

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**TEHNIČNA, EKOLOŠKA IN EKONOMSKA ANALIZA
RAZLIČIC NAČRTOVANE HIDROELEKTRARNE
UČJA**

DIPLOMSKO DELO

Erik Žnideršič

Mentor: Prof. dr. Božidar Šarler

Nova Gorica, 2007

ZAHVALA

Za nastanek tega diplomskega dela se zahvaljujem vsakomur, ki mi je kakorkoli pomagal, predvsem pa mentorju prof. dr. Božidarju Šarlerju, Bogdanu Luliku, dipl. inž. el., Silvestru Vončini, univ. dipl. ekon. za koristne nasvete ter podjetju Soške elektrarne Nova Gorica (SENG).

Zahvaljujem se tudi staršem, ki so mi od samega začetka študija vedno stali ob strani.

IZVLEČEK

V delu analiziramo dve različici bodoče hidroelektrarne (HE) Učja po tehničnih, ekoloških in ekonomskih elementih.

V prvi različici je predvidena izgradnja avtomatizirane akumulacijske HE. Proizvedena energija le-te bi bila vršna z najmanj tedensko do desetdnevno izravnavo. V drugi različici pa je predvidena HE pretočnega tipa brez možnosti akumuliranja vode s proizvodnjo temeljne energije.

V delu opišemo hidrološke značilnosti reke Učje. Sledi tehnični del, v katerem so opisane osnovne karakteristike obeh HE. V tehnični analizi je zajet podroben opis projektnih karakteristik obeh različic. Glede na tehnične karakteristike so končni rezultati pokazali, da je bolj smotrna izbira prve različice. Prva različica elektrarne je projektirana za moč 25,2 MW, instaliran pretok 15 m³/s, bruto padeč 214 m. Druga različica pa za moč 4,8 MW, instaliran pretok 3,0 m³/s ter bruto padeč 204 m.

Pri ekološki analizi smo analizirali naravno okolje tamkajšne doline, vpliv na urbano okolje ter vpliv na rastlinstvo in živalstvo. Sam poseg v okolje zavisi od omenjenih dejavnikov, med katerimi je najpomembnejši gozdni poseg. Izkazalo se je, da je pri drugi različici poseg v okolje manjši kot pri prvi.

Elementi ekonomske analize temeljijo za obe različici na izračunu moči, letni proizvodnji energije, oceni investicijskih in obratovalnih stroškov, prihodku od prodaje ter vračilni dobi projekta. Ekonomsko analizo smo naredili na podlagi teorije o proizvodnji in stroških. Ker je moč elektrarne pri prvi različici večja kot pri drugi, je razumljivo, da so tudi investicijski in obratovalni stroški večji. Pri prvi različici znašajo cca. 30 milijonov EUR, pri drugi pa cca. 15 milijonov EUR. Prva različica se amortizira po 31 letih obratovanja, medtem ko se druga različica v obdobju 50 let ne amortizira in s tem ekonomsko ni upravičena.

V diplomskem delu je tudi na kratko preučen energetski potencial reke Soče ter podane možnosti priklopa predvidene hidroelektrarne Učja v električno omrežje.

Po opravljeni tehnični, ekološki ter ekonomski analizi zaključimo, da je prva različica bolj primerna.

ABSTRACT

Two versions of the future hydroelectric power station (HS) Učja are analysed in this work by considering technical, ecological, and economic elements.

In the first version, an automated accumulation hydroelectric power station is foreseen. The energy produced by such a plant is supposed to be produced with the flow balancing of at least weekly to 10 days basis. The second version, on the other hand, consists of a hydroelectric power station with a direct flow of water producing basic energy without a possibility of accumulating water.

Hydrological features of the river Učja are described. A technical part follows, with the description of both versions of the hydroelectric power station HE Učja. The technical analysis includes a detailed description of the design features of both versions. The final results of the analysis have shown that the first version is to be preferred. The first version is designed for a power of 25,2 MW, a volume of water flow of 15 m³/s, and a hydraulic head of 214 m. The second version is designed for a power of 4,8 MW, a volume of water flow 3,0 m³/s, and a hydraulic head of 204 m.

The ecological analysis we made consists of the analysis of the natural environment of the valley there, the impact of the plant on the urban area, and its impact on flora and fauna. The ecological impact depends on referred factors, of which the deforestation is the most important. The analysis has shown that the impact of the second version on the environment is minor in comparison with the first version.

The elements of the economic analysis for both versions include the calculation of power, the yearly production of energy, the estimation of the costs of investment and the operating costs, the amount of sales (income) and the repayment period of the project. The economic analysis is made on the basis theory of production and costs. Since the power of the hydroelectric power station is higher in the first version, it is comprehensive that the costs of investment and the operating costs are also higher. In the first version the total costs arise up to approx. 30 mio eur and in the second one up to approx. 15 mio eur.

The repayment period of the first version corresponds to an operating period of 31 years while the second version is not likely to be repayed in 50 years of operating and is therefore nonviable from the point of view of economics.

A brief study of the energetic potential of the river Soča and a possibility of connecting the hydro power plant Učja on grid is as well described in this work.

The conclusions of the technical, ecological and economic analysis have shown that the first version is more favourable.

KLJUČNE BESEDE

Vodna energija, hidroelektrarna, različica, akumulacija, električno omrežje, vodna turbina, okolje, investicija, stroški.

KEY WORDS

Water energy, hydroelectric power station, version, accumulation, grid, water turbine, environment, investment, costs.

KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Cilji diplomskega dela	2
2	ZNAČILNOSTI VODNE ENERGIJE	3
2.1	Hidroelektrarne	3
2.2	Fizikalni opis pretvorbe vodne v električno energijo.....	6
2.2.1	Delitev hidroelektrarn	9
2.2.1.1	Pretočne HE	12
2.2.1.2	Akumulacijske HE.....	12
3	SPLOŠNO O VODNIH TURBINAH.....	14
3.1	Peltonova vodna turbina.....	15
3.2	Francisova vodna turbina	17
3.3	Kaplanova vodna turbina	19
3.4	Bankijeva vodna turbina	19
3.5	Izbira vodne turbine	19
3.6	Energetski potencial reke Soče	21
4	ZASNOVA HE UČJA	25
4.1	Kratek opis reke Učje.....	25
4.2	Hidrološke in geološke značilnosti	26
5	OPIS HE OBDELANE PO RAZLIČICAH	28
5.1	Opis prve različice	29
5.2	Opis druge različice	32
5.3	Izračun moči za obravnavani različici elektrarne	36
5.3.1	Izračun moči za prvo različico	36
5.3.2	Izračun moči za drugo različico	36

5.4	Obratovanje elektrarne in priključitev na električno omrežje.....	37
5.4.1	Obratovanje akumulacijske HE (različica 1)	37
5.4.2	Obratovanje pretočne HE (različica 2)	38
6	EKOLOŠKI VPLIV IZGRADNJE BODOČE HE.....	39
6.1	Naravno okolje tamkajšne doline.....	39
6.2	Vpliv na urbano okolje.....	40
6.3	Vpliv na rastlinstvo in živalstvo	41
6.4	Temeljne ekološke razlike med prvo ter drugo različico HE	43
7	EKONOMSKA ANALIZA PROJEKTA	45
7.1	Proizvodne kapacitete	45
7.2	Izračun letne proizvodnje energije.....	46
7.2.1	Izračun letne proizvodnje energije za prvo različico	46
7.2.2	Izračun letne proizvodnje energije za drugo različico	47
7.3	Ocena investicijskih stroškov.....	48
7.3.1	Ocena investicijskih stroškov za prvo različico.....	48
7.3.1.1	Obratovalni stroški (različica 1)	49
7.3.1.2	Prihodki od prodaje (različica 1)	50
7.3.1.3	Vračilna doba (različica 1).....	51
7.3.2	Ocena investicijskih stroškov za drugo različico.....	58
7.3.2.1	Obratovalni stroški (različica 2)	59
7.3.2.2	Prihodki od prodaje (različica 2)	60
7.3.2.3	Vračilna doba (različica 2).....	60
8	IZBIRA RAZLIČICE	67
9	ZAKLJUČEK	68
10	LITERATURA.....	70
PRILOGA 1: Hidroenergetska izraba reke Učje (1990): Idejna zasnova - SENG		
(situacijska karta)		

KAZALO TABEL

Tabela 1: Delitev hidroelektrarn po izboru turbin	13
Tabela 2: Hidrološki podatki reke Učje (Idejna zasnova - SENG, 1990)	27
Tabela 3: Tehnični parametri HE Učje za prvo različico	31
Tabela 4: Tehnični parametri HE Učje za drugo različico.....	34
Tabela 5: Temeljne ekološke razlike med prvo ter drugo različico HE	44
Tabela 6: Podatki o proizvodnih napravah za leto 2005 (Notranje gradivo SENG)..	45
Tabela 7: Prikaz srednjih mesečnih pretokov ter mesečni volumen pretečene vode reke Učje.....	46
Tabela 8: Prikaz uporabljenih tehničnih podatkov za izračun letne proizvodnje energije za obe različici.....	47
Tabela 9: Ocena investicijskih stroškov za prvo različico.....	48
Tabela 10: Prikaz vrednosti kredita (različica 1).....	49
Tabela 11: Stroški investicijskega vzdrževanja (različica 1).	50
Tabela 12: Vrednosti denarnega toka za akumulacijsko HE.....	52
Tabela 13: Ocena investicijskih stroškov za drugo različico.....	58
Tabela 14: Stroški investicijskega vzdrževanja (različica 2).....	59
Tabela 15: Vrednosti denarnega toka za pretočno HE.....	61
Tabela 16: Osnovni kriteriji izbire različice HE.....	67

KAZALO SLIK

Slika 1: Zemljevid območja reke Učje (Atlas Slovenije, Založba mladinska knjiga in Geodetski zavod Slovenije, 1992 - preuredil Erik Žnideršič)	1
Slika 2: Shema tipične systemske hidroelektrarne (http://www.tehnika.fnm.uni-mb.si)	5
Slika 3: Na sliki je prikazano korito, kjer se pretaka voda (Orel, 1986)	7
Slika 4: Pretočna HE Solkan (Notranje gradivo SENG)	9
Slika 5: Akumulacijska HE Dobljar (Notranje gradivo SENG)	10
Slika 6: Shema črpalno-akumulacijske HE Avče - v izgradnji (Notranje gradivo SENG).....	10
Slika 7: Skica nizkotlačne hidroelektrarne (Orel, 1986).....	11
Slika 8: Skica srednjetačne hidroelektrarne (Orel, 1986).....	11
Slika 9: Skica visokotlačne hidroelektrarne (Orel, 1986).....	12
Slika 10: Peltonova turbina z eno šobo (Razpet, 1997).....	16
Slika 11: Peltonova turbina z dvema šobama (Razpet, 1997)	16
Slika 12: Shema Francisove turbine (Razpet, 1997).....	18
Slika 13: Francisova turbina v HE Fala (http://www.tehnika.fnm.uni-mb.si).....	18
Slika 14: Izkoristek turbin od pretoka vodotoka (Medved, Novak, 2000)	20
Slika 15: Področja uporabnosti različnih tipov turbin v odvisnosti od instaliranega pretoka in neto padca vodotoka (Medved, Novak, 2000) ...	21
Slika 16: Shema hidroelektrarn na reki Soči (Notranje gradivo SENG, preuredil Erik Žnideršič).....	24
Slika 17: Hudourniški značaj reke Učje (Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič)	25
Slika 18: Pogled na reko Učjo iz ceste pred italijanskim mejnim prehodom Učeja (Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič).....	28

