,11%

Glede na občutljivostne analize bi bila v obeh primerih najboljša izbira instaliranega pretoka Q1000 z premerom cevi 1000 mm. Pri tem je znesek NSV (neto sedanje vredosti) pri 7 % DS, v primeru položene cevi v kanal, po 60-letnem obratovanju znašal -86.735,35 EUR z ISD 3,76%, v primeru

izvedbe tunela pa -166.985,90 EUR z ISD 2,08%. Torej bi bila finančno bolj primerna izvedba kanala vzdolž vodotoka.

3.5 Izračun z višjim pragom

Ker nas zanima, če lahko izboljšamo energetske karakteristike in s tem tudi finančno strukturo investicije, bomo nadvišali prag z izvedbo gumenega jezusa. Gumeni jez je narejen iz gumene membrane, ki je pritjena na betoski prag in napolnjena z vodo ali zrakom. Ko se jez napolni, deluje kot prepreka in onemogoča prehod vode, kot prikazuje Slika 37 [36].

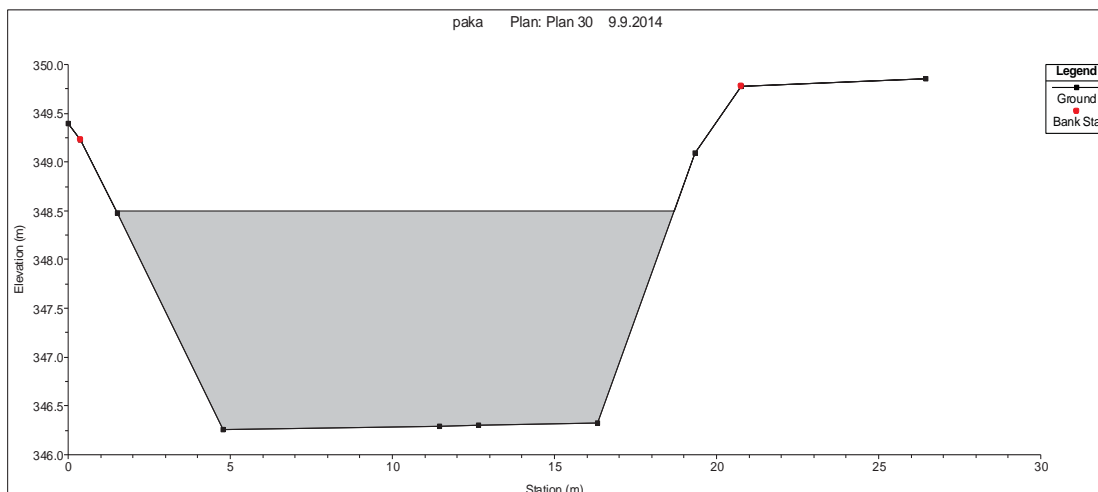


Slika 37: Gumeni jez, [36]

Prednosti gumenega jezusa [36]:

- dolga življenjska doba; do 20 let in več,
- vzdrževanje ni potrebno,
- zanesljivo delovanje in enostavno uravnavanje višine jezusa,
- za sabo zadržuje droben pesek in naplavine,
- avtomatizirano delovanje brez električnega napajanja,
- zdrži ob zelo visokih vodah (fleksibilnost), v primeru previsokih vod pa se odzove z zmanjšanjem in s tem omogoči prehod visokih vod.

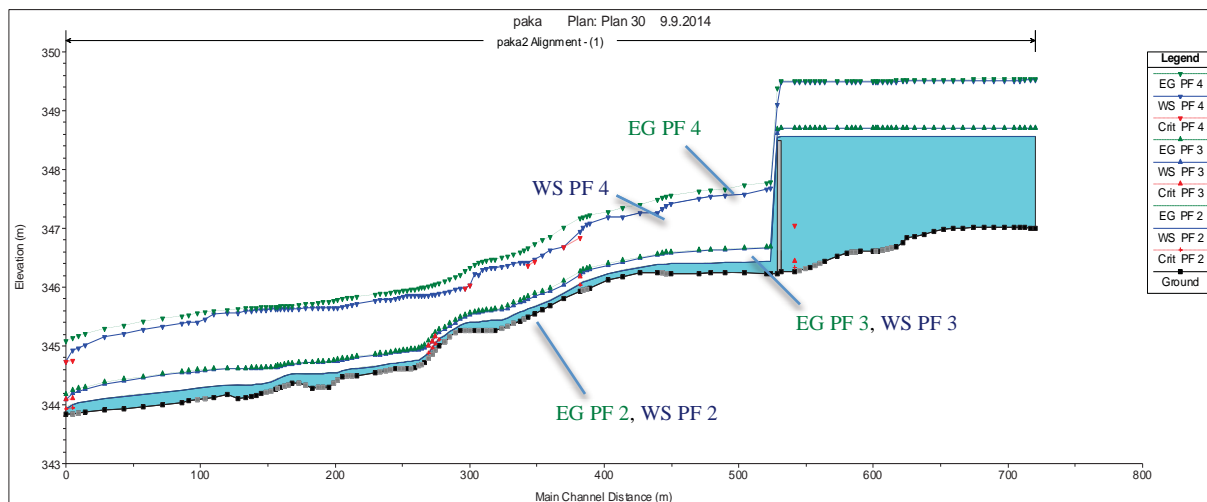
Torej na profilu 539.541 nadvišamo jez z gumenim jezom in tako dvignemo gladino vode do višine 348.5 m n.m.v., kot prikazuje Slika 38.



Slika 38: Prag do višine 348.5 m n.m.v. na profilu 539.541

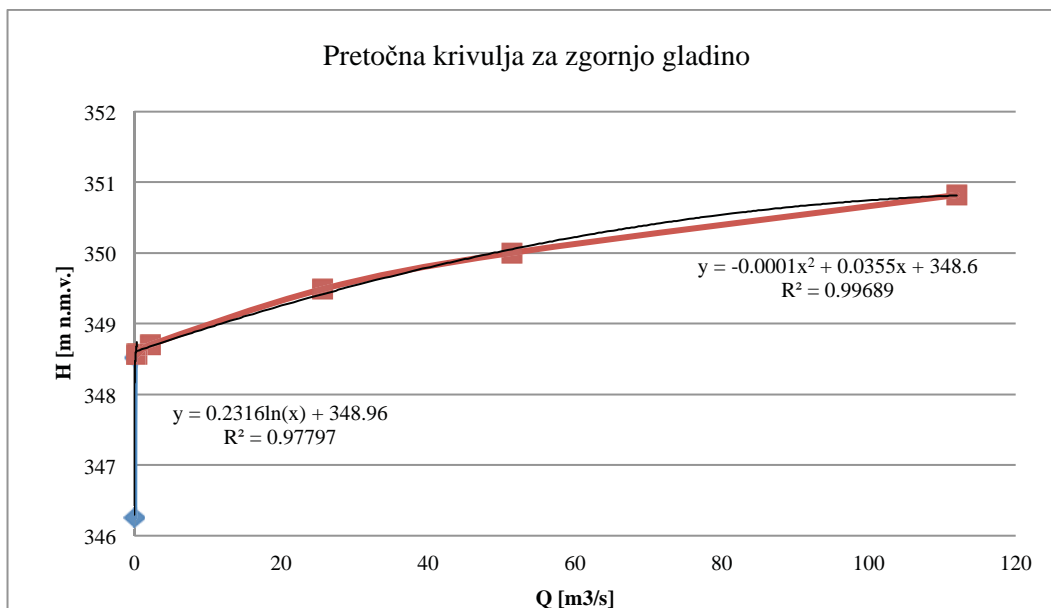
Višino pragu preverimo z izračunom podanim v poglavju 2.5.1, kjer na podlagi novega hidravličnega modela dobimo višino vode $h = 4.76$ m in v nadaljnjem izračunu določimo p_{max} , ki znaša 2,3 m, kar pomeni da smo z izbiro pragu višine 2,2 m še vedno na varni strani.

Naslednja slika nam prikazuje vzdolžni prerez, kjer je dodan višji prag in so označene vodne gladine in energijske črte za vse tri karakteristične pretoke.



Slika 39: Vzdolžni prerez z dodanim višjim pragom za vse tri profile pretoka - sQ_{np} , sQ_{vp} , sQ_s , kjer oznake v legendi predstavljajo: Ground – izmerjeno dno, Crit – kritična globina za izbrani pretok, WS – vodna gladina za izbrani pretok in EG – energijska črta za izbrani pretok.

Nato lahko iz hidravličnega modela zopet odčitamo pretočno krivuljo za zgornjo vodo (Grafikon 33) in ponovimo izračun za vodno bilanco in energetske proizvodnje.

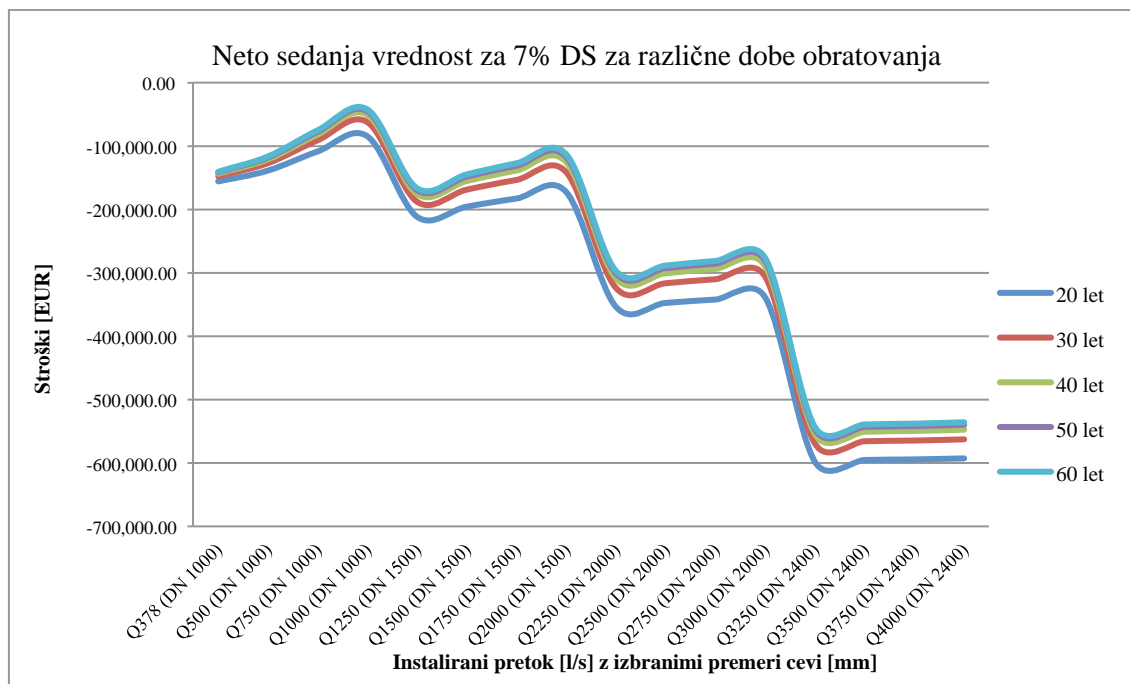


Grafikon 33: Pretočna krivulja za profil 539.541 z višjim pragom

Stroškov izvedbe ne bomo spreminjali, saj smo že v prvotnem izračunu vrednost investicije pomnožili s faktorjem 2.5, kar bi morale zadoščati tudi v primeru izvedbe gumijastega jezua.