Slika 19: Območje, kjer naj bi bila zgrajena strojnica HE Učja (Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič).....	30
Slika 20: Shema akumulacijske HE na reki Učji - Podolžni profil (Izdelal Erik Žnideršič)	32
Slika 21: Shema pretočne HE na reki Učji - Podolžni profil (Izdelal Erik Žnideršič)	35
Slika 22: Enopolna shema - Vključitev akumulacijske HE Učja v el. omrežje (Izdelal Erik Žnideršič).....	37
Slika 23: Enopolna shema - Vključitev pretočne HE Učja v el. omrežje (Izdelal Erik Žnideršič)	38
Slika 24: Kanjon reke Učje (http://www.destinacije.com)	43

1 UVOD

V podjetju Soške elektrarne Nova Gorica (SENG) načrtujejo izgradnjo hidroelektrarne, ki naj bi bila postavljena pred izlivom reke Učje v reko Sočo na bovškem predelu, točneje pri mestu Žaga. Bodoča elektrarna naj bi izkoriščala vodni potencial tamkajšne reke Učje. To je hudourniška reka, ki izvira na italijanski strani in se pri vasi Žaga izliva v reko Sočo. (glej slika 1)

Slovenskemu elektroenergetskemu sistemu primankuje predvsem vodnih virov, ki so zmožni pokrivati vršne konice izrazito spremenljivih diagramov dnevne potrošnje. Podobno, kot v evropskem sistemu imamo tudi v Sloveniji največje proizvodne enote (termoelektrarne, nuklearne elektrarne) velikih moči, ki pa nam nudijo le pasovni del diagrama moči. Medtem pa so tisti, ki imajo akumulirano energijo za kritje sprejemljivega oziroma vršnega diagrama v manjšini. Ni potrebno posebej poudariti, da je zato tudi cena tovrstne energije dosti višja. Kolikšna je ta, pa zavisi od trenutnega stanja na borzi za trženje električne energije. Najbolj primerne proizvajalke vršne energije so zagotovo vodne, akumulacijske elektrarne. (Energetika - spletni učbenik)



Slika 1: Zemljevid območja reke Učje (Atlas Slovenije, Založba mladinska knjiga in Geodetski zavod Slovenije, 1992 - preuredil Erik Žnideršič)

1.1 Cilji diplomskega dela

Cilj diplomskega dela je preučitev obeh različic bodoče HE Učja, kateri sta bili na grobo obdelani v Idejni zasnovi podjetja Soške elektrarne Nova Gorica, ju analizirati tako s tehničnega, ekološkega in ekonomskega vidika ter na podlagi tega ugotoviti katera različica HE je najugodnejša oziroma se najbolj izplača.

2 ZNAČILNOSTI VODNE ENERGIJE

Energijo vode so ljudje izkoriščali že v pradavnini. Poleg toplotne energije in energije vetra je bila eden prvih energetskega virov, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Ugotovitev, da je voda neusahljiv vir, za katerega danes uporabljamo izraz obnovljivi vir, pa je človeka neločljivo vezala nanjo tako, da njenega izkoriščanja za energetske potrebe ni v zgodovini nikoli več opustil. Prvotne naprave, ki so izkoriščale energijo vode, kot so mlini, kovačije in žage, so bile sposobne izkoriščati mehansko energijo vode na kraju samem. Zaradi tega razloga so bile postavljene ob vodotokih, ki so jim nudili to energijo. Konec 19. in v začetku 20. stoletja se je odprlo povsem novo obdobje s pretvorbo energije vode v električno energijo. Z razvojem izkoriščanja električne energije so tudi potrebe po njej strmo naraščale. To pa je hkrati pospešilo razvoj in gradnjo hidroelektrarn. V današnjem času se večji del vodne energije uporablja za proizvodnjo elektrike. V Sloveniji proizvedejo vodne elektrarne približno tretjino električne energije, ostalo energijo pa dobimo iz jedrske elektrarne ter elektrarn na fosilna goriva. (Medved, Novak, 2000)

Potrebe po električni energiji v Sloveniji v zadnjih nekaj letih strmo naraščajo. Letno približno 2,5 do 3%. Končna potrošnja se premika iz zimskega na poletno sezono (porast oziroma povečevanje klimatizacije).

2.1 Hidroelektrarne

Pri hidroelektrarnah (HE) gre za neposredno pretvorbo potencialne energije vode v električno brez vmesne toplotne stopnje, zato je skupni izkoristek elektrarne velik. Z izboljševanjem tehnologije postajajo hidroelektrarne vedno večje, nekatere dosegajo moči nad 10.000 MW, njihovi izkoristki pa se še vedno izboljšujejo vse do vrednosti okrog 90% (podatek znan pri SENG). Posledica tega je začetek sistematskega raziskovanja vodnega potenciala. Prav zaradi velikih prednosti, ki jih nudi obnovljiva vodna energija, se v današnjem času vse intenzivneje raziskuje še neizkoriščene vodne potenciale.

Prednosti HE so:

- proizvodnja električne energije ne onesnažuje okolja,
- izkoriščajo obnovljivi vir energije,
- hidroelektrarne imajo dolgo obratovalno dobo do 100 in več let,
- hidroelektrarne so bolj učinkovite pri sledenju hitrih sprememb moči v omrežju kot vse ostale vrste elektrarn, ki uporabljajo neobnovljive in obnovljive vire, izjema so mogoče geotermalne elektrarne,
- stroški vzdrževanja in obratovanja so nizki, nadzor obratovanja je razmeroma enostaven,
- pri obratovanju elektrarne ne nastajajo toplogredni plini kot posledica obratovanja, vendar pa plini lahko nastajajo v zaježitvah,
- olajšan je hiter odziv na spremembe pretoka, učinkovita je izhodna regulacija,
- vodne elektrarne so lahko razvite v sklopu večnamenske uporabe vode in upravljanja z vodnimi viri,
- vodni viri so zelo porazdeljeni in so funkcija področja, topografije in padavin.

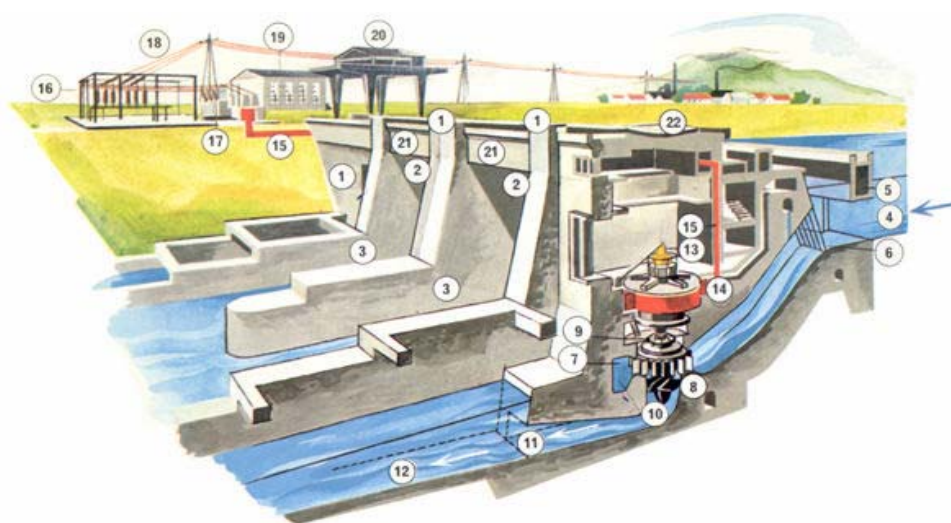
Slabosti HE so:

- visoka investicijska vrednost,
- izgradnja lahko predstavlja velik poseg v okolje,
- nihanje proizvodnje glede na razpoložljivost vodnih dotokov po različnih mesecih.

Velikost in tip vodne elektrarne je odvisen od številnih dejavnikov, ki jih lahko po pomembnosti nanizamo po naslednjem vrstnem redu:

- osnovne karakteristike elektrarne narekuje razpoložljiv vodotok z vodnim padcem, povprečnim letnim pretokom, nihanjem pretokov (hudourniški ali izgajeni), najnižji letni pretoki ter pričakovani največji možni pretoki,
- omejitve velikosti in karakteristik pa pogojujejo predvsem že izgrajena naselja, večji objekti cestne in železniške konstrukcije in zelo pomembni ekološki dejavniki (zaščita virov pitne vode, zaščita značilne in dragocene flore in favne ter možnih sprememb glede mikroklimatskih sprememb),
- pri določanju velikosti in karakteristik vodnih elektrarn so ponekod odločilne tudi geološke in tektonske razmere (možni premiki itd.).

Postavitev vodne elektrarne zahteva za vgrajeni kW zelo velika investicijska sredstva, približno 2.000 EUR na vgrajeni kW. Shema tipične sistemske hidroelektrarne je prikazana na sliki 2. Za vsako kWh je potrebno pri termoelektrarnah nabaviti določeno količino primarnega goriva (premog, nafta, zemeljski plin), medtem ko je pri hidroelektrarnah primarno gorivo voda in ta je zastonj. Zaradi tega so obratovalna sredstva hidroelektrarn v primerjavi s termoelektrarnami izredno majhna. Za primerjavo znaša povprečna letna proizvodnja v termoelektrarni Šoštanj med 3.800 in 4.200 GWh električne energije ter 0,4 milijarde kWh toplotne energije, za kar se porabi od 4,2 do 4,4 milijonov ton premoga. Pri hidroelektrarni Solkan, pa znaša povprečna letna proizvodnja med 100 in 130 GWh električne energije. Cene električne energije se gibljejo pri hidroelektrarnah približno 0,85 EUR na kWh. Poklicali smo tudi termoelektrarno Šoštanj in skušali dobiti podatke o njegovi ceni električne energije, vendar so zavrnil z utemeljitvijo, da je podatek zaupne narave.



Slika 2: Shema tipične sistemske hidroelektrarne (<http://www.tehnika.fnm.uni-mb.si>)

Legenda: (1) železobetonska pregrada, (2) jeklene zapornice, (3) pretočna polja, (4) turbinski vtok, (5) valobran, (6) grablje, (7) betonska spirala, (8) vodilne lopate na turbinskem statorju, (9) regulator, (10) turbinski tekač, (11) sesalna cev, (12) odtočni kanal, (13) strojnica, (14) generator, (15) zbiralnice, (16) stikališče, (17) transformatorji, (18) visokonapetostni daljnovodi, (19) komandna stavba, (20) portalni žerjav, (21) betonski most, (22) montažna odprtina.

2.2 Fizikalni opis pretvorbe vodne v električno energijo

Za prikaz izračuna oz. fizikalnega opisa pretvorbe vodne v električno energijo je potrebno najprej opredeliti osnovne pojme.

Potencialna energija je definirana kot zmnožek med maso, težnim pospeškom ter višino.

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

E_p - potencialna energija [J]

m - masa [kg]

g - težni pospešek [9,81 m/s²]

h - padec oz. višinska razlika [m]

Skupna moč elektrarne, ki izhaja iz osnovne formule za potencialno energijo, je definirana kot zmnožek gostote vode, gravitacijskega pospeška, pretoka vode, višine ter skupnega izkoristka.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_{sk}$$

P - moč [W]

ρ - gostota vode [kg/m³]

g - težni pospešek [m/s²]

η_{sk} - skupni izkoristek [1]

Q - pretok vode [m³/s]

h - padec oz. višinska razlika [m]

Skupen izkoristek elektrarne pa je definiran kot zmnožek izkoristkov v cevovodu, transformatorju, generatorju ter turbini.

$$\eta_{sk} = \eta_{cev} \cdot \eta_{transf} \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{tur}$$

η_{sk} – skupni izkoristek [1]

η_{cev} - izkoristek cevovoda [1]

η_{transf} - izkoristek transformatorja..... [1]

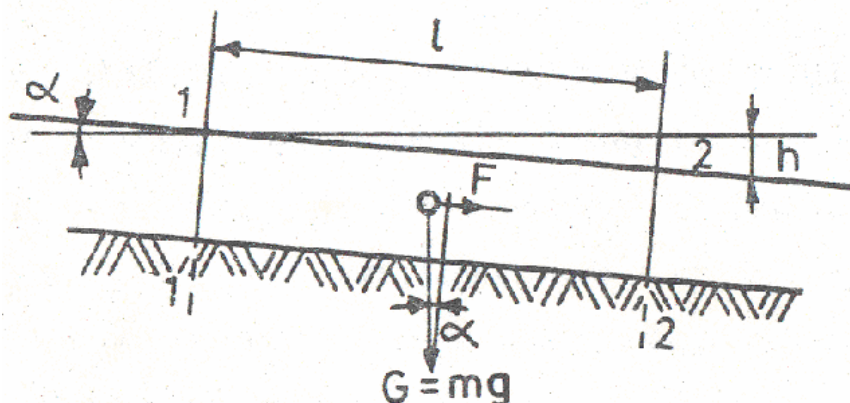
η_{gen} – izkoristek generatorja [1]

η_{tur} - izkoristek turbine [1]

Zaradi delovanja sonca se vrši stalno kroženje vode. Površinska voda oceanov, rek, jezer, itd. pod vplivom sončne toplote stalno izpareva. Nato pa se v obliki padavin vrača nazaj na zemljo, kjer zaradi delovanja sile teže ustvarja vodotoke, ki vodijo vodo nazaj v jezera, morja in oceane. Tako se vodotoki pojavljajo kot del oblike sončne energije, ki se stalno obnavlja. (Orel, 1986)

Potencial reke je podan oz. karakteriziran s pretokom Q in padcem h na določeni razdalji.

Korito, kjer se pretaka voda je določeno s površino rečnega prereza S in celotnim padcem $I = h/l$



Slika 3: Na sliki je prikazano korito, kjer se pretaka voda (Orel, 1986)

Na delu toka med prerezom 1-1 in 2-2 volumen in teža G znašata:

$$V = S \cdot l$$

V – volumen[m³]

S – površina rečnega prereza[m²]

l – opravljena pot[m]

$$G = \rho \cdot g \cdot V = \rho \cdot g \cdot S \cdot l$$

G – teža telesa = m·g[N]

ρ – gostota vode[kg/m³]

Delo reke na poti l je enako zmnožku sile F in poti l:

$$W = F \cdot l = G \cdot \sin\alpha \cdot l = \rho \cdot g \cdot S \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot l$$

W – energija [J]

Ker je pot l = v·t

$$W = \rho \cdot g \cdot S \cdot v \cdot t \cdot \sin\alpha \cdot l$$

Pretok je podan z enačbo Q = v·S in h = l·sinα torej dobimo:

Q – rečni pretok [m³/s]

$$W = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot t$$

Moč toka reke je torej = delo v enoti časa.

$$P = \frac{W}{t} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

P – moč[W]

h – padec[m]

t – čas delovanja [s]

Q – rečni pretok [m³/s]

ρ – gostota vode [kg/m³]

2.2.1 Delitev hidroelektrarn

V odvisnosti od načina izkoriščanja vode delimo hidroelektrarne na:

- pretočne,
- akumulacijske,
- črpalno-akumulacijske.

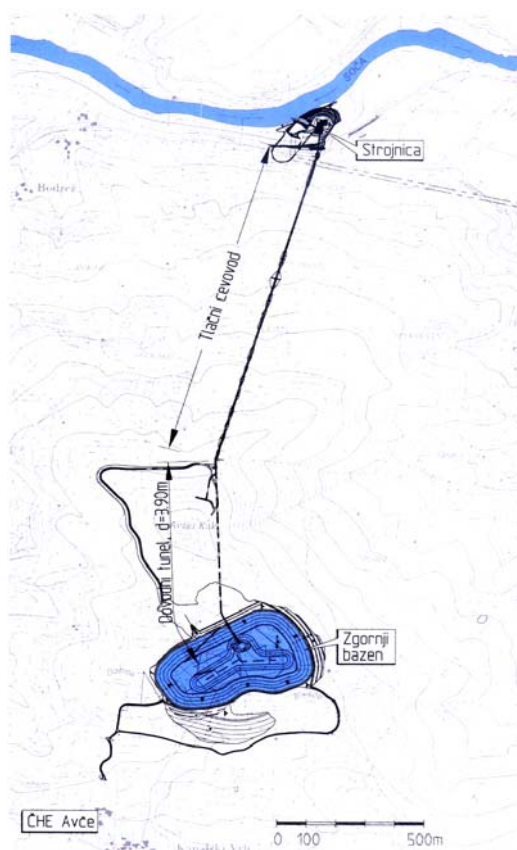
Na sliki 4 je primer pretočne, na sliki 5 primer akumulacijske ter na sliki 6 primer črpalno-akumulacijske hidroelektrarne.



Slika 4: Pretočna HE Solkan (<http://www.seng.si>)



Slika 5: Akumulacijska HE Dobljar (<http://www.seng.si>)

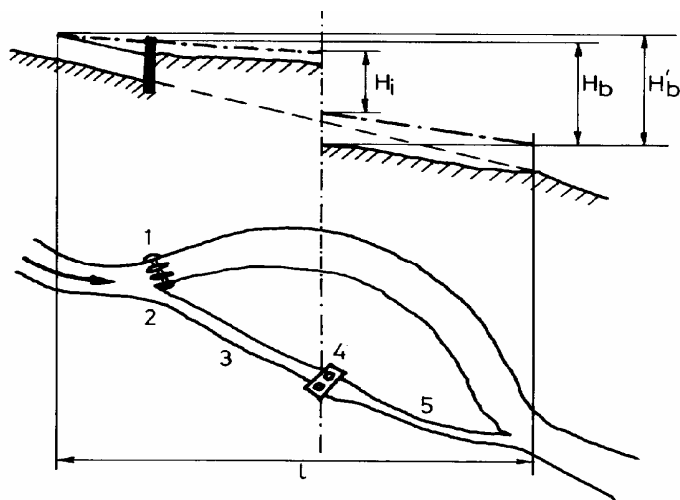


Slika 6: Shema črpalno-akumulacijske HE Avče - v izgradnji (Notranje gradivo SENG)

V odvisnosti od višine padca pa na:

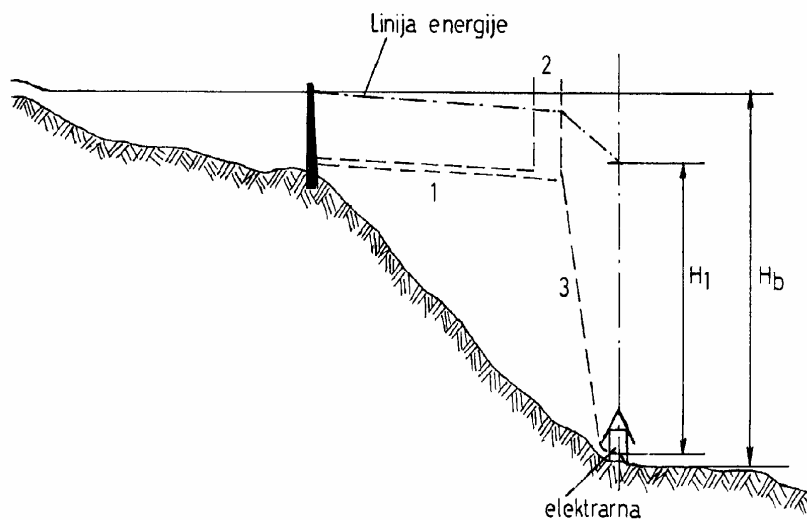
- nizekotlačne (5-25 m),
- srednjetlačne (25-250 m),
- visokotlačne (250-2500 m).

Na sliki 7 je prikazana skica nizekotlačne, na sliki 8 srednjetlačne ter na sliki 9 skica visokotlačne hidroelektrarne.

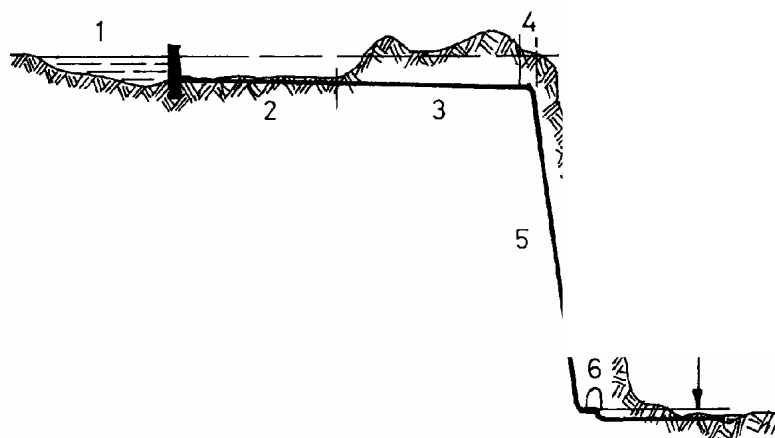


Slika 7: Skica nizekotlačne hidroelektrarne (Orel, 1986)

Leganda: 1 - Jez, 2 - Zajetje vode, 3 - Zgornja derivacija, 4 - Elektrarna,
5 - Spodnja derivacija



Slika 8: Skica srednjetlačne hidroelektrarne (Orel, 1986)



Slika 9: Skica visokotlačne hidroelektrarne (Orel, 1986)

2.2.1.1 Pretočne HE

Pretočne HE izkoriščajo sproten dotok vode oziroma veliko količino vode, ki ima relativno majhen padec. Ker se le ta v naših rekah močno spreminja, imajo te elektrarne več vodnih turbin. Moč teh je prilagojena povprečnemu ali srednjemu pretoku. Ob manjšem pretoku obratujejo samo turbine, katere imajo zagotovljeno količino vode. Ko pa se pretok poveča, teče odvečna voda čez jez turbine. Pri dvigu spodnje gladine vode pa pride do zmanjšanja moči ter samega padca. (Razpet, 1997)

Glede na način gradnje delimo te elektrarne na sledeče tipe:

- rečni tip,
- stebrski tip,
- kanalski ali rokavski tip.