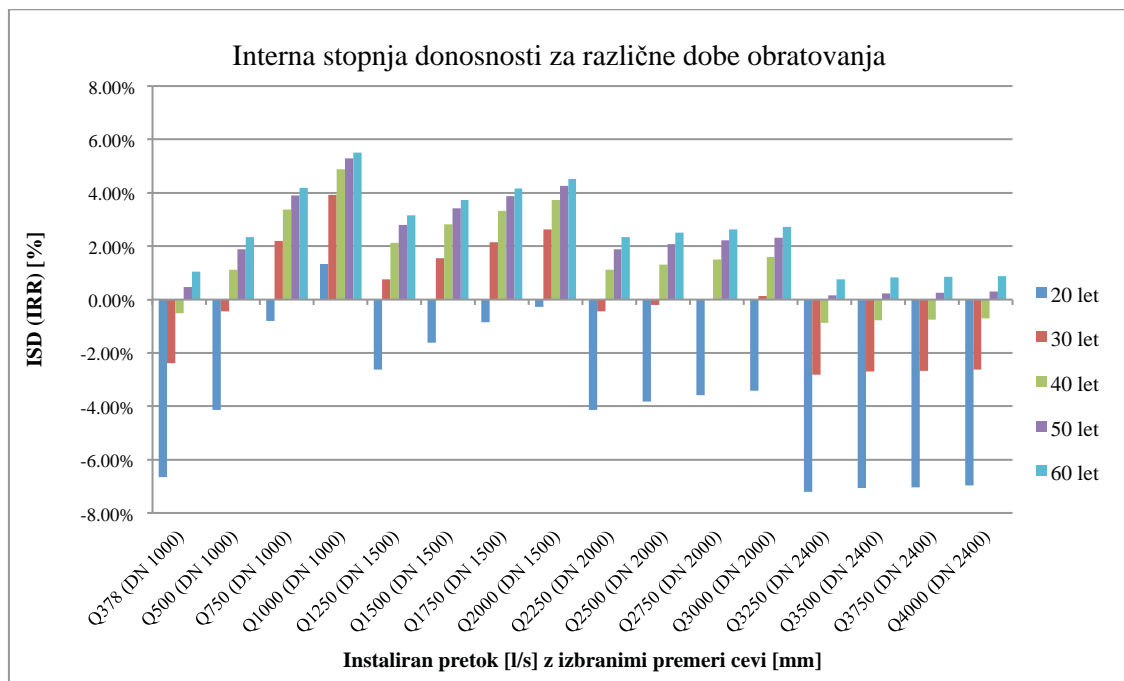
Analizo investiranja bomo izvedli za primer izvedbe kanala, saj se je že v prvem primeru izkazal za bolj optimalno možnost.

Če primerjamo Grafikon 26 in Grafikon 34, je razvidno, da imamo zaradi izboljšanih energetskih karakteristik tudi višje vrednosti NSV.



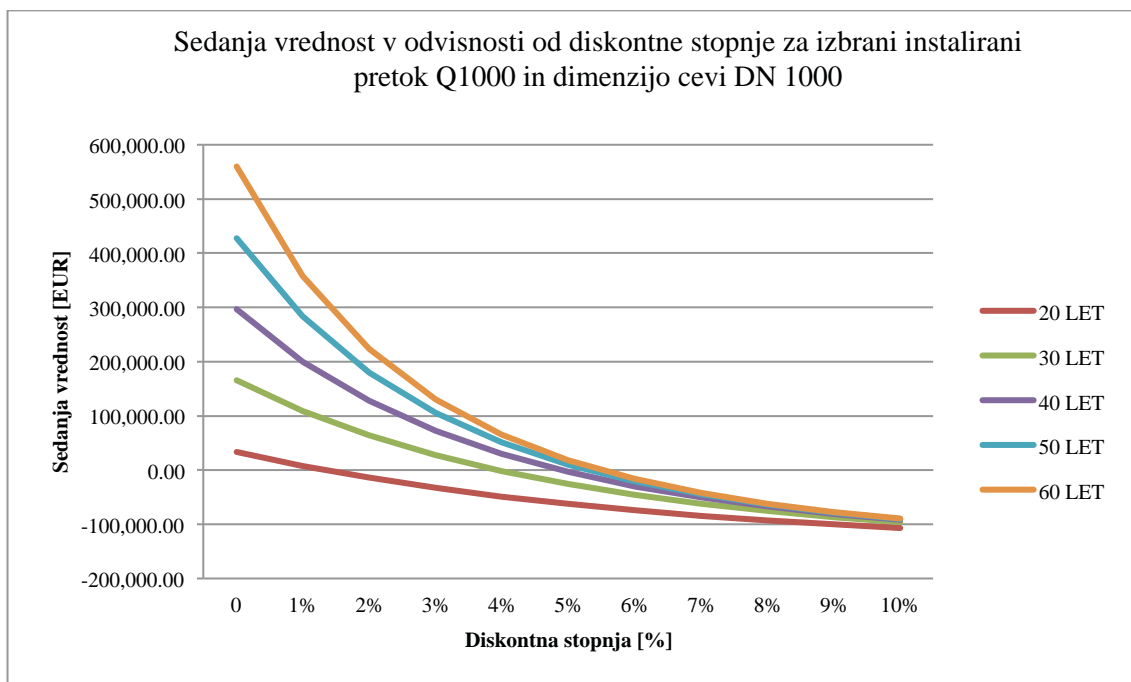
Grafikon 34: NSV za DS 7% pri različnih obratovalnih režimih v primeru izvedbe kanala in povišanega praga

Grafikon 35 nam prikazuje interno stopnjo donosnosti za različne dobe obratovanja. Tudi v tem primeru je razvidno, da se nam obratovanje najbolj obrestuje pri 60-letni obratovalni dobi, kjer pri instaliranem pretoku Q1000 doseže vrednost najvišjo vrednost 5,5%, kar je za 1,71 % več kot v primeru z nižjim pragom.



Grafikon 35: ISD za različne dobe obratovanja v primeru izvedbe kanala in povišanega praga

Na Grafikonu 36 in v Tabeli 16 imamo prikazane NSV za različne diskontne stopnje za naš izbrani instalirani pretok (Q1000). Podatki za ostale instalirane pretoke so prikazani v PRILOGI J. Če upoštevamo zakonsko določeno diskontno stopnjo 7 %, imamo največji dobiček pri 60-letnem obratovanju v znesku -42.018,07 EUR, ki predstavlja kar 50 % večji dobiček, oz. manjšo izgubo. Prvi dobiček pa se pojavi pri 20-letnem obratovanju in diskontni stopnji 1% ter znaša 7.676,65 EUR. Kot je razvidno na naslednjem grafikonu se vrednost investicije veča z nižanjem diskontne stopnje. Največjo vrednost investicije (559.757,76 EUR) bi imeli pri 60-letnem obratovanju ob neupoštevanju diskontne stopnje.



Grafikon 36: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje za pretok Q1000 v primeru izvedbe kanala in povišanega praga

Tabela 16: NSV investicije v odvisnosti od diskontne stopnje ter vrednost interne stopnje donosnosti glede na različna obdobja obratovanja v primeru izvedbe kanala in povišanega praga

DS	20 LET	30 LET	40 LET	50 LET	60 LET
0%	33.468,53	165.040,84	296.613,14	428.185,45	559.757,76
1%	7.676,65	108.793,95	200.334,11	283.204,23	358.225,47
2%	-14.251,47	63.724,75	127.692,42	180.168,18	223.216,59
3%	-32.941,47	27.389,75	72.281,85	105.685,78	130.541,45
4%	-48.908,68	-2.077,71	29.559,62	50.932,67	65.371,53
5%	-62.578,96	-26.111,62	-3.723,84	10.020,32	18.458,04
6%	-74.305,36	-45.819,84	-29.913,67	-21.031,74	-16.072,12
7%	-84.381,49	-62.063,05	-50.717,49	-44.949,98	-42.018,07
8%	-93.052,27	-75.513,73	-67.390,00	-63.627,13	-61.884,20
9%	-100.522,66	-86.700,23	-80.861,48	-78.395,13	-77.353,32
10%	-106.964,69	-96.040,00	-91.828,05	-90.204,17	-89.578,09
ISD	1,29%	3,89%	4,84%	5,27%	5,47%

4 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo obravnavali možnost izvedbe male hidroelektrarne na reki Paki, kot je bila načrtovana že pred dobrimi 100 leti. V tem času je reka Paka doživela korenite spremembe; z regulacijo vodotoka so omejili poplavno aktivnost reke, leta 1954 pa so v Šoštanju postavili termoelektrarno, ki uporablja vodo iz vodotoka za svoje obratovanje.

Analizo hidroloških podatkov smo opravili na podlagi dnevni pretokov, ki smo jih pridobili iz spletnega arhiva ARSO. Pri analizi smo upoštevali vse izgube in biološki minimum. Hidravlično analizo smo opravili s pomočjo geodetske meritve vodotoka, katere podatke smo nato uporabili pri izdelavi modela v programu HEC RAS.

Izračun vodne bilance smo opravili na podlagi dnevni vrednosti pretoka v obdobju 31 let (1980-2011). Glede na pridobljene hidrološke podatke smo ocenili vrednost biološkega minimuma na 0,378 m³/s, pri katerem znaša vrednost srednjega letnega pretoka 2,207 m³/s.

Izračun energetske proizvodnje smo opravili za različne režime obratovanja, kjer smo račun pričeli z instaliranim pretokom 378 l/s, in ga nato stopnjevali na 500 l/s, 750 l/s, ... do 4000 l/s. Pri tem smo uvedli dodaten pogoj, ki pravi, da mora višek pretoka, ki ga lahko uporabimo za energetske proizvodnje znašati vsaj 20% vrednosti nazivnega instaliranega pretoka za izbran obratovalni režim, sicer v tem primeru turbina ne obratuje.

Glede na majhne pretoke in majhen padec smo se odločili za uporabo regulacijske Bankijeve turbine s štirimi prekati, ki delujejo v odvisnosti od velikosti instaliranega pretoka. V primeru primanjkljajev vode pa smo uvedli prekinitve delovanja turbine.