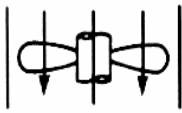
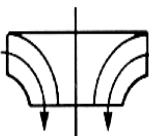
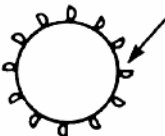

2.2.1.2 Akumulacijske HE

Izkoriščajo majhno količino vode, ki ima relativno velik padec. Te elektrarne imajo naravno ali umetno jezero, v katerem se akumulira zbrana voda. Akumulirano energijo nadalje izkoriščajo ob končnih obremenitvah čez dan ali pa ob sušnem obdobju. Gladina vode v akumulacijskih jezovih običajno močno niha. Ob sezonskih in letnih akumulacijah pa je potrebno imeti zelo velika akumulacijska jezera, ki jih dosežemo z zajezitvami celih dolin. (Razpet, 1997)

Glede na način gradnje delimo te elektrarne na sledeče tipe:

- kaverniški tip elektrarn,
- visokotlačne elektrarne s površinsko zgradbo,
- prečrpovalne,
- elektrarne z občasnim pretokom.

Tabela 1: Delitev hidroelektrarn po izboru turbin

Padec	nizek 4-50 m	srednji 20-600 m	visok 200-1000 m	nizek 2-100 m
Zajezitev	majhna	srednja	velika	majhna
Vrtilna hitrost	$1 - 4 \text{ s}^{-1}$	$2 - 10 \text{ s}^{-1}$	$4 - 20 \text{ s}^{-1}$	$4 - 20 \text{ s}^{-1}$
Turbina	Kaplanova	Francisova	Peltonova	Bankijeva
Tekač				

3 SPLOŠNO O VODNIH TURBINAH

Pri opisu vodnih turbin, smo del povzeli iz navedene literature (Energetika - spletni učbenik, Tuma, 1989 ter Razpet, 1997) preostali del - izbira vodne turbine pa smo delno povzeli po literaturi (Medved, Novak, 2000), delno pa po lastnih raziskavah.

Vodne turbine so pogonski stroji, ki pretvarjajo potencialno in kinetično energijo vode v mehansko delo. Značilnost vodnih turbin je, da pridobivajo koristno energijo iz obnovljivih energetskega virov. Turbine so lahko enotlačni ali nadtlačni turbinski stroji.

Najvažnejša sestavna dela vsake turbine sta gonilnik in okrov. Gonilnik je vodno kolo, imenovano tudi rotor. Sestavljen je iz lopatic, katere energijo vode pretvarjajo v mehansko energijo. Mehanska energija se prenaša na gred gonilnika. Drugi sestavni del turbine se imenuje okrov oziroma stator, njegova funkcija pa je, da obdaja in nosi vse dele v turbini. (Tuma, 1989)

Vodne turbine delimo:

1. Glede na način pretvarjanja vodne energije:

- akcijske ali enotlačne (Peltonove, Bankijeve),
- reakcijske ali nadtlačne (Francisove, Kaplanove).

2. Glede na smer pretoka vode:

- radialne (Francisove),
- aksialne (Kaplanove),
- tangencialne (Peltonove),
- diagonalne.

3. Glede na lego osi vodne turbine:

- vertikalne,
- horizontalne,
- poševne.

3.1 Peltonova vodna turbina

Lester Allan Pelton je leta 1879 izumil vodno turbino, leta 1880 pa jo je tudi patentiral pod svojim imenom. Glede načina pretvarjanja vodne energije pripada Peltonova turbina v skupino enotlačnih vodnih turbin. Primerne so za majhne pretoke približno do $20 \text{ m}^3/\text{s}$ in velike padce od cca. 60 do 2000 metrov. Namestitev turbine je lahko vertikalna ali horizontalna.

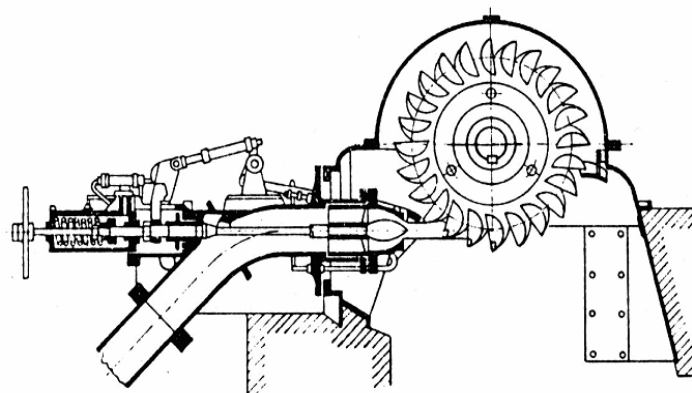
Turbina je priključena na tlačni cevovod, ki se pred turbino zaključi s šobo, iz katere teče voda v curku na gonilnik. Na gonilniku so nameščene gonilne lopatice. Te so izdelane v obliki korcev, ki so pritrjeni na rotor posamezno ali pa so pri velikih obodnih hitrostih in manjših premerih uliti skupaj z rotorjem iz enega kosa. Mere korcev so določene v odvisnosti od debeline vodnega curka.

Curek vode, ki priteče iz šobe, brizga z veliko hitrostjo tangencialno na lopatice turbine. Te so zavarjene iz dveh delov v obliki enojne ali dvojne zajemalke, poleg tega pa ima lopatica na sredini posebno rezilo, ki razdeli vodni curek na dva dela.

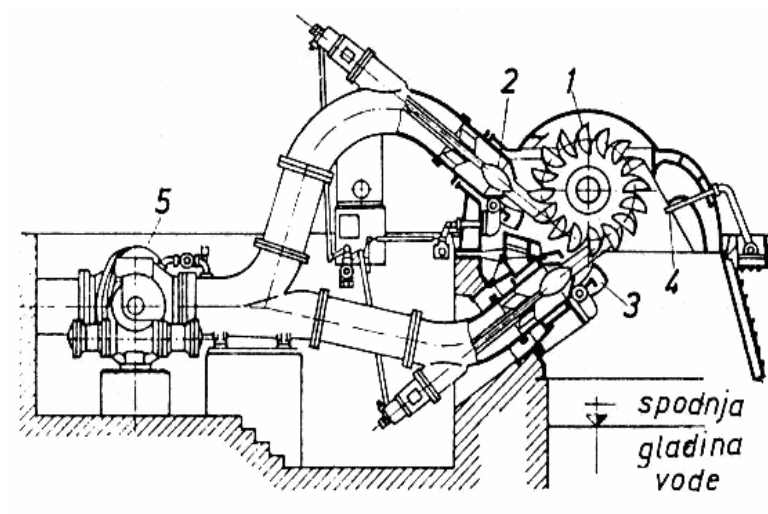
Moč turbine ter količino vode, ki priteče na lopatice turbine, reguliramo s pomočjo igle v šobi. S pomočjo servomotorjev pa pomikamo iglo v šobo ali iz nje, pri tem pa se spreminja pretok vode. Pred šobo najdemo tudi odklonilnik curka, katerega funkcija je, da se v trenutku močno povečanega tlaka zaradi zapiranja igle preusmeri in s tem zmanjša pritisk na lopatice.

Peltonove turbine dosegajo moči do 250 MW, izkoristek teh turbin pa je od 0,80 do 0,9. (Energetika - spletni učbenik)

Na sliki 10 je prikazana skica Peltonove turbine z eno šobo, na sliki 11 pa skica Peltonove turbine z zvema šobama.



Slika 10: Peltonova turbina z eno šobo (Razpet, 1997)



Slika 11: Peltonova turbina z dvema šobama (Razpet, 1997)

Legenda: 1. Gonilnik, 2. Šoba, 3. Odklonilo curka, 4. Šoba za zaviranje, 5. Kroglasti ventil.

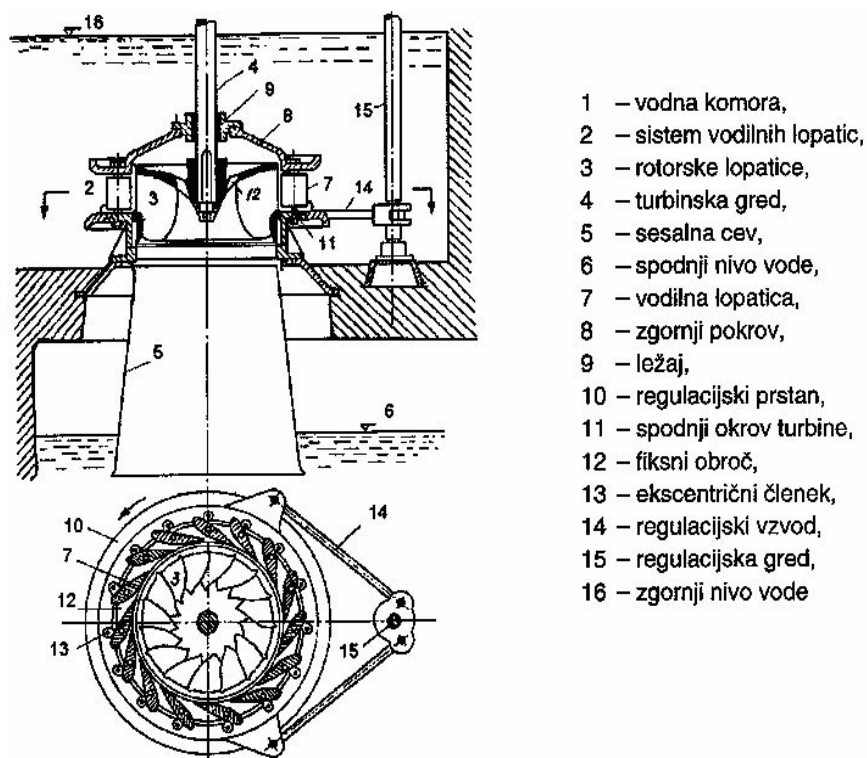
3.2 Francisova vodna turbina

Francisova vodna turbina se imenuje po izumitelju Jamesu B. Francisu, ki je leta 1848 izdelal oziroma izboljšal že obstoječo vodno turbino. Je med najbolj pogosto uporabljenimi vodnimi turbinami in pripada skupini reakcijskih oziroma nadtlačnih vodnih turbin. Te turbine so primerne za srednje pretoke približno $20 \text{ m}^3/\text{s}$ naprej in srednje padce od cca. 10 do 400 metrov.

Sestavljena je iz venca vodilnih lopatic, ki jih je mogoče med obratovanjem pripirati ter venca gonilnih lopatic, ki so trdno pritrjene na gred gonilnika. Turbina se končuje s sesalno cevjo. Sodobne Francisove turbine imajo spiralno ohišje, ki enakomerno dovaja vodo v vodilne lopatic. Vodilne lopatice služijo za usmerjanje toka in regulacijo turbine. Vgrajene so odprto v betonskem jašku, tako se lahko voda porazdeli enakomerno. Izdelane so iz sive litine ali jekla in nameščene po obodu zgornjega in spodnjega vodilnega obroča ter pritrjene vrtljivo s čepi. Ves okrov turbine je napolnjen z vodo, kar pomeni, da na vse lopate gonilnika deluje enaka sila. Lopate v okrovu so medsebojno povezane v mehanizem imenovan vodilnik. Za regulacijo dotoka vode ima turbina nameščene lopate tudi v okrovu turbine. Energija vode se torej spremeni v mehanično energijo v lopaticah rotorja, tako da tekočina odda svojo kinetično in potencialno energijo tekaču v obliki akcijske in reakcijske sile.

Pretok vode ter moč turbine se uravnava s premikanjem vodilnih lopat. Gred Francisove turbine je lahko vodoravna ali navpična in je direktno povezana z gredjo električnega generatorja. Izkoristek teh turbin je do 0,9. (Energetika - spletni učbenik)

Na sliki 12 je prikazana shema Francisove turbine, na sliki 13 pa Francisova turbina v HE Fala.



Slika 12: Shema Francisove turbine (Razpet, 1997)



Slika 13: Francisova turbina v HE Fala (<http://www.tehnika.fnm.uni-mb.si>)

3.3 Kaplanova vodna turbina

Pri Kaplanovi vodni turbini imamo fiksne ali gibljive rotorske lopatice. Statorski del je enak kot pri Francisovi turbini, tekač turbine ima obliko ladijskega vijaka z 2 do 7 lopatic. Lopatice gonilnika so gibljive preko hidravlike, ki je speljana skozi votlo os. Rotor je nameščen pod spodnjo gladino vode. Vtok vode je radialen, iztok pa aksialen. Uporabljamo jih za manjše padce do 70 m in velike količine vode. (Razpet, 1997)

3.4 Bankijeva vodna turbina

Bankijeva turbina se uporablja, ko gre za izkoriščanje vodnega potenciala z majhnimi padci in pretoki. Zgrajena je iz dveh okroglih plošč, ki nosita venec lopatic ukrivljene oblike. Rotor turbine je vgrajen v cev, ki se nahaja nad turbino ali ob strani. Curek vode na eni strani vstopa na gonilnik, na drugi strani pa z zmanjšano hitrostjo iztopa. Uporabljamo jih za padce od 2 do 150 m in pretoke od 2000 do 20 litrov/s. (Razpet, 1997)

3.5 Izbira vodne turbine

Za izbiro turbine je ključnega pomena vodna energija, ki se odraža v hidravličnem padcu ter vodni množini. Velik vpliv na izbiro turbine pa ima tudi število obratov gredi, preglednost konstrukcije, možnost reguliranja ter enostavnost in cena same naprave.

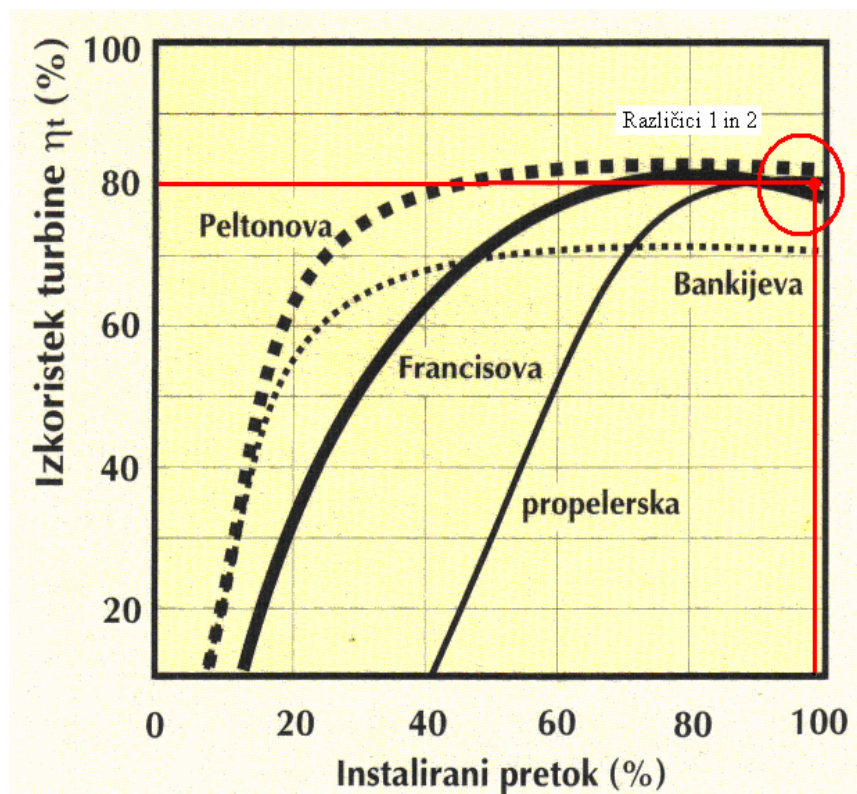
Število, ki pove kolikšen del moči vode ostane kot koristna moč na vrteči se turbinski gredi, imenujemo izkoristek turbine. To število je vedno manjše kot ena. Pri popolno odprtih in popolno obremenjenih malih turbinah dosega vrednost od 0,76 do 0,84, kar pomeni, da male turbine spremenijo v koristno moč 76 do 84 % moči vode. To vse pa je tudi odvisno od kakovosti tvornih delov turbine, velikosti le te in skrbnosti izdelave.

Kot je že znano, se Peltonova turbina uporablja za majhne pretoke in velike padce, Francisova pa za srednje pretoke in srednje padce.

Pri Francisovih turbinah z zmanjšanjem pretoka vrednost izkoristka narašča. Krivulja doseže približno pri 80 % pretoku svojo najvišjo vrednost in ima pri približno 12 % pretoku vrednost 0. Pri tem turbina nima več koristne moči, ker vso moč uporablja za svoje vrtenje (prazen tek turbine).

Peltonove turbine imajo najugodnejšo krivuljo izkoristka. Na sliki 14 - Izkoristek turbin od pretoka vodotoka je razvidno kako krivulja izkoristka z dolgo in položno levo vejo prične strmo padati šele pod 20 % pretokom. (Medved, Novak, 2000)

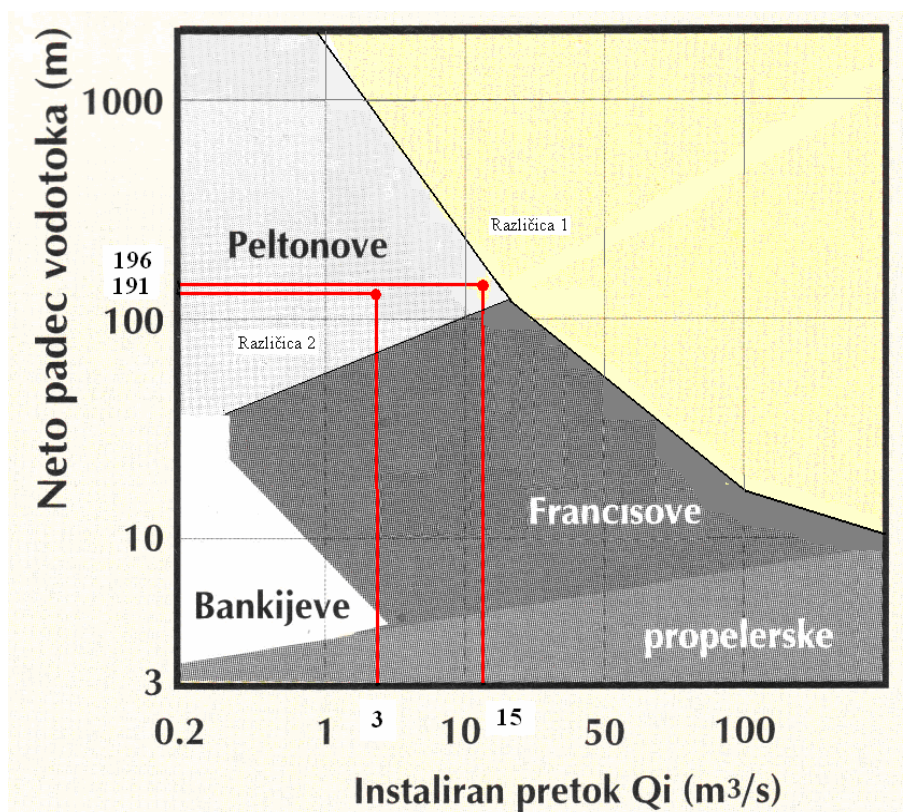
Zaradi vseh teh lastnostih obeh turbin je za predvideno varianto HE Učja boljša izbira Peltonove vodne turbine.



Slika 14: Izkoristek turbin od pretoka vodotoka (Medved, Novak, 2000)

Opomba: 100 % pretok pomeni za prvo različico $15\text{m}^3/\text{s}$, za drugo pa $3\text{m}^3/\text{s}$.

Na sliki 15 je prikazano področja uporabnosti različnih tipov turbin v odvisnosti od instaliranega pretoka in neto padca vodotoka.



Slika 15: Področja uporabnosti različnih tipov turbin v odvisnosti od instaliranega pretoka in neto padca vodotoka (Medved, Novak, 2000)

3.6 Energetski potencial reke Soče

Reka Soča izvira izpod zahodnih Juliskih Alp, v bližini vasi Trenta, na nadmorski višini 916 m. V Jadransko morje se izliva pri mestu Gradež na italijanski strani. Po slovenskem ozemlju teče okrog 92 km, državno mejo pa prestopi v bližini Solkana pri Novi Gorici.

Večino svojega padca doseže reka prav do prehoda na ozemlje sosednje države, kjer ji po nižinskem predelu ostane še okrog 50 km do izliva v morje.

Svojo izvorno vodo dopolnjuje kar kmalu z večjimi pritoki Koritnice, Lepene, Učje, Tolminke in Idrijce. Vključno z matričnim izvirom pa je večina navedenih vodotokov hudourniškega značaja. Prav to zaznamuje reko Sočo z izrazito velikim nihanjem vodnih pretokov. Ti se pri hidroelektrarni Solkan redno gibljejo od skromnih 10 do 2000 m³/s. V obdobju izgradnje te elektrarne je znašal povprečni letni pretok na mestu objekta 96 m³/s.