V nadaljnji obravnavi smo ocenili strošek investicije in izvedli analizo dinamičnih in statističnih kazalcev za vse obratovalne režime, katerim smo določili tudi velikost cevovoda. Vrednost letnega vzdrževanja smo ocenili na 1% celotne vrednosti investicije. Strošek investicije pa smo izvedli za dva primera dovoda vode k turbini; dovod vode preko tlačnega cevovoda, ki ga izdelamo s postopkom mikrotunellinga in postopek dovoda vode preko cevi položene v kanal vzdolž same derivacije.

Z izvedbo občutljivostnih analiz smo primerjali oba načina izvedbe dovoda vode k turbini in ugotovili, da bi bila izbira instaliranega pretoka Q1000 z premerom cevi 1000 mm, najboljša izbira v obeh primerih. Pri tem je znesek NSV (neto sedanje vrednosti) pri 7 % DS, v primeru položene cevi v kanal, po 60-letnem obratovanju znašal -86.735,35 EUR z ISD 3,79%, v primeru izvedbe tunela pa -166.985,90 EUR z ISD 2,11%.

Glede na pridobljene rezultate lahko rečemo, da je izvedba derivacije bolj rentabilna kot izvedba tunela, finančno pa se najbolj izplača Q1000, ki nam poda najvišjo vrednost interne stopnje donosnosti in pogojno dosega zakonsko določeno diskontno stopnjo 7%. Investicija v derivacijo je tako finančno izvedljiva le na dolgi rok, v primeru 60-letnega obratovanja in ob neupoštevanju kreditiranja investicije.

Ker lahko donos elektrarne izboljšamo z povečanjem padca, ki ga dosežemo z nadvišanjem pragu ali z poglobitvijo iztočnega kanala, smo v nadaljnem izračunu preverili še možnost povečanja pragu za 1 m

za primer izvedbe derivacije. Nadvišanje pragu smo izvedli z vstavitvijo gumijastega jezu. Izračun smo izvedli za primer kanala in dobili vrednost NSV pri 7 % DS za 60-letno obratovanje -42.018,07 EUR pri 5.5 % ISD.

Torej je izvedba mHE na reki Paki le pogojno izvedljiva, saj nam na kratek rok ne prinaša nobenega dobička, na dolgi rok pa je le-ta zelo okrnjen.

VIRI

Uporabljeni viri:

- [1] Einer hydro-elekt. zentrale a packfluss für die k.k. lederwerker Franz Woschnagg in Schönstein. 1917. Idejni načrti. Dunaj, arhiv Muzeja usnjarstva Šoštanj.
- [2] Geopedia. 2014.
http://www.geopedia.si/#T105_x503646_y134296_s13_b4 (Pridobljeno 13. 5. 2014)
- [3] Horvatin. J. 2007. Zgodovina slovenskega elektrogospodarstva. Ljubljana, Elektrotehniška zveza Slovenije: 607 str.
- [4] Mala HE. 2014.
http://www.seng.si/galerija/mala_he/2008100808454241/ (Pridobljeno 2. 5. 2014)
- [5] Geopedia. 2014.
http://www.geopedia.si/#T105_x502324_y137152_s17_b2 (Pridobljeno 2. 5. 2014)
- [6] Damjan, J., Lazarevič, Ž. 2011. Revija Manager.
<http://www.finance.si/314961/Vzpon-in-zaton-najve%C4%8Dje-usnjarne>
(Pridobljeno 13. 5. 2014)
- [7] Obnovljivi viri. 2014.
<https://www.pvconnections.com/sites/default/files/renewable%20energy.jpg>
- [8] Obnovljivi viri energije. 2014.
<http://www.evropa.gov.si/si/energetika/obnovljivi-viri-energije/> (Pridobljeno 5. 5. 2014)
- [9] Eurostat. 2014.
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/download.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc330> (Pridobljeno 7. 5. 2014)
- [10] To je Slovenija. 2014.
<http://www.stat.si/doc/pub/TojeSlovenija.pdf> (Pridobljeno 10. 5. 2014)
- [11] ENGIS. 2014.
<http://www.engis.si/elektrika.html> (Pridobljeno 8. 5. 2014)
- [12] Kryžanowski, A. 2013. Possibilities of exploitation of hydroelectric power potential in Slovenia. V: Sharing experience for safe and sustainable water storage : proceedings [of the] 9th ICOLD European Club Symposium, 10-12 April 2013, Venice, Italy. Roma, ITCOLD (Italian Committee on Large Dams): str. 1-7.

- [13] Ranfl, M. 2009. Idejna študija obnove male HE Kitič na Bohinjski Bistrici. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Ranfl): 95 f.
- [14] Vodne turbine. 2014.
https://www.google.si/search?q=francis+turbine&espv=2&biw=1440&bih=695&tbm=isch&tbm=isch&q=vodne+turbine&imgdii=_ (Pridobljeno 10. 5. 2014)
- [15] Šolc, L. 1983. Zgradimo majhno hidroelektrarno, 3. del. Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije: 110 str.
- [16] Šolc, L. 1986. Zgradimo majhno hidroelektrarno, 1., 2. del. Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije: 61 str.
- [17] Obnovljivi izvori energije. 2014.
http://www.ipa-oie.com/hrv/index.php?option=com_content&view=article&id=33:male-hidroelektrane&catid=34:obnovljivi-izvori-energije&Itemid=46 (Pridobljeno 10. 5. 2014)
- [18] Paka. 2014.
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Paka> (Pridobljeno 13. 5. 2014)
- [19] Čebul, M. 2013. Lokacija umestitve mHE Mešič. Šoštanj.
- [20] OneGeology Europe. 2014.
<http://onegeology-europe.brgm.fr/geoportal/viewer.jsp> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [21] Karta - povprečna letna vsota korigiranih padavin v obdobju 1971-2000. 2014.
<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/karte/karta4027.html> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [22] Atlas okolja. 2014.
<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [23] Naravovarstveni atlas. 2014.
<http://www.naravovarstveni-atlas.si/nvajavni/profile.aspx?id=N2K@ZRSVNJ> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [24] Zakon o ohranjanju narave. UL RS št. 56/99 (UL RS št. 31/2000 popr.)
- [25] Zakon o graditvi objektov. UL RS št. 102/2004 (62/2010 popr.)

- [26] Ohranjanje narave. 2014.
<http://www.arso.gov.si/narava/> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [27] Zgonik, T. 2008. Sezonskost mesečnih pretokov v Sloveniji. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba T. Zgonik): 115 f.
- [28] Mesečne statistike. 2014.
http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html
(Pridobljeno 8. 5. 2014)
- [29] Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. UL RS št. 97/09
- [30] Smolar-Žvanut, N., Povž, M., Kryžanowski, A. 2005. Vpliv zajezitev in odvzemov vode iz vodotokov na vodni ekosistem. V: 7. posvetovanje SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Sevnica, Slovenski nacionalni komite za velike pregrade: str. 57-64.
- [31] Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove Hidrologije. Univerzitetni učbenik, 1. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.
- [32] Steinman, F. 1999. Hidravlika, 1. ponatis. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 295 str.
- [33] Skok, E. 2012. Izgradnja cevovoda za dovajanje vode na HE. Doline reke Zilje na avstrijsko Koroškem.
- [34] Mikro tunelliranje. 2014.
<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/mikro-tuneliranje/> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [35] Bankijeva turbina. 2014.
<http://www.freeflowhydro.co.uk/13/24/CINK/CINK.html> (Pridobljeno 14. 5. 2014)
- [36] Uporaba gumenega jezua. 2014.
<http://www.savatech.si/zascita-okolja-in-resevanje/uporaba-gumenega-jezu-v-sistemu-delovanja-hidro-elektrarne.html> (Pridobljeno 14. 5. 2014)

Ostali viri:

Agroskin, I. I., Dmitrijev, G. T., Pikalov, F. I. 1964. Hidraulika. Zagreb, Tehnička knjiga: 331 str.

Džamastagić, E. 2013. Ocena energetskega potenciala akumulacije Vogršček. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba E. Džamastagić): 78 f.

Green economy – obnovljivi viri energije v Sloveniji. 2013.

http://www.icon-project.eu/docs/wp/5/green-economy_slo.pdf (Pridobljeno 8. 5. 2014)

Jakin, U. 2010. Vpliv ekološko sprejemljivega pretoka na poslovanje mHE. Diplomski naloga.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Jakin): 90 f.

Kryžanowski A., 2012. Izraba vodnih sil v Sloveniji. Ljubljana, Kongres o vodah Slovenije 2012:
str. 122-138

http://ksh.fgg.uni-lj.si/kongresvoda/03_prispevki/01_vabljeniZnanstStrok/10_Kryzanowski.pdf

(Pridobljeno 10. 5. 2014)

Mikoš, M., Mastnak, M. 1998. Navodila za program Hec Ras, verzija 2.1. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 97 str.

Mrak, S. 2010. Večkriterijska analiza za malo hidroelektrarno Kokra. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Mrak): 147 f.

Planinšek, G. 2011. Mala hidroelektrarna Smuk. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Planinšek): 85 f.

Povratne dobe velikih in malih pretokov za merilna mesta državnega hidrološkega monitoringa površinskih voda. 2013.

<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/Povratne%20dobe%20Qvk,Qnp.pdf> (Pridobljeno 8. 5. 2014)

Pušnik, M. 2010. Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje z uporabo večkriterijske analize. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Pušnik): 94 f.

Rak, G. 2006. Uporaba prostorskih podatkov v analizi hidravličnih lastnosti vodotokov. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Rak): 81 f.

Vošnjak. 2014.

<http://www.slovenska-biografija.si/rodbina/sbi812722/> (Pridobljeno 13. 5. 2014)

Zidarič, M. 2004. Zasnova in načrtovanje malih hidroelektrarn. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Zidarič): 113 f.