Želje po izrabi vodnih potencialov, ki jih nudijo veliki padci na kratkih razdaljah so bile porojene že pred prvo svetovno vojno. Tedaj so načrtovali niz manjših hidroelektrarn moči do največ 10 MW. Tovrstna gradnja bi tedanji skromni porabi popolnoma ustrezala.

Med obema vojnama je italijanska družba Societa adriatica di elettricità (SADE) pristopila k temeljitejšim študijam za kompleksno izrabo potenciala reke Soče. Rezultat tega so bili načrti za izgradnjo velikih akumulacij, ki bi se vrstili vse od Bovca do Solkana.

Konkretno so načrti obsegali izgradnjo naslednjih objektov:

- Hidroelektrarna Trnovo z jezom ob sotočju slapa Boke v Sočo ter elektrarno pri vasi Trnovo. V to akumulacijo bi bila po rovu speljana tudi zajezena reka Učja. Akumulacija z okrog 30×10⁶ m³ vode bi hkrati predstavljala čelno elektrarno, ki bi uravnavala režim nizvodnih elektrarn. Instalirana moč te elektrarne bi bila najmanj 60 MW.
- Hidroelektrarna Kobarid z zaježitvijo pri Napoleonovem mostu ter elektrarno neposredno pod jezom. Instalirana moč bi tedaj znašala 60 MW.
- Hidroelektrarna Kamno z jezom pri sedanjem mostu pri vasi Kamno. To bi bila manjša elektrarna z namenom izravnave močnega nihanja iz hidroelektrarne Kobarid.

Od tu naprej sta bili izgrajeni hidroelektrarni Doblar in Plave tik pred drugo svetovno vojno ter hidroelektrarna Solkan, zgrajena v drugi polovici osemdesetih let prejšnjega stoletja.

Poleg navedenih so bile v devetdesetih letih z dodatnima rovoma povečani instalirani moči hidroelektrarn Doblar in Plave. Ideje o temeljitejši izrabi reke Soče v energetske namene so bile prisotne tudi v času bivše Jugoslavije. Zaradi vse močnejšega pritiska k ohranitvi gornjega toka reke Soče v neokrnjenem stanju, je bila po drugi svetovni vojni realizirana samo izgradnja HE Solkan.

Ob izgradnji HE Solkan z instaliranim pretokom $180 \text{ m}^3/\text{s}$, sta starejši HE Doblar in HE Plave s pretokoma 100 oziroma $75 \text{ m}^3/\text{s}$ predstavljali v obratovanju verige ozka grla. Zato je podjetje SENG v letih 90 prejšnjega stoletja pristopilo k izgradnji dograditve obeh HE. Projekt je obsegal izgradnjo vzporednih rofov in novih vtokov v starih akumulacijah ter izgradnjo novih strojnic zdraven obstoječih. Z dodatno instaliranim pretokoma po $105 \text{ m}^3/\text{s}$ je bilo pri HE Doblar pridobljenih 40 MW pri HE Plave pa še 20 MW .

Ob analizi energetskega potenciala reke Soče ne smemo zanemariti nekaterih pritokov, kjer že vrsto let obratujejo tudi manjše hidroelektrarne. Med njimi je daleč najpomembnejša HE Zadlaščica na istoimenskem pritoku reke Tolminke. Z dvema agregatoma po 4 MW je elektrarna že presegla letno proizvodnjo 30.000 kWh električne energije.

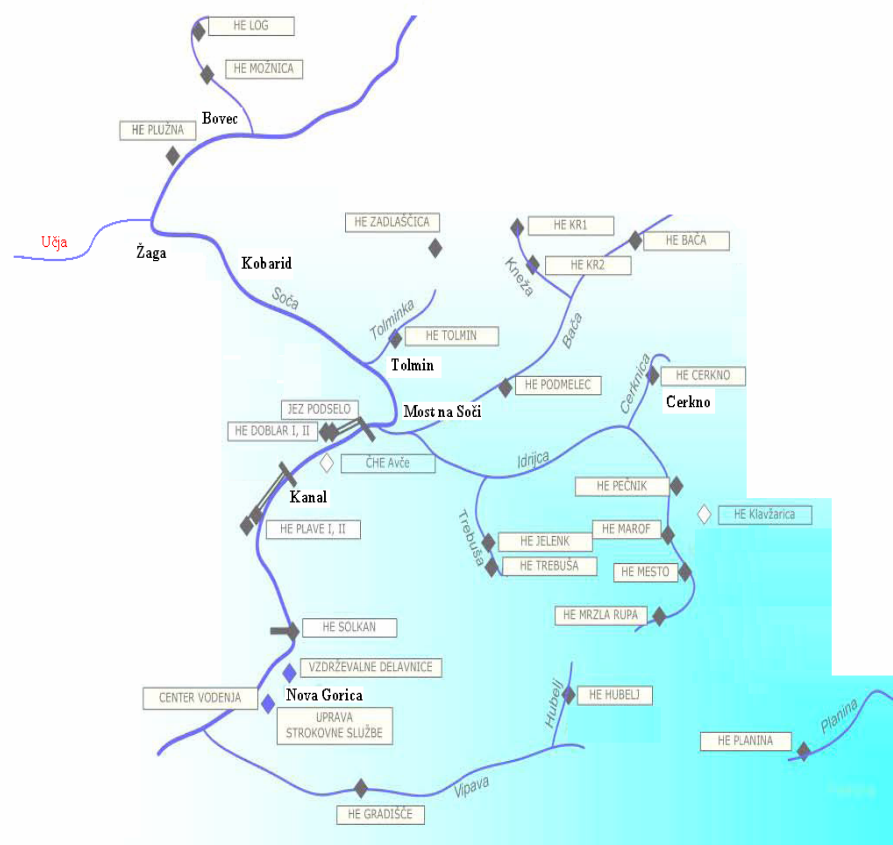
Vse večja potreba po dragoceni vršni energiji, ki bi zmogla pokrivati variabilni diagram dnevne potrošnje, je narekovala projektiranje in v tem času tudi realizacijo izgradnje prečrpovalne enote Avče - Kanalski vrh. Objekt bi s prečrpanjem vode iz akumulacije Ajba, v bazenu na Kanalskem vrhu ustvarjal zalogo potencialne energije, ki bi jo v času potrebe z agregatom moči 180 MW pri Avčah pretvarjal v električno energijo. Izgradnja te HE je v polnem teku.

Slika razpoložljivega vodnega potenciala reke Soče ne bi bila popolna, če ne bi omenili njenih pritokov. Posebej velja omeniti reko Učjo, ki jo obdelujejo novejšše študije in predstavlja tudi del tega diplomskega dela.

V drugi polovici prejšnjega stoletja je podjetje Soške Elektrarne veliko vložilo v študije večje zaježitve na sotočju reke Trebuše z Idrjico ter elektrarne z močjo okrog 100 MW. Kakršnokoli realizacijo je pri tem do nadaljnega zaustavil okoljski in naselitveni faktor.

Če napravimo grobi povzetek vsega, je od celotnega potenciala reke Soče s pritoki, z obstoječimi hidroelektrarnami in skupno instalirano močjo okrog 140 MW, izrabljena le slaba polovica. Slaba stran obstoječe verige elektrarn na Soči je predvsem v premajhnih kapacitetah akumulacij, ki ne morejo zadržati visokih hudourniških voda. Zato bo vsaka dodatna akumulacija nad Mostom na Soči hkrati soprispevala k večji letni proizvodnji obstoječih hidroelektrarn. (Notranje gradivo SENG, pogovori z g. Bogdanom Lulikom)

Na sliki 16 je prikazana shema hidroelektrarn na reki Soči.



Slika 16: Shema hidroelektrarn na reki Soči (Notranje gradivo SENG, preuredil Erik Žnideršič).

4 ZASNOVA HE UČJA

4.1 Kratek opis reke Učje

Reka Učja izvira na italijanski strani in se pri vasi Žaga izliva v reko Sočo. Razdalja od slovensko - italijanske meje do izliva v reko Sočo je okrog 5 km, približna bruto višinska razlika, ki je na razpolago, pa je 215 m. Zanja je značilen velik padec na kratkem toku reke. Njena dolina je ozka in globoko zarezana v dolomit. Vodozbirno področje je zelo slabo poraščeno, v splošnem popolnoma golo in ne nudi padavinam nikakršnega zadrževanja. Prav tako kot reka Soča ima Učja hudourniški značaj, kar pomeni velika nihanja pretoka. (glej slika 17)



Slika 17: Hudourniški značaj reke Učje (Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič).

4.2 Hidrološke in geološke značilnosti

Pri postavitvi vodne elektrarne oziroma hidroelektrarne je ključni podatek, kakšen je pretok vode na mestu, kjer je vodna elektrarna načrtovana. V Sloveniji in mnogih ostalih državah so vzdolž rek postavljene vodomerne postaje. S pomočjo obširnih statističnih podatkov lahko ocenimo letno količino padavin, vodostaj rek, pretočne količine itd., vse to v odvisnosti od kraja in časa.

Za določitev določenega pretoka se tako jemlje povprečje zadnjih 10 do 30 let. Zelo pomembno je razmerje med padavinami in pretokom v strugi. To razmerje je v veliki meri odvisno od geoloških, klimatskih in topografskih razmer opazovanega področja, ta pa se lahko močno spreminja. Energija se v vsakem vodotoku neprestano sprošča zaradi padca pri pretoku vode v strugi.

Za odločitev o gradnji hidroelektrarne je bistveno, koliko električne energije bo proizvedla v enem letu. Da pa lahko to določimo, je potrebno poznati hidroenergetski potencial vodotoka.

S pomočjo vodomerne postaje Žaga, ki se nahaja približno 300 m vzvodno od sotočja reke Učje s Sočo, so bili izmerjeni naslednji hidrološki podatki, ki zajemajo srednje vrednosti 30 letnih opazovanj (1970 - 2000).

Za zanimivost pa naj še povemo, da v bovškem narečju pravijo ovci »uca«, ovčji planini pa »učja« planina. Da bi reko imenovali Učeja je le malo verjetno. To ime je namreč nastalo s popačeno rabo poitalijančenega slovenskega imena (Učja - Ucea - Učja). Torej pravo ime te reke ni Učeja ampak Učja.

Tabela 2: Hidrološki podatki reke Učje (Idejna zasnova - SENG, 1990)

Padavinsko področje	$F = 49,9 \text{ km}^2$
Povprečne letne padavine	$P = 3260 \text{ mm/leto}$
Srednji pretok	$sQ_s = 3,55 \text{ m}^3/\text{s}$
Srednji nizki pretok	$sQ_n = 0,70 \text{ m}^3/\text{s}$
Najmanjši pretok	$nQ_n = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$
Srednji visoki pretok	$sQ_v = 115,00 \text{ m}^3/\text{s}$
Največji pretok	$vQ_v = 203 \text{ m}^3/\text{s}$
100 letna voda	$Q_{100} = 248 \text{ m}^3/\text{s}$

Dejanska moč, ki jo elektrarna doseže, je odvisna še od izkoristkov naprav. Pri tem so odločilni turbina, generator, transformator in cevovod. O energiji, ki jo elektrarna tekom leta proizvede, odloča trajanje vodnega pretoka.