Žavbi, R. Osnove strojeslovja (interno gradivo-osnutek). 2.del: 59 f.

http://www4.lecad.si/fileadmin/user_upload/website_students/baza_gradiv/zapiski_stroji_naprave_osnove_V1.pdf (Pridobljeno 12. 5. 2014)

KAZALO PRILOG

PRILOGA A:	PREGLED NAJMANJŠIH MESEČNIH IN LETNIH DNEVNIH VREDNOSTI PRETOKOV – Q_{np}	A1
PRILOGA B:	PREGLED SREDNJIH MESEČNIH IN LETNIH DNEVNIH VREDNOSTI PRETOKOV - Q_s	B1
PRILOGA C:	PREGLED NAJVEČJIH MESEČNIH IN LETNIH DNEVNIH VREDNOSTI PRETOKOV – Q_{vp}	C1
PRILOGA D:	VREDNOST FAKTORJA f ZA IZRAČUN EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA.....	D1
PRILOGA E:	SKUPINE EKOLOŠKIH TIPOV.....	E1
PRILOGA F:	GEODETSKI NAČRT OBSTOJEČEGA STANJA.....	F1
PRILOGA G:	VREDNOSTI MANNINGOVIH KOEFICIENTOV HRAPAVOSTI ZA NARAVNE VODOTOKE	G1
PRILOGA H:	IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE KANALA.....	H1
PRILOGA I:	IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE TUNELA.....	I1
PRILOGA J:	IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE KANALA Z VIŠJIM PRAGOM.....	J1

PRILOGA A: Pregled najmanjših mesečnih in letnih dnevni vrednosti pretokov - Q_{np}

VODOTOK: Paka

POSTAJA: 6300 Šoštanj

OBDOBJE: 1981 – 2011

leto	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	LETNI
1980	0,800	0,940	0,870	0,800	0,940	0,620	1,290	0,570	0,870	0,680	2,620	1,880	0,570
1981	0,870	0,810	0,870	0,810	0,700	0,550	1,330	0,580	0,510	1,010	0,750	0,440	0,440
1982	0,950	0,560	0,600	0,740	0,880	0,880	0,390	0,810	1,090	2,420	1,160	1,500	0,390
1983	1,400	0,820	1,400	1,400	0,760	0,410	0,500	0,250	0,290	0,410	0,600	0,500	0,250
1984	1,250	1,110	1,750	2,240	1,650	0,680	0,790	0,280	0,680	1,180	0,410	0,850	0,280
1985	0,320	1,200	1,280	1,560	1,560	1,200	0,430	0,370	0,320	0,110	0,230	1,350	0,110
1986	1,840	1,380	1,490	2,610	0,790	1,600	0,710	0,180	0,970	0,360	0,630	0,310	0,180
1987	0,710	0,480	1,370	1,950	1,740	1,650	1,130	0,840	0,770	1,460	1,950	1,740	0,480
1988	1,540	1,950	1,840	1,950	1,360	1,450	1,030	0,340	1,110	1,030	1,110	0,960	0,340
1989	0,446	0,503	0,750	1,360	0,887	0,622	1,360	1,540	1,020	0,803	0,872	0,738	0,446
1990	0,738	1,100	0,676	1,850	0,943	1,020	1,100	0,872	0,676	0,676	1,630	1,720	0,676
1992	0,691	0,175	0,404	0,916	0,321	0,493	0,321	0,111	0,245	0,216	1,180	1,180	0,111
1993	0,786	0,706	0,429	0,262	0,139	0,107	0,059	0,081	0,107	0,422	0,455	0,455	0,059
1994	0,838	0,654	0,405	0,654	0,439	0,759	0,759	0,510	0,936	0,936	0,617	0,346	0,346
1995	0,713	1,010	2,850	0,840	1,010	1,130	0,935	0,593	1,770	0,669	0,345	0,345	0,345
1996	1,500	0,935	1,010	2,060	1,630	0,645	1,370	1,280	1,670	1,570	1,110	1,220	0,645
1997	1,240	1,240	1,130	0,849	0,302	0,190	0,836	1,210	0,616	0,316	0,495	1,940	0,190
1998	0,937	0,346	0,346	0,395	0,395	0,302	0,630	0,765	1,110	1,420	1,540	0,924	0,302
1999	0,842	0,842	1,210	1,540	1,660	1,590	1,070	1,190	0,852	0,582	0,582	1,190	0,582
2000	0,582	0,852	0,888	1,050	0,427	0,427	0,843	0,418	0,670	1,110	1,750	1,450	0,418
2001	1,900	0,811	0,969	2,070	0,738	0,482	0,427	0,500	0,451	0,831	0,754	0,557	0,427
2002	0,619	0,557	1,000	0,617	0,727	0,483	0,524	0,524	0,568	0,524	1,470	1,000	0,483
2003	0,789	0,670	0,693	0,766	0,324	0,452	0,324	0,362	0,362	0,362	0,693	0,505	0,324
2004	0,766	0,693	1,020	1,560	0,929	0,845	1,210	0,758	0,500	0,835	1,300	0,835	0,500
2005	0,855	0,568	0,617	1,310	1,070	0,668	1,350	1,350	1,350	1,160	0,845	1,670	0,568
2006	0,482	0,375	1,780	2,010	1,240	0,758	0,447	0,625	0,404	0,346	0,302	0,302	0,302
2007	0,722	1,250	1,670	0,398	0,296	0,296	0,210	0,283	0,888	1,310	0,812	0,575	0,210
2008	0,915	0,781	0,625	1,720	0,565	0,302	0,699	0,925	0,415	0,415	0,568	1,460	0,302
2009	0,755	1,220	1,010	1,180	0,639	0,585	0,993	0,805	0,747	0,630	0,493	0,606	0,493
2010	1,080	0,909	1,190	0,702	0,516	0,411	0,413	0,636	1,090	1,200	1,660	2,170	0,411
2011	0,969	0,722	0,668	0,711	0,566	0,726	0,585	0,566	0,533	0,541	0,623	0,578	0,533

PRILOGA B: Pregled srednjih mesečnih in letnih dnevni vrednosti pretokov – Q_s

VODOTOK: Paka

POSTAJA: 6300 Šoštanj

OBDOBJE: 1981 – 2011

leto	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	LETNI
1980	1,480	3,500	1,870	1,680	2,120	1,070	2,540	1,510	2,950	8,180	5,910	3,110	2,990
1981	1,390	1,120	3,550	1,060	1,760	3,490	2,610	1,120	2,100	3,230	1,440	2,310	2,100
1982	3,210	0,831	1,560	1,450	2,710	2,070	2,010	2,070	2,460	6,890	4,070	5,480	2,900
1983	2,030	1,200	2,650	2,130	1,470	2,470	1,350	0,928	1,650	1,730	1,130	2,130	1,740
1984	2,030	1,720	4,490	6,870	2,570	1,540	2,670	1,010	3,100	3,220	1,300	1,170	2,640
1985	2,460	1,760	5,050	2,740	5,040	3,090	1,240	1,050	1,030	0,480	1,820	3,150	2,410
1986	3,010	1,900	5,270	4,920	2,010	5,700	1,620	1,730	1,970	1,650	1,910	1,250	2,740
1987	1,320	4,420	4,630	4,650	2,640	2,390	1,850	3,380	2,160	2,680	5,750	3,040	3,240
1988	2,420	3,530	3,010	3,010	1,950	3,340	1,490	1,080	2,260	3,280	1,400	1,640	2,370
1989	0,976	1,020	1,610	2,560	3,230	1,420	4,650	3,870	2,540	1,430	1,230	1,180	2,140
1990	1,580	1,610	1,370	3,130	1,440	2,960	2,410	1,320	1,040	1,490	8,840	3,200	2,530
1992	1,050	0,991	2,230	2,990	1,690	1,060	0,729	0,479	0,660	4,010	6,010	4,790	2,220
1993	1,180	0,826	0,658	0,515	0,471	0,200	0,247	0,297	0,634	5,870	2,240	3,790	1,410
1994	3,540	1,000	0,811	3,170	0,781	1,290	1,120	1,250	2,090	2,770	2,660	1,120	1,800
1995	2,210	2,780	5,830	1,860	1,750	1,770	1,670	1,840	5,180	1,170	0,666	1,750	2,370
1996	4,270	1,620	2,230	4,340	2,800	2,280	5,480	3,290	2,170	4,310	3,130	1,730	3,140
1997	1,700	1,920	1,460	1,140	0,756	1,710	1,550	2,790	1,210	0,502	1,120	4,150	1,670
1998	1,550	0,684	0,546	1,320	0,779	0,629	4,270	1,180	4,310	5,200	6,190	1,240	2,320
1999	1,030	1,150	2,770	3,210	4,490	2,600	3,490	2,000	1,220	0,900	0,980	3,690	2,290
2000	1,030	1,210	1,630	1,300	0,760	0,831	1,550	0,865	0,893	1,930	7,810	3,820	1,970
2001	4,800	1,470	3,920	3,860	1,690	0,967	0,658	0,765	2,520	1,790	1,440	0,757	2,050
2002	0,724	0,991	1,590	2,050	1,250	0,772	0,724	1,630	1,010	2,100	2,310	2,120	1,440
2003	1,270	0,888	1,020	1,130	0,641	0,565	0,435	0,490	0,498	0,923	1,740	1,480	0,923
2004	1,810	1,050	4,350	4,480	1,600	3,100	3,070	1,500	1,420	3,220	2,630	2,150	2,530
2005	1,450	0,865	1,750	3,360	2,170	0,849	4,290	4,890	2,670	4,700	2,380	4,140	2,790
2006	1,160	1,840	4,310	3,820	3,510	2,760	0,885	1,600	1,900	0,605	0,464	0,949	1,980
2007	1,710	2,110	3,140	1,470	0,691	0,660	0,519	0,796	4,850	3,070	1,280	1,120	1,790
2008	1,240	0,995	2,310	2,620	1,320	2,890	2,560	1,910	0,808	0,646	1,210	5,810	2,030
2009	1,850	3,660	3,110	2,190	1,070	2,370	3,700	1,690	2,470	0,801	1,230	2,670	2,230
2010	1,560	2,940	1,880	1,220	0,797	0,682	0,570	1,470	7,180	2,370	4,600	5,290	2,550
2011	1,520	0,864	1,880	0,972	0,965	1,180	1,400	1,080	0,717	1,150	0,724	0,842	1,110

PRILOGA C: Pregled največjih mesečnih in letnih dnevni vrednosti pretokov – Q_{vp}