Geološka zgradba območja Učje je pretežno iz triasnega apnenca in dolomita, poleg tega pa je dolina Učje dokaj tektonsko poškodovana, najbolj pa v spodnjem delu, kjer jo pri vasi Žaga prečka Idrijski prelom. Prelom poteka v smeri SZ-JV ter se nadaljuje v Italijo. Ob prelomu so znani tudi epicentri potresov, kateri lahko dosežejo magnitudo 6,5 stopnje po Rihtarjevi lestvici. Vsi ostali prelomi na območju doline Učje so nastali kot posledica neotektonskih prelomov ob Idrijskem in drugih regionalnih prelomih. Premiki ob teh prelomih so vertikalni in horizontalni. Drugi prelomi pa so sekundarnega nastanka. (Idejna zasnova - SENG, 1990).

Na sliki 18 je pogled na reko Učjo iz ceste pred italijanskim mejnim preходом Učaja.



Slika 18: Pogled na reko Učjo iz ceste pred italijanskim mejnim prehodom Učeja
(Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič)

5 OPIS HE OBDELANE PO RAZLIČICAH

V diplomski nalogi sta obdelani in analizirani dve različici izgradnje hidroelektrarne in sicer:

- Prva različica opisuje izgradnjo akumulacijske hidroelektrarne z največjo možno zaježitvijo.
- Druga različica pa izgradnjo manjše hidroelektrarne z gorskim oziroma tirolskim odvzemom vode, ki bi obratovala zgolj pretočno.

Pri tehničnem opisu prve in druge različice, smo del podatkov pridobili iz Idejne zasnove - SENG, (tehnični parametri različic) drugi del pa je bil pridobljen v okviru te diplome.

Ta obsega:

- podroben opis elementov hidroelektrarne,
- izračun moči za obravnavani različici,
- obratovanje obeh različic elektrarne in priključitev v električno omrežje.

Pri obeh elektrarnah smo analizirali sledeče elemente:

- zajetje,
- dovodni tunel,
- vodostan,
- tlačni cevovod,
- strojnica.

5.1 Opis prve različice

V prvi različici je predvidena izgradnja visokotlačne avtomatizirane akumulacijske hidroelektrarna z daljinskim prenosom informacij, ki naj bi bila prirejena za delo brez posadke.

Ob izgradnji akumulacijske HE bi bil v celoti izkoriščen rapoložljiv hidropotencial same reke Učje. Proizvedena energija bi bila vršna s koristno akumulacijo za tedensko do desetdnevno izravnavo.

Elektrarna naj bi izkoriščala bruto padec 214 m. Pregradni objekt naj bi bil betonske ločne izvedbe ali pa nasuta zemeljska pregrada konstruktivne višine 85 m. Z zajezitvijo naj bi nastalo za pregrado 1900 m dolgo akumulacijsko in približno 40 m široko jezero, ki naj bi segalo do državne meje z Italijo. Možnost pa je tudi, da bi jezero segalo nekaj čez mejo. Volumen jezera naj bi znašal $3,9 \times 10^6 \text{ m}^3$, v primeru praznjenja akumulacije je predviden talni izpust s prostim iztokom. Vtočni objekt naj bi bil postavljen na desnem bregu reke ob boku pregrade. Ta bi bil opremljen s tablasto zapornico in hidravličnim pogonom. V bližini pregrade bi bil pomožni objekt v katerem bi bile naprave za upravljanje ter za opazovanje pregrade.

Derivacija bi bila sestavljena iz dovodnega tunela, vodostana ter tlačnega cevovoda. Derivacijski sistem bi bil dimenzioniran na instaliran pretok $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dovodni tunel naj bi potekal po desnem bregu reke skozi triadni dolomit. Dolžina tunela naj bi bila 2500 m in premera 2,5 m. Na trasi tunela pa naj bi bila predvidena štiri delovna okna, v območju katerih se bi deponiral tudi odvršni material.

Od vodostana do strojnice je derivacija izvedena kot jeklen tlačni cevovod premera 2 m in dolžine 900 m, Vodostan bi bil cilindrične oblike s prelivom višine 2,5 m. Od vodostana do strojnice bi potekal jeklen tlačni cevovod, ki naj bi bil postavljen na betonske podstavke ali pa v celotni dolžini vkopan.

Strojnica bi bila postavljena na desnem bregu reke, približno 300 m vzvodno od sotočja Učje s Sočo (glej slika 19). Ta je predvidena kot dvoetažna zgradba v kateri bi bil nameščen agregat s pripadajočo opremo. Spodnji del oziroma spodnja etaža pa naj bi bila delno vkopana, delno pa zasuta tako, da po končani gradnji ne bi bila opazna.



Slika 19: Območje, kjer naj bi bila zgrajena strojnica HE Učja (Fotografija, november 2006 - Erik Žnideršič)

V spodnji etaži naj bi bil še poseben prostor za delavnico, akumulatorski prostor, prostor za opremo za daljinsko upravljanje in nadzor pregrade ter skladišče. V zgornji etaži pa bi bili 10 in 20 kV stikališči s transformatorjem lastne rabe.

V njej bi bila nameščena glavna energetska oprema:

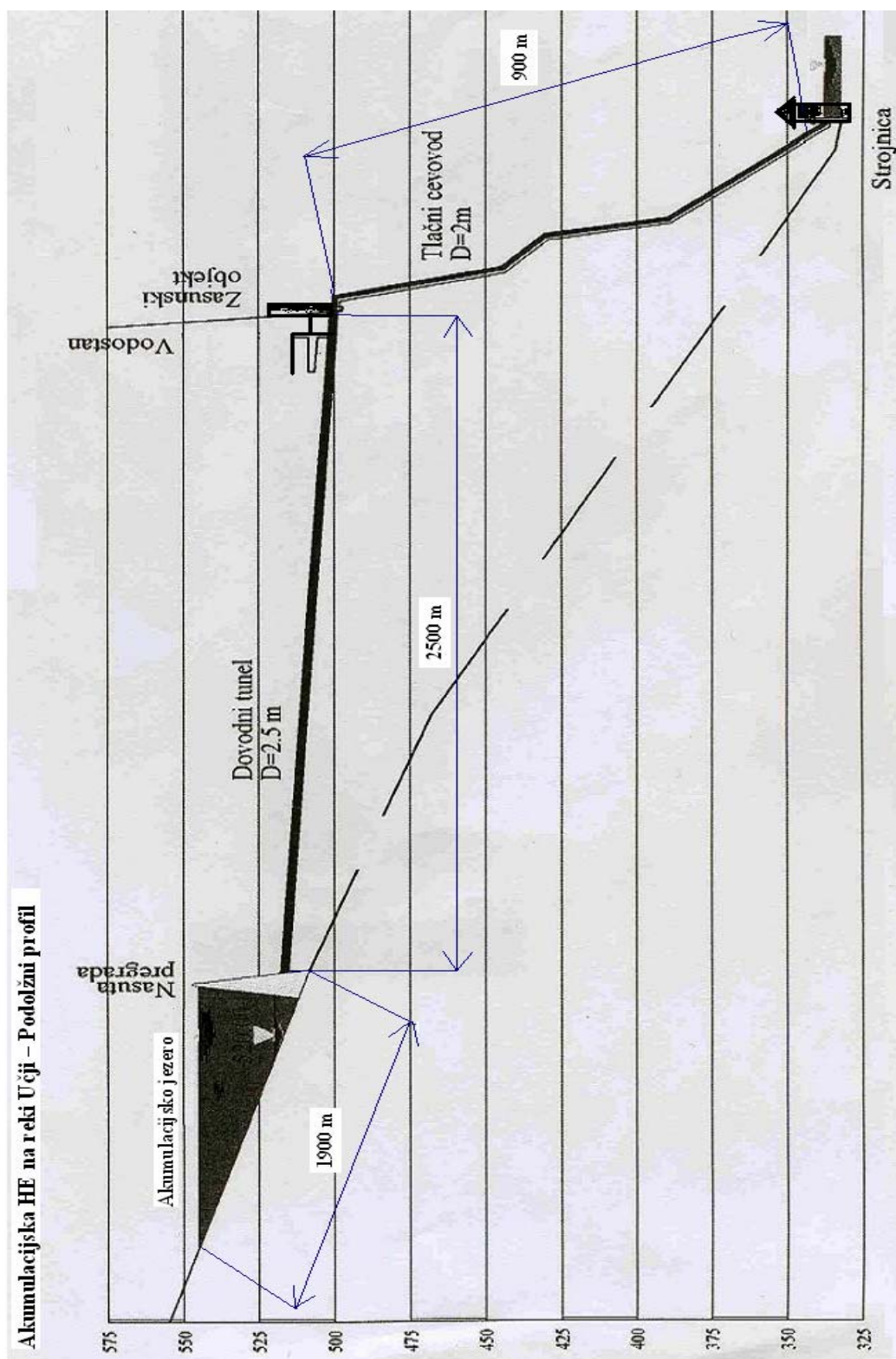
- Peltonova vodna turbina z vso potrebno strojno opremo,
- trifazni sinhronski generator z vertikalno osjo ter z vso potrebno opremo,
- mostno dvigalo s pripadajočo opremo za montažo in remonte.

Za turbinskim iztokom naj bi bil predviden umirjevalni tolmun, od tu do korita Učje pa kratek odvodni kanal. Na zunanjem platoju pa bi bilo 110 kV stikališče s trifaznim regulacijskim transformatorjem 110/10 kV in 5/31,5 MVA.

Tabela 3: Tehnični parametri HE Učje za prvo različico

Instaliran pretok	$Q_i = 15 \text{ m}^3/\text{s}$
Max. bruto padec	$H_{\text{max b}} = 214 \text{ m}$
Min. bruto padec	$H_{\text{min b}} = 189 \text{ m}$
Max. neto padec	$H_{\text{max n}} = 196 \text{ m}$
Min. neto padec.	$H_{\text{min n}} = 171 \text{ m}$
Srednji neto padec glede na težišče koristne akumulacije	$H_{\text{n-sr}} = 186 \text{ m}$
Instalirana moč	$P_i = 25,2 \text{ MW}$
Srednja moč obratovanja	$P_{\text{sr}} = 22,7 \text{ MW}$
Srednja letna proiz.energija	$E_{\text{let}} = 37.660 \text{ MW}$
Max. letna proizvodnja ($t_{1,2,3,5,6} = 2073$, $t_7 = 3100$)	$E_{\text{max}} = 47,1 \text{ GWh}$
Predvidene izgube – preliv visokih valov	Izgube = 15%
Letno število ur obratovanja	$T_{\text{let}} = 1.720 \text{ ur}$
Vrsta proizvedene energije	Vršna

Na sliki 20 je prikazana shema akumulacijske HE na reki Učji - Poldolžni profil.