VODOTOK: Paka

POSTAJA: 6300 Šoštanj

OBDOBJE: 1981 – 2011

leto	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEPT	OKT	NOV	DEC	LETNI
1980	3,350	16,100	4,010	3,040	5,090	2,740	6,870	12,600	12,200	35,000	11,600	5,450	35,000
1981	2,350	1,870	9,630	1,640	4,230	13,500	11,000	4,230	11,300	8,860	2,960	18,700	18,700
1982	22,600	1,020	3,840	2,540	17,100	6,640	7,530	10,700	14,100	18,700	29,500	17,500	29,500
1983	2,990	1,580	8,270	4,300	2,740	12,200	4,000	3,130	6,000	7,760	3,270	9,030	12,200
1984	6,430	2,550	20,000	38,100	5,600	6,430	13,900	2,040	20,400	14,300	2,440	1,750	38,100
1985	16,000	3,030	23,800	5,190	18,900	8,970	2,190	2,770	5,190	1,200	8,430	15,200	23,800
1986	5,850	2,610	13,500	8,390	3,730	21,900	2,610	9,130	5,850	7,260	9,130	2,220	21,900
1987	2,050	12,400	34,800	9,020	4,830	4,650	5,410	23,800	17,900	8,200	14,800	8,200	34,800
1988	5,510	8,630	6,170	4,890	3,700	20,200	3,080	3,870	12,500	24,200	1,640	3,230	24,200
1989	1,740	6,170	3,950	8,360	14,500	2,670	32,700	23,200	15,000	3,370	3,530	3,530	32,700
1990	7,190	3,530	4,230	8,710	2,700	13,600	11,300	2,700	2,440	6,050	47,100	10,500	47,100
1992	1,410	1,890	8,570	11,200	8,300	2,930	1,170	1,040	3,660	22,600	23,500	23,500	23,500
1993	2,230	0,958	0,870	1,360	0,786	0,786	1,150	1,250	1,960	30,500	4,090	13,700	30,500
1994	10,200	1,860	1,250	10,500	1,910	3,270	2,310	3,090	8,450	13,800	13,800	13,800	13,800
1995	6,760	10,000	18,000	3,770	4,590	2,680	4,590	7,570	23,200	2,050	2,520	7,300	23,200
1996	14,200	3,970	4,810	10,000	8,240	10,600	35,400	7,160	4,430	13,900	12,200	2,560	35,400
1997	2,450	3,450	1,870	1,480	1,130	12,300	3,650	23,400	7,480	0,684	4,550	16,400	23,400
1998	2,510	1,110	1,130	2,760	1,480	1,870	20,100	3,810	20,100	20,500	51,400	1,660	51,400
1999	1,210	2,360	7,330	8,980	24,300	7,510	12,400	7,260	3,100	2,210	1,900	16,400	24,300
2000	1,590	1,740	5,770	2,390	1,920	3,060	3,240	4,600	2,220	5,670	20,900	15,500	20,900
2001	18,700	3,260	11,800	11,400	3,830	2,070	1,520	1,190	13,400	6,420	4,180	1,090	18,700
2002	0,845	3,710	3,360	4,760	2,110	2,800	2,280	7,320	3,740	10,600	4,180	7,170	10,600
2003	2,980	1,310	1,780	1,890	1,020	0,766	0,766	2,590	1,720	5,650	6,120	7,850	7,850
2004	6,120	1,890	15,400	17,700	3,530	9,850	15,300	5,360	13,200	11,900	6,790	12,900	17,700
2005	2,620	1,460	3,740	8,620	5,200	1,790	15,900	13,500	6,900	34,500	17,300	18,000	34,500
2006	2,480	6,500	8,860	9,150	18,600	9,750	1,890	5,200	11,800	2,770	1,360	2,480	18,600
2007	9,850	7,150	5,900	3,220	1,690	1,430	2,880	2,900	26,900	12,500	2,790	2,640	26,900
2008	1,670	1,560	6,350	5,650	2,590	15,900	13,200	10,000	1,160	1,780	3,170	15,000	15,900
2009	6,650	15,000	20,500	5,890	2,060	11,000	18,400	9,190	17,200	1,490	3,230	11,000	20,500
2010	2,920	14,100	4,890	1,880	1,520	2,900	2,110	9,520	43,300	7,470	16,300	17,500	43,300
2011	2,800	1,220	15,100	2,050	5,120	4,370	9,090	6,440	3,820	6,340	1,190	3,990	15,100

PRILOGA D: Vrednost faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka

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

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

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

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

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

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

PRILOGA E: Skupine ekoloških tipov

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

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

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

PRILOGA F: GEODETSKI NAČRT OBSTOJEČEGA STANJA

PRILOGA G: Vrednosti Manningovih koeficientov hrapavosti za naravne vodotoke
(Rak, 2006)

VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Minimum	Običajno	Maksimalno
I. Naravni vodotoki			
Rečno korito			
a. Čisto, ravno, polno in brez tolmunov	0.025	0.030	0.033
b. Enako kot zgoraj, s kamenjem in zarastjo	0.030	0.035	0.040
c. Vijugast, čist kanal s tolmunji in prodom	0.033	0.040	0.045
d. Enako, kot "c" s kamenjem in pleveli	0.035	0.045	0.050
e. Enako, kot "d" z manjšim padcem in nižjo gladino	0.040	0.048	0.055
f. Podobno kot "d" z večjo količino kamenja	0.045	0.05	0.060
g. Počasni ravni del, z večjo količino pleveli in tolmunov	0.050	0.070	0.080
h. Korito močneje poraščeno s plevelom in z globokimi tolmunji oziroma gosteje zaraščene poplavne poti	0.075	0.100	0.150
i. Gorski vodotok (strme brežine, brez zarasti) s peščenim ali prodnatim dnom	0.030	0.040	0.050
j. Enako kot "i" z večjimi skalami v koritu	0.040	0.050	0.070
Poplavne površine			
Travniki brez grmičevja			
a. Nizka pokošena trava	0.025	0.030	0.035
b. Visoka trava	0.030	0.035	0.050
Obdelovalne površine			
a. Brez rastlinja	0.020	0.030	0.040
b. Zreli, v vrstah gojeni, pridelki	0.025	0.035	0.450
c. Zreli, po vsej površini gojeni, pridelki	0.030	0.040	0.050
Grmičevje			
a. Posamezni grmi, goste pleveli	0.035	0.050	0.070
b. Redko grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.035	0.050	0.060
c. Redko grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.040	0.060	0.080
d. Srednje gosto grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.045	0.700	0.110
e. Srednje gosto grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.070	0.100	0.160
Drevje			
a. Čistina z drevesnimi štori in brez mladik	3.000	0.040	0.080
b. Čistina z drevesnimi štori in gostimi mladikami	0.050	0.060	0.120
c. Gostejši gozdovi z malo podrtimi drevesi, podrasti z gladino pod košnjami dreves	0.080	0.100	0.160
e. Enako kot "c", le da nivo vode sega do krošenj	0.100	0.120	0.160
f. Gost gozd z listjem (poleti)	0.110	0.150	0.200

PRILOGA H: IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE KANALA

DOBA OBRATOVANJA 20 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	-151.950,6	-123.782,0	-74.378,3	34.644,4	-172.885,9	-147.004,1	-126.099,2	-109.241,5	-315.572,1	-305.503,2	-296.787,5	-291.247,3	-591.190,0	-586.206,5	-584.688,9	-582.126,0				
1%	-156.952,8	-132.034,7	-88.331,9	-53.183,0	-190.673,6	-167.778,3	-149.285,7	-134.373,3	-336.543,8	-327.636,8	-319.926,8	-315.025,9	-607.550,5	-603.142,1	-601.799,5	-599.532,4				
2%	-160.998,7	-138.875,4	-100.074,3	-68.867,8	-205.540,7	-185.213,4	-168.794,9	-155.555,1	-353.926,1	-346.018,1	-339.172,9	-334.821,6	-620.660,4	-616.746,4	-615.554,4	-613.541,6				
3%	-164.247,3	-144.536,4	-109.966,2	-82.162,3	-217.965,3	-199.854,4	-185.226,2	-173.430,0	-368.309,4	-361.263,6	-355.164,8	-351.288,0	-631.062,0	-627.574,8	-626.512,8	-624.719,4				
4%	-166.829,5	-149.708,7	-118.304,2	-93.448,6	-228.340,8	-212.150,4	-199.073,3	-188.577,9	-380.179,3	-373.880,6	-368.478,5	-364.962,7	-639.201,5	-636.084,1	-635.134,7	-633.531,5				
5%	-168.853,3	-153.050,1	-125.333,6	-103.041,9	-236.992,6	-222.472,2	-210.744,1	-201.286,5	-389.937,1	-384.288,2	-379.398,4	-376.290,2	-645.447,4	-642.651,6	-641.800,1	-640.362,2				
6%	-170.408,0	-156.191,4	-131.257,6	-111.204,0	-244.189,8	-231.127,3	-220.576,6	-212.068,6	-397.915,2	-392.833,4	-388.434,5	-385.638,4	-650.104,5	-647.589,3	-646.823,3	-645.529,8				
7%	-171.567,9	-158.741,3	-136.245,2	-118.152,2	-250.156,6	-238.371,1	-228.851,9	-221.175,7	-404.389,8	-399.804,8	-395.836,0	-393.313,2	-651.156,6	-650.465,5	-649.298,4	-649.298,4				
8%	-172.394,9	-160.790,2	-140.437,3	-124.067,9	-255.079,4	-244.416,7	-235.804,4	-228.859,4	-409.591,0	-405.442,8	-401.852,1	-399.569,6	-655.622,4	-653.569,4	-652.944,1	-651.888,2				
9%	-172.940,5	-162.413,9	-143.951,6	-129.102,9	-259.114,4	-249.442,1	-241.629,8	-235.330,0	-413.711,3	-409.948,4	-406.691,2	-404.620,8	-656.870,2	-655.007,8	-654.440,6	-653.482,8				
10%	-173.248,2	-163.675,8	-146.887,1	-133.384,3	-262.392,4	-253.597,0	-246.492,8	-240.764,0	-416.912,0	-413.490,2	-410.528,3	-408.645,5	-657.316,5	-655.623,0	-655.107,2	-654.236,1				

DOBA OBRATOVANJA 30 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	-118.376,2	-74.801,3	1.535,1	62.930,1	-72.118,6	-32.177,2	174,0	26.271,7	-191.050,4	-175.492,5	-162.025,5	-153.465,0	-476.395,3	-468.695,2	-466.350,1	-462.390,2				
1%	-131.111,4	-94.391,5	-29.990,1	21.805,9	-113.230,9	-79.492,0	-52.241,0	-30.265,8	-240.845,1	-227.719,6	-216.358,1	-209.136,0	-519.327,3	-512.831,0	-510.852,7	-507.511,8				
2%	-141.071,2	-109.847,0	-55.084,3	-11.040,3	-145.821,1	-117.131,7	-93.959,2	-75.272,9	-280.128,4	-268.967,4	-259.306,3	-253.165,1	-552.627,4	-547.103,4	-545.421,1	-542.580,3				
3%	-148.829,2	-122.076,7	-75.156,8	-37.420,5	-171.759,4	-147.178,7	-127.324,8	-111.314,6	-311.211,1	-301.648,4	-293.370,9	-288.109,2	-578.424,0	-573.691,1	-572.249,7	-569.815,7				
4%	-154.861,5	-131.774,8	-91.284,1	-58.718,5	-192.474,4	-171.261,9	-154.128,4	-140.312,0	-335.857,8	-327.605,5	-320.462,2	-315.921,4	-598.342,3	-594.257,9	-593.014,0	-590.913,5				
5%	-159.533,8	-139.474,3	-104.293,0	-75.997,6	-209.063,3	-190.632,3	-175.745,5	-163.740,7	-355.423,9	-348.253,6	-342.047,0	-338.101,6	-613.630,3	-610.081,4	-609.000,7	-607.175,5				
6%	-163.128,3	-145.587,1	-114.822,3	-90.079,0	-222.373,6	-206.256,3	-193.238,4	-182.740,7	-370.956,1	-364.685,9	-359.258,4	-355.808,4	-625.251,3	-622.148,0	-621.202,9	-619.606,9				
7%	-165.864,2	-150.432,7	-123.368,1	-101.600,8	-233.063,5	-218.884,7	-207.432,4	-198.197,3	-383.267,3	-377.751,2	-372.976,5	-369.941,4	-633.953,4	-631.223,3	-630.391,9	-628.987,8				
8%	-167.912,7	-154.261,1	-130.318,0	-111.061,3	-241.647,1	-229.103,6	-218.972,2	-210.802,2	-392.992,3	-388.112,4	-383.888,4	-381.203,3	-640.320,3	-637.905,1	-637.169,6	-635.927,4				
9%	-169.408,1	-157.268,2	-135.976,4	-118.852,1	-248.528,2	-237.373,6	-228.364,1	-221.098,8	-400.629,6	-396.290,1	-392.533,7	-390.146,0	-644.810,3	-642.662,6	-642.008,4	-640.903,8				
10%	-170.456,3	-159.608,8	-140.583,8	-125.282,5	-254.025,5	-244.058,5	-236.008,1	-229.516,3	-406.572,7	-402.695,2	-399.338,7	-397.205,2	-647.784,9	-645.865,8	-645.281,3	-644.294,2				

DOBA OBRATOVANJA 60 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000					
0%	17.453,0	72.140,9	229.275,3	355.653,6	230.183,3	312.503,5	378.993,7	432.611,3	182.514,8	214.539,8	242.260,6	259.881,9	132.011,3	116.161,0	111.334,0	103.182,9				
1%	-67.367,1	-1.535,1	113.924,6	206.785,3	77.801,3	138.288,7	187.144,7	226.542,0	-4.779,8	18.751,6	39.120,4	52.068,3	-301.702,4	-290.055,9	-286.509,0	-280.519,7				
2%	-100.311,7	-50.472,6	36.937,8	107.239,4	-23.671,0	22.122,0	59.109,1	88.935,5	-129.183,3	-111.368,5	-95.947,9	-86.145,5	-413.473,4	-404.656,2	-401.971,0	-397.436,7				
3%	-122.467,9	-83.676,2	-15.641,3	39.077,2	-92.758,6	-57.116,1	-28.327,5	-5.112,5	-213.587,0	-199.721,0	-187.718,5	-180.089,0	-488.425,8	-481.563,0	-479.473,0	-475.943,7				
4%	-137.624,3	-106.665,3	-52.367,8	-8.697,9	-140.817,0	-112.371,4	-89.395,7	-70.868,1	-272.023,0	-260.956,8	-251.377,7	-245.288,7	-539.494,0	-534.016,9	-532.348,9	-529.532,2				
5%	-148.143,6	-122.882,3	-78.577,6	-42.944,6	-174.928,8	-151.718,1	-132.970,8	-117.853,0	-313.242,6	-304.212,9	-296.396,8	-291.428,4	-574.744,0	-570.274,9	-568.913,8	-566.615,5				
6%	-155.526,0	-134.512,8	-97.658,7	-68.018,0	-199.590,7	-180.283,4	-164.688,7	-152.113,2	-342.802,5	-335.291,3	-328.789,5	-324.656,6	-599.296,9	-595.579,4	-594.447,2	-592.535,3				
7%	-160.741,6	-142.970,6	-111.802,7	-86.735,4	-217.711,7	-201.383,3	-188.194,7	-177.559,5	-364.296,5	-357.944,2	-352.445,5	-348.950,3	-616.464,5	-613.320,5	-612.363,0	-610.746,1				
8%	-164.429,6	-149.187,2	-122.454,2	-100.953,6	-231.208,7	-217.203,6	-205.891,6	-196.769,6	-380.093,1	-374.644,7	-369.928,4	-366.930,5	-628.428,8	-625.732,2	-624.910,9	-623.524,0				
9%	-167.019,4	-153.788,6	-130.583,6	-111.920,4	-241.369,6	-229.212,8	-219.393,6	-211.475,5	-391.783,5	-387.054,1	-382.960,2	-380.357,9	-636.655,3	-634.314,5	-633.601,6	-632.397,8				
10%	-168.804,9	-157.203,2	-136.855,5	-120.490,4	-249.076,5	-238.416,6	-229.806,5	-222.863,3	-400.457,1	-396.309,9	-392.770,1	-390.438,3	-642.147,0	-640.094,4	-639.469,3	-638.413,7				

PRILOGA I: IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE TUNELA

DOBA OBRATOVANJA 20 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	242.307,0	214.138,4	164.734,7	125.000,8	274.615,9	248.734,1	227.829,2	210.971,5	504.200,1	494.131,2	485.415,5	479.875,3	663.284,8	658.301,3	656.783,7	654.220,8				
1%	-244.957,5	-220.039,4	-176.336,6	-141.187,7	-289.755,9	-266.860,6	-248.368,0	-233.455,6	-520.262,4	-511.355,4	-503.645,4	-498.744,5	-677.768,9	-673.360,5	-672.017,9	-669.750,8				
2%	-246.890,0	-224.766,7	-185.965,7	-154.759,1	-302.243,6	-281.916,3	-265.497,8	-252.257,9	-533.232,8	-525.324,8	-518.479,6	-514.128,3	-689.192,5	-685.278,6	-684.086,6	-682.073,7				
3%	-248.271,2	-228.516,3	-193.946,1	-166.142,2	-312.516,1	-294.405,2	-279.771,0	-267.980,8	-543.625,8	-536.580,0	-530.481,2	-526.604,4	-698.069,0	-694.581,8	-693.519,8	-691.726,4				
4%	-249.070,0	-231.449,2	-200.544,7	-175.689,1	-320.933,3	-304.742,9	-291.665,8	-281.120,4	-551.864,5	-545.565,9	-540.113,7	-536.648,0	-704.820,7	-701.703,3	-700.753,9	-699.150,6				
5%	-249.501,5	-233.698,4	-205.981,8	-183.690,2	-327.792,4	-313.272,1	-301.543,9	-292.086,3	-558.298,4	-552.649,5	-547.759,7	-544.651,5	-709.796,1	-707.000,3	-706.148,8	-704.710,9				
6%	-249.590,5	-235.374,0	-210.440,2	-190.386,6	-333.339,5	-320.276,9	-309.726,3	-301.218,2	-563.216,7	-558.134,9	-553.736,0	-550.939,8	-713.283,7	-710.768,6	-710.002,6	-708.709,0				
7%	-249.394,0	-236.567,4	-214.071,3	-195.978,4	-337.779,1	-325.993,6	-316.474,4	-308.798,2	-566.859,6	-562.274,6	-558.305,8	-555.783,0	-715.522,8	-713.253,6	-712.562,5	-711.395,4				
8%	-248.959,5	-237.354,8	-217.001,9	-200.632,5	-341.281,5	-330.618,8	-322.006,5	-315.061,6	-569.471,2	-565.279,1	-561.688,3	-559.405,9	-716.712,8	-714.659,8	-714.034,5	-712.978,6				
9%	-248.326,3	-237.799,7	-219.337,4	-204.488,7	-343.989,3	-334.317,1	-326.504,8	-320.205,0	-571.086,7	-567.323,8	-564.066,6	-561.996,2	-717.020,0	-715.157,7	-714.590,5	-713.632,6				
10%	-247.527,7	-237.955,3	-221.166,6	-207.663,8	-346.021,8	-337.226,4	-330.122,3	-324.393,5	-571.977,9	-568.556,1	-565.594,1	-563.711,4	-716.583,6	-714.890,1	-714.374,3	-713.503,3				

DOBA OBRATOVANJA 30 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	216.212,3	172.687,4	96.351,0	34.956,0	-182.326,1	-142.334,7	-110.033,5	-83.985,8	-395.397,4	-379.839,5	-366.372,5	-357.812,0	-554.498,0	-546.797,9	-544.452,8	-540.492,9				
1%	-224.902,9	-188.183,0	-123.781,6	-71.985,6	-218.828,4	-185.089,5	-157.838,5	-135.863,3	-436.644,2	-423.518,7	-412.157,2	-404.935,1	-594.103,0	-587.666,7	-585.688,3	-582.347,5				
2%	-231.425,0	-200.200,8	-145.438,1	-101.394,1	-247.548,1	-218.858,7	-195.686,2	-176.999,9	-468.751,0	-457.589,9	-447.928,8	-441.787,6	-624.720,1	-619.196,1	-617.513,8	-614.673,0				
3%	-236.261,8	-209.509,3	-162.589,4	-124.853,1	-270.197,5	-245.616,8	-225.762,9	-209.752,7	-493.735,3	-484.172,7	-475.895,1	-470.633,4	-648.185,9	-643.453,0	-642.011,6	-639.577,6				
4%	-239.782,1	-216.695,4	-176.204,6	-143.639,1	-288.084,3	-266.871,8	-249.738,3	-235.921,9	-513.138,0	-504.885,6	-497.742,3	-493.201,6	-666.099,9	-662.015,5	-660.771,6	-658.671,1				
5%	242.269,0	222.209,6	187.028,2	158.732,9	302.212,8	283.781,8	268.895,0	256.890,2	528.142,0	520.971,7	514.765,0	510.819,7	679.644,2	676.095,4	675.014,6	673.189,5				
6%	-243.941,0	-226.399,8	-195.635,0	-170.891,8	-313.358,7	-297.241,4	-284.223,4	-273.725,7	-539.660,8	-533.390,6	-527.963,1	-524.513,0	-689.731,3	-686.628,0	-685.682,9	-684.086,8				
7%	-244.967,6	-229.536,1	-202.471,5	-180.704,2	-322.124,1	-307.945,2	-296.492,9	-287.257,8	-548.403,5	-542.887,5	-538.112,7	-535.077,6	-697.069,5	-694.339,4	-693.508,0	-692.103,9				
8%	-245.481,1	-231.829,4	-207.886,3	-188.629,6	-328.979,3	-316.435,8	-306.304,4	-298.134,4	-554.923,9	-550.044,0	-545.819,9	-543.134,9	-702.211,6	-699.796,4	-699.060,8	-697.818,7				
9%	-245.584,9	-233.445,0	-212.153,3	-195.028,9	-334.293,7	-323.139,2	-314.129,7	-306.864,4	-559.656,3	-555.316,8	-551.560,5	-549.172,7	-705.591,3	-703.443,6	-702.789,5	-701.684,8				
10%	-245.361,0	-234.513,5	-215.488,5	-200.187,3	-338.358,8	-328.391,8	-320.341,5	-313.849,6	-562.943,8	-559.066,2	-555.709,8	-553.576,2	-707.550,9	-705.631,8	-705.047,3	-704.060,2				

DOBA OBRATOVANJA 40 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	-190.117,6	-131.236,3	-27.967,3	55.088,8	-90.036,3	-35.935,3	7.762,3	42.999,9	-286.594,6	265.547,7	247.329,5	235.748,7	445.711,3	435.294,4	432.122,0	426.765,1				
1%	-206.747,8	-159.343,9	-76.204,3	-9.337,8	-154.618,7	-111.063,2	-75.883,2	-47.514,2	-360.945,7	344.001,3	-329.334,2	-320.010,8	-518.475,6	-510.089,2	-507.535,2	-503.222,4				
2%	-218.738,3	-180.048,2	-112.191,4	-57.616,2	-202.678,8	-167.129,6	-138.416,4	-115.262,2	-415.853,4	-402.023,7	-390.052,6	-382.443,0	-571.830,3	-564.985,5	-562.900,9	-559.380,9				
3%	-227.358,3	-195.366,3	-139.257,0	-94.130,0	-238.708,5	-209.313,7	-185.571,4	-166.425,6	-456.612,2	-445.176,6	-435.278,0	-428.985,8	-611.068,1	-605.408,3	-603.684,6	-600.774,0				
4%	-233.507,4	-206.728,2	-159.761,4	-121.987,3	-265.892,7	-241.287,4	-221.413,7	-205.387,5	-486.975,7	-477.403,5	-469.117,7	-463.850,7	-639.941,5	-635.203,8	-633.761,0	-631.324,6				
5%	-237.828,8	-215.156,4	-175.392,3	-143.411,2	-286.509,2	-265.677,3	-248.851,4	-235.282,9	-509.628,6	-501.524,3	-494.509,2	-490.049,9	-661.133,5	-657.122,4	-655.900,8	-653.838,0				
6%	-240.786,3	-221.388,7	-187.367,9	-160.006,0	-302.201,5	-284.378,4	-269.982,7	-258.374,0	-526.507,3	-519.573,5	-513.571,6	-509.756,4	-676.579,7	-673.148,0	-672.102,8	-670.337,9				
7%	-242.717,5	-225.961,8	-196.574,7	-172.939,6	-314.165,8	-298.770,3	-286.335,3	-276.307,7	-539.021,4	-533.032,0	-527.847,6	-524.552,0	-687.688,7	-684.724,4	-683.821,6	-682.297,1				
8%	-243.869,9	-229.270,1	-203.664,1	-183.069,9	-323.281,0	-309.866,4	-299.031,3	-290.293,9	-548.206,0	-542.987,2	-538.469,8	-535.598,3	-695.494,7	-692.911,8	-692.125,1	-690.796,7				
9%	-244.426,9	-231.605,6	-209.118,6	-191.033,0	-330.198,2	-318.417,6	-308.902,3	-301.229,2	-554.828,0	-550.244,9	-546.277,7	-543.756,0	-700.763,7	-698.495,4	-697.804,6	-696.638,0				
10%	-244.525,7	-233.186,6	-213.299,4	-197.304,7	-335.404,4	-324.985,7	-316.570,5	-309.784,5	-559.460,7	-555.407,5	-551.898,9	-549.668,7	-704.068,3	-702.062,3	-701.451,3	-700.419,5				

DOBA OBRATOVANJA 50 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	-164.022,9	-89.785,3	40.416,4	145.133,6	2.253,5	70.464,1	125.558,0	169.985,6	-177.791,9	-151.256,0	-128.286,4	-113.685,4	-336.924,5	-323.790,9	-319.791,2	-313.037,2				
1%	-190.312,2	-133.236,2	-33.133,2	47.376,5	-96.490,4	-44.048,1	-1.690,2	32.467,1	-292.416,9	-272.015,3	-254.355,6	-243.129,9	-449.956,9	-439.859,3	-436.784,3	-431.591,5				
2%	-208.330,8	-163.516,1	-84.917,5	-21.703,1	-165.870,3	-124.693,7	-91.435,3	-64.615,7	-372.459,0	-356.440,0	-342.574,0	-333.759,8	-528.442,2	-520.513,9	-518.099,4	-514.022,1				
3%	-220.733,3	-184.842,6	-121.895,6	-71.269,2	-215.277,7	-182.300,7	-155.665,1	-134.186,1	-428.989,0	-416.159,9	-405.055,0	-397.996,0	-583.449,1	-577.099,5	-575.165,8	-571.900,4				
4%	-229.268,5	-199.994,8	-148.652,9	-107.360,1	-250.900,8	-224.003,6	-202.278,5	-184.759,5	-469.301,5	-458.837,6	-449.780,0	-444.022,4	-622.269,8	-617.090,8	-615.513,6	-612.850,2				
5%	-235.102,9	-210.826,4	-168.248,9	-134.005,1	-276.868,5	-254.562,8	-236.546,3	-222.017,9	-498.262,9	-489.585,3	-482.073,8	-477.299,1	-649.769,5	-645.474,6	-644.166,7	-641.957,9				
6%	-239.024,8	-218.590,5	-182.751,6	-153.927,4	-295.971,4	-277.195,8	-262.030,8	-249.801,7	-519.162,5	-511.858,2	-505.535,5	-501.516,4	-669.236,0	-665.620,8	-664.519,8	-662.660,6				
7%	-241.573,6	-224.144,8	-193.577,1	-168.992,4	-310.120,3	-294.106,3	-281.171,7	-270.741,3	-534.252,0	-528.022,0	-522.629,3	-519.201,3	-682.920,0	-679.836,6	-678.897,6	-677.311,8				
8%	-243.123,6	-228.084,6	-201.708,4	-180.494,7	-320.641,6	-306.823,4	-295.662,2	-286.662,2	-545.094,3	-539.718,6	-535.065,3	-532.107,3	-692.383,5	-689.722,9	-688.912,6	-687.544,2				
9%	-243.937,8	-230.828,6	-207.836,8	-189.345,1	-328.468,2	-316.423,1	-306.694,2	-298.848,8	-552.788,5	-548.102,5	-544.046,2	-541.467,9	-698.724,5	-696.405,3	-695.698,9	-694.506,1				
10%	-244.203,6	-232.675,0	-212.455,4	-196.193,4	-334.265,4	-323.672,5	-315.116,7	-308.217,2	-558.117,9	-553.996,9	-550.429,7	-548.162,2	-702.725,7	-700.686,1	-700.064,9	-699.015,9				

DOBA OBRATOVANJA 60 LET

DS	DN 1000					DN 1500					DN 2000					DN 2400				
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000				
0%	-137.928,2	48.334,3	108.800,1	235.178,4	94.543,3	176.863,5	243.353,7	296.971,3	-68.989,2	-36.964,2	-9.243,4	8.377,9	228.137,7	212.287,4	207.460,4	199.309,3				
1%	-175.433,2	-109.601,2	5.858,5	98.719,2	-43.867,7	16.619,8	65.475,7	104.873,1	-230.378,7	-206.847,3	-186.478,4	-173.530,6	-387.927,7	-376.281,2	-372.734,3	-366.745,0				
2%	-199.793,0	-149.953,9	-62.543,4	7.758,1	-135.674,5	-89.881,5	-52.894,4	-23.068,0	-336.860,4	-319.045,6	-303.625,0	-293.822,6	-492.848,9	-484.031,7	-481.346,5	-476.812,1				
3%	-215.803,7	-177.012,0	-108.977,1	-54.258,6	-197.843,0	-162.200,5	-133.412,0	-110.196,9	-408.434,8	-394.568,8	-382.566,3	-374.936,7	-562.897,9	-556.035,1	-553.945,1	-550.415,8				
4%	-226.404,9	-195.445,9	-141.148,4	-97.478,5	-240.772,9	-212.327,2	-189.351,5	-170.824,0	-457.361,3	-446.295,1	-436.716,1	-430.627,0	-610.331,4	-604.854,3	-603.186,3	-600.369,6				
5%	-233.429,5	-208.168,2	-163.863,5	-128.230,5	-270.950,0	-247.739,4	-228.992,1	-213.874,3	-491.285,4	-482.255,8	-474.439,6	-469.471,2	-642.793,0	-638.323,9	-636.962,9	-634.664,5				
6%	-238.041,2	-217.028,0	-180.173,9	-150.533,2	-292.492,5	-273.185,1	-257.590,5	-245.015,0	-515.061,1	-507.549,9	-501.048,2	-496.915,3	-665.135,2	-661.417,7	-660.285,5	-658.373,7				
7%	-240.992,1	-223.221,1	-192.053,3	-166.985,9	-308.063,7	-291.735,3	-278.546,8	-267.911,6	-531.827,5	-525.475,2	-519.976,6	-516.481,3	-680.495,9	-677.351,9	-676.394,4	-674.777,5				
8%	-242.777,9	-227.535,5	-200.802,5	-179.301,9	-319.419,1	-305.414,0	-294.102,0	-284.980,0	-543.653,0	-538.204,6	-533.488,3	-530.490,4	-690.942,4	-688.245,8	-687.424,5	-686.037,7				
9%	-243.731,2	-230.500,3	-207.295,3	-188.632,1	-327.737,5	-315.580,6	-305.761,5	-297.843,3	-551.927,0	-547.197,5	-543.103,6	-540.501,3	-697.863,1	-695.522,4	-694.809,5	-693.605,6				
10%	-244.079,4	-232.477,8	-212.130,0	-195.764,9	-333.826,2	-323.166,2	-314.556,2	-307.613,0	-557.600,1	-553.453,0	-549.863,2	-547.581,3	-702.208,0	-700.155,5	-699.530,4	-698.474,7				

PRILOGA J: IZRAČUN NSV PRI RAZLIČNIH DISKONTNIH STOPNJAH ZA VSE PRIMERE INSTALIRANIH PRETOKOV V PRIMERU IZVEDBE KANALA Z VIŠJIM PRAGOM

DOBA OBRATOVANJA 20 LET

DS	DN 1000				DN 1500				DN 2000				DN 2400			
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000
0%	120.671,5	83.687,0	18.778,4	33.468,5	94.711,1	60.641,1	33.115,4	10.919,4	212.966,2	199.707,8	188.240,4	180.943,6	479.511,5	472.966,9	470.969,0	467.610,4
1%	-129.003,0	-96.207,7	-38.651,6	7.676,7	-120.825,1	-90.615,2	-66.208,3	-46.527,6	-244.871,7	-233.115,9	-222.948,2	-216.478,8	-507.775,8	-501.973,2	-500.202,3	-497.224,6
2%	-135.914,7	-106.722,2	-55.489,5	-14.251,5	-142.859,1	-115.969,0	-94.244,5	-76.726,9	-271.665,3	-261.202,0	-252.152,1	-246.394,1	-531.132,0	-525.967,4	-524.391,7	-521.741,7
3%	-141.639,9	-115.558,0	-69.784,7	-32.941,5	-161.477,2	-137.453,3	-118.044,6	-102.394,6	-294.181,6	-284.834,0	-276.749,1	-271.605,5	-550.388,1	-545.774,5	-544.367,3	-542.000,1
4%	-146.370,8	-122.984,8	-81.943,1	-48.908,7	-177.226,1	-155.686,4	-138.284,8	-124.253,3	-313.107,5	-304.726,9	-297.478,5	-292.867,2	-566.209,6	-562.073,4	-560.812,3	-558.690,3
5%	-150.265,9	-129.225,2	-92.299,8	-62.579,0	-190.557,8	-171.179,1	-155.523,6	-142.900,2	-329.010,7	-321.471,3	-314.950,5	-310.802,3	-579.145,9	-575.425,1	-574.291,0	-572.382,2
6%	-153.456,7	-134.464,0	-101.132,8	-74.305,4	-201.846,6	-184.354,9	-170.224,1	-158.830,2	-342.361,4	-335.556,6	-329.671,1	-325.927,4	-589.652,2	-586.294,0	-585.270,8	-583.548,3
7%	-156.052,4	-138.854,4	-108.673,3	-84.381,5	-211.403,8	-195.565,9	-182.771,2	-172.454,9	-353.550,8	-347.389,7	-342.061,0	-338.671,7	-598.106,5	-595.066,1	-594.140,2	-592.580,9
8%	-158.144,1	-142.524,6	-115.113,9	-93.052,3	-219.489,2	-205.105,7	-193.486,2	-184.117,6	-362.904,7	-357.309,8	-352.470,8	-349.393,2	-604.824,0	-602.063,2	-601.222,7	-599.806,9
9%	-159.807,7	-145.581,5	-120.616,0	-100.522,7	-226.319,8	-213.220,0	-202.637,8	-194.105,5	-370.695,9	-365.600,7	-361.193,9	-358.391,3	-610.068,1	-607.554,0	-606.789,0	-605.499,9
10%	-161.107,2	-148.114,8	-125.314,8	-106.964,7	-232.078,0	-220.115,0	-210.451,3	-202.659,8	-377.153,0	-372.500,4	-368.476,3	-365.917,4	-614.059,7	-611.764,0	-611.065,8	-609.889,9

DOBA OBRATOVANJA 30 LET

DS	DN 1000				DN 1500				DN 2000				DN 2400			
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000
0%	-71.442,7	-14.702,0	84.881,1	165.040,8	45.083,9	97.358,6	139.593,7	173.651,7	-37.191,9	-16.846,4	750,8	11.949,6	308.915,3	298.871,6	295.803,0	290.647,3
1%	-91.169,2	-43.190,6	41.013,9	108.793,9	-13.388,4	30.812,4	66.523,8	95.320,9	-109.783,8	-92.581,4	-77.702,8	-68.234,5	-376.667,5	-368.175,7	-365.581,9	-361.223,2
2%	-106.739,3	-65.838,3	5.944,3	63.724,8	-60.009,7	-22.330,6	8.111,4	32.659,0	-167.492,8	-152.829,3	-140.146,6	-132.076,1	-430.028,3	-422.790,0	-420.579,7	-416.864,7
3%	-119.066,5	-83.925,6	-22.252,6	27.389,8	-97.375,5	-65.004,0	-38.850,6	-17.761,3	-213.582,0	-200.984,6	-190.089,0	-183.156,1	-472.162,9	-465.944,7	-464.046,5	-460.855,4
4%	-128.848,6	-98.430,7	-45.047,2	-2.077,7	-127.468,4	-99.449,0	-76.811,9	-58.558,3	-250.543,6	-239.640,4	-230.210,2	-224.210,0	-505.488,8	-500.107,1	-498.464,8	-495.703,2
5%	-136.621,3	-110.104,9	-63.568,9	-26.111,6	-151.811,4	-127.387,0	-107.654,6	-91.743,4	-280.292,0	-270.788,4	-262.568,6	-257.338,9	-531.862,5	-527.171,8	-525.740,9	-523.334,2
6%	-142.798,6	-119.528,6	-78.690,5	-45.819,8	-171.580,8	-150.147,8	-132.832,4	-118.870,4	-304.306,1	-295.967,0	-288.754,3	-284.165,8	-552.718,0	-548.602,2	-547.347,2	-545.235,7
7%	-147.701,8	-127.152,6	-91.089,7	-62.063,1	-187.690,6	-168.764,6	-153.474,8	-141.146,3	-323.734,4	-316.371,2	-310.002,7	-305.951,4	-569.168,5	-565.534,6	-564.427,0	-562.562,9
8%	-151.581,9	-133.328,9	-101.296,1	-75.513,7	-200.854,6	-184.044,4	-170.464,2	-159.514,3	-339.474,0	-332.934,5	-327.278,3	-323.680,6	-582.083,6	-578.856,4	-577.873,2	-576.217,8
9%	-154.635,9	-138.334,2	-109.725,9	-86.700,2	-211.633,6	-196.621,2	-184.493,7	-174.715,3	-352.229,7	-346.390,0	-341.339,2	-338.126,8	-592.146,0	-589.264,3	-588.386,8	-586.908,9
10%	-157.019,6	-142.386,8	-116.707,8	-96.040,0	-220.470,5	-206.996,0	-196.111,0	-187.334,5	-362.558,1	-357.317,0	-352.784,0	-349.901,1	-599.894,7	-597.308,6	-596.521,5	-595.195,3

DOBA OBRATOVANJA 40 LET

DS	DN 1000				DN 1500				DN 2000				DN 2400			
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000
0%	-22.213,9	54.283,1	188.540,7	296.613,1	184.878,9	255.358,3	312.302,7	358.272,8	138.582,5	166.015,1	189.742,0	204.842,8	-138.319,1	-124.776,3	-120.636,9	-113.684,3
1%	-56.918,7	4.805,1	113.134,0	200.334,1	83.872,6	140.739,2	186.684,4	223.734,4	12.509,6	34.642,7	53.786,0	65.969,1	-257.976,9	-247.050,5	-243.711,8	-238.102,8
2%	-82.805,3	-32.299,2	56.341,3	127.692,4	7.955,7	54.485,5	92.078,8	122.393,6	-82.035,0	-63.925,9	-48.263,0	-38.295,5	-347.088,0	-338.148,5	-335.417,6	-330.829,0
3%	-102.269,8	-60.388,1	13.115,7	72.281,8	-49.677,8	-11.095,0	20.077,2	45.213,9	-153.608,3	-138.592,8	-125.605,8	-117.341,5	-413.956,0	-406.543,9	-404.280,4	-400.476,1
4%	117.011,2	81.842,9	20.121,6	29.559,6	93.853,9	61.457,0	35.283,0	14.177,1	208.277,6	195.670,3	184.766,1	177.827,7	464.467,9	458.244,9	456.345,1	453.151,4
5%	-128.244,8	-98.366,7	-45.930,7	-3.723,8	-128.024,5	-100.502,4	-78.267,1	-60.337,6	-250.383,0	-239.673,5	-230.410,6	-224.517,0	-502.834,6	-497.548,5	-495.935,4	-493.222,9
6%	-136.847,2	-111.188,8	-66.158,7	-29.913,7	-154.680,6	-131.046,7	-111.953,1	-96.557,0	-283.056,2	-273.860,3	-265.906,6	-260.846,4	-532.094,1	-527.555,3	-526.170,9	-523.842,1
7%	-143.456,8	-121.204,0	-82.151,0	-50.717,5	-175.636,0	-155.140,2	-138.582,0	-125.230,6	-308.577,3	-300.602,9	-293.705,8	-289.318,1	-554.457,9	-550.522,2	-549.322,3	-547.303,2
8%	-148.542,3	-129.069,6	-94.895,8	-67.390,0	-192.223,2	-174.288,9	-159.800,5	-148.118,2	-328.621,1	-321.644,0	-315.609,4	-311.770,7	-571.550,4	-568.107,1	-567.057,8	-565.291,5
9%	-152.451,3	-135.272,9	-105.125,9	-80.861,5	-205.429,9	-189.609,7	-176.829,4	-166.524,6	-344.429,5	-338.275,3	-332.952,4	-329.566,8	-584.575,5	-581.538,5	-580.613,5	-579.055,9
10%	-155.443,7	-140.178,4	-113.389,4	-91.828,1	-215.995,4	-201.938,1	-190.582,1	-181.426,0	-356.931,2	-351.463,2	-346.734,0	-343.726,1	-594.433,6	-591.735,4	-590.914,0	-589.530,3

DOBA OBRATOVANJA 50 LET

DS	DN 1000				DN 1500				DN 2000				DN 2400			
	Q378	Q500	Q750	Q1000	Q1250	Q1500	Q1750	Q2000	Q2250	Q2500	Q2750	Q3000	Q3250	Q3500	Q3750	Q4000
0%	27.014,8	123.268,1	292.200,3	428.185,5	324.673,9	413.358,1	485.011,7	542.793,8	314.356,8	348.876,5	378.733,2	397.736,0	32.277,0	49.319,1	54.529,2	63.278,7
1%	-25.912,2	48.254,9	178.423,5	283.204,2	171.921,8	240.254,5	295.464,2	339.985,6	123.220,1	149.817,0	172.821,1	187.461,8	-150.527,8	-137.397,5	-133.384,3	-126.643,6
2%	-63.171,1	-4.785,5	97.684,5	180.168,2	63.710,9	117.501,5	160.961,4	196.007,2	-11.929,9	9.005,8	27.113,4	38.637,2	-279.048,2	-268.713,0	-265.555,1	-260.249,8
3%	-89.771,5	-42.874,0	39.433,1	105.685,8	-14.186,3	29.018,4	63.925,1	92.073,3	-108.982,2	-92.167,5	-77.624,2	-68.369,3	-370.644,5	-362.344,1	-359.808,7	-355.548,3
4%	-109.014,4	-70.636,7	-3.282,8	50.932,7	-71.145,1	-35.791,0	-7.227,6	15.805,2	-179.724,2	-165.965,7	-154.065,8	-146.493,5	436.755,7	429.964,2	427.890,6	424.405,0
5%	-123.102,3	-91.160,5	-35.102,3	10.020,3	-113.421,4	-83.997,6	-60.225,8	-41.057,1	-232.021,5	-220.571,6	-210.668,4	-204.367,3	485.014,0	479.362,4	477.637,4	474.737,2
6%	-133.524,0	-106.531,9	-59.161,1	-21.031,7	-145.243,6	-120.380,8	-100.294,2	-84.097,4	-271.190,4	-261.516,1	-253.148,6	-247.824,9	520.577,8	515.802,8	514.346,1	511.896,0
7%	-141.298,8	-118.180,0	-77.607,1	-44.950,0	-169.508,0	-148.214,2	-131.011,3	-117.139,9	-300.872,1	-292.587,1	-285.421,3	-280.862,6	-546.979,8	-542.890,7	-541.643,9	-539.546,0
8%	-147.134,4	-127.096,6	-91.931,3	-63.627,1	-188.225,1	-169.770,3	-154.861,2	-142.839,7	-323.594,1	-316.414,3	-310.204,4	-306.254,1	-566.671,5	-563.128,1	-562.048,2	-560.230,5
9%	-151.528,5	-133.979,7	-103.182,7	-78.395,1	-202.809,4	-186.648,0	-173.592,0	-163.064,8	-341.134,5	-334.847,5	-329.409,8	-325.951,0	-581.377,7	-578.275,1	-577.330,0	-575.738,7
10%	-154.836,1	-139.327,0	-112.110,0	-90.204,2	-214.270,0	-199.988,0	-188.450,5	-179.148,0	-354.761,7	-349.206,3	-344.401,4	-341.345,4	-592.328,0	-589.586,7	-588.752,1	-587.346,2