Slika 20: Shema akumulacijske HE na reki Učji - Podolžni profil (Izdelal Erik Žnideršič)

5.2 Opis druge različice

V tej različici je predvidena pretočna HE, brez možnosti akumuliranja vode. Glavni elementi elektrarne so podobni kot pri prvi različici, le da je namesto ločne pregrade oziroma zemeljske pregrade v tem primeru predviden le nizek betonski jez v strugi reke Učje. Osnovne dimenzije objektov so tudi manjše zaradi manjšega instaliranega pretoka.

Elektrarna naj bi izkoriščala bruto padec 204 m. Zajetje naj bi bilo tako imenovanega planinskega ali stranskega tipa. Jez z zajetjem naj bi bil izveden kot nizek betonski prag v strugi reke Učje, temeljen na skalno podlago, ravno tako tudi peskolov, situiran tik nizvodno od jezu. Opremljen naj bi bil z grobo rešetko in zapornico na vtoku v peskolov. Peskolov pa z zapornico na vtoku na talnem izpustu ter s fino rešetko in s čistilnim strojem pred vtokom v derivacijski rov.

Za napajanje naprav na zajetju naj bi bil predviden manjši pomožen objekt s TP 10 (20)/04 kV priključeno na obstoječi daljnovod na desnem bregu.

Derivacija bi bila prav tako izvedena iz dovodnega tunela, vodostana in tlačnega cevovoda. Derivacijski sistem bi bil dimenzioniran na instaliran pretok $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dolžina dovodnega tunela med zajetjem in vodostanom bi bila cca. 4000 m in premerom 2,5 m. Izkop tunela bi bil preseka širine in višine 2,5 m. Obloga tunela bi bila armirano betonska. Svetli profil tunela bi bil okroglega preseka s premerom 2 m.

Predviden naj bi bil cilindričen vodostan s prelivom višine 25 m. Postavljen pa naj bi bil na istem mestu kot pri prvi različici. Tlačni cevovod od vodostana do strojnice naj bi bil izveden iz jeklene cevi premera 1 m in dolžine 600 m, katera bi bila postavljena na sedla ali pa na celotni dolžini vkopana.

Dvoetažna strojnica bi bila postavljena prav tako na desnem bregu reke. V spodnji etaži, ki naj bi bila delno vkopana, delno pa zasuta, bi bil nameščen agregat, ki bi ga sestavljala spiralna turbina s horizontalno osjo ter trifaznim sinhronskim generatorjem z vso potrebno elektrostrojno opremo. V strojnici bi bil nameščen mostni žerjav za montažo in remont agregata. V zgornji montaži pa bi bil pomožni prostor, pisarna in 10-20 kV stikališče.

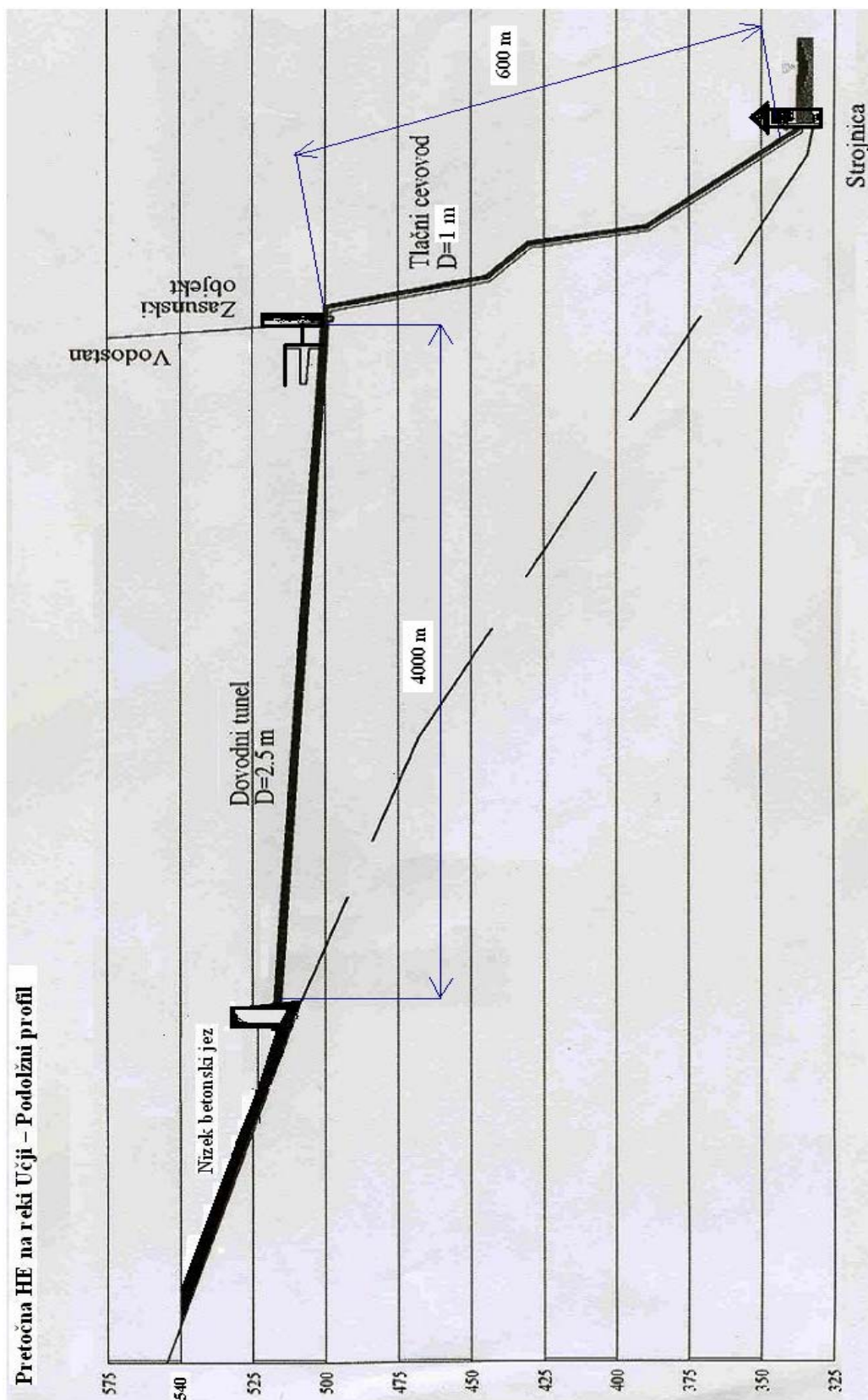
V njej bi bila nameščena glavna energetska oprema:

- Peltonova vodna turbina z vso potrebno strojno opremo,
- trifazni sinhronski generator z vertikalno osjo ter z vso potrebno opremo,
- mostno dvigalo s pripadajočo opremo za montažo in remonte.

Tabela 4: Tehnični parametri HE Učje za drugo različico

Instaliran pretok	$Q_i = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Max. bruto padec	$H_{\text{max b}} = 204 \text{ m}$
Min. bruto padec	$H_{\text{min b}} = 204 \text{ m}$
Max. neto padec	$H_{\text{max n}} = 191 \text{ m}$
Min. neto padec.	$H_{\text{min n}} = 191 \text{ m}$
Srednji neto padec glede na težišče koristne akumulacije	$H_{\text{n-sr}} = 191 \text{ m}$
Instalirana moč	$P_i = 4,8 \text{ MW}$
Srednja moč obratovanja	$P_{\text{sr}} = 4,2 \text{ MW}$
Srednja letna proiz.energija	$E_{\text{let}} = 21.396 \text{ MWh}$
Max. letna proizvodnja ($t_{1,2,3,5,6} = 2073, t_7 = 3100$)	$E_{\text{max}} = 20 \text{ GWh}$
Predvidene izgube – preliv visok.valov	Izgube = po dotoku
Letno število ur obratovanja	$T_{\text{let}} = 4.758 \text{ ur}$
Vrsta proizvedene energije	Temeljna

Na sliki 21 je prikazana shema pretočne HE na reki Učji - Podolžni profil.



Slika 21: Shema pretočne HE na reki Učji - Podolžni profil (Izdelal Erik Žnideršič)

5.3 Izračun moči za obravnavani različici elektrarne

Pri izračunu moči za izbrani različici smo upoštevali osnovne podatke HE.

5.3.1 Izračun moči za prvo različico

Akumulacijska HE

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_{sk}$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 15 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 214 \text{ m} \cdot 0,8$$

$$P = 25,2 \text{ MW}$$

5.3.2 Izračun moči za drugo različico

Pretočna HE

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot \eta_{sk}$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 204 \text{ m} \cdot 0,8$$

$$P = 4,8 \text{ MW}$$

Skupni izkoristek je izkoristek cevovoda, transformatorja, generatorja in turbine.

$$\eta_{sk} = \eta_{cev} \cdot \eta_{transf} \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{tur}$$

$$\eta_{sk} = 0,98 \cdot 0,93 \cdot 0,95$$

$$\eta_{sk} = 0,80$$

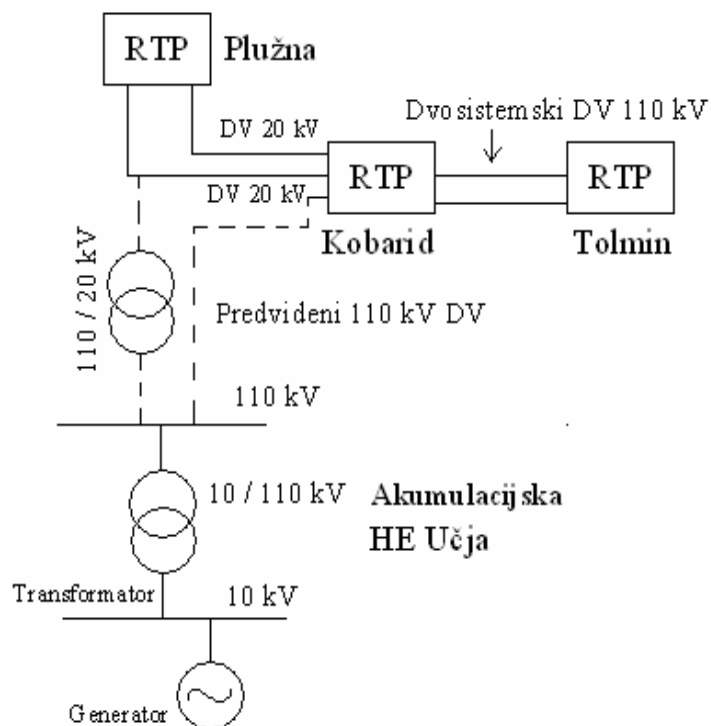
Iz diagramov na slikah 14 in 15 je razvidno, da tako za prvo kot za drugo različico ustreza Peltonova turbina.

5.4 Obratovanje elektrarne in priključitev na električno omrežje

5.4.1 Obratovanje akumulacijske HE (različica 1)

Obratovala bi v času konične porabe energije. Glede priključitve na električno omrežje je predvidena izgradnja dvosistemskega 110 kV daljnovoda od razdelilne transformatorske postaje Kobarid do HE Učja v dolžini približno 11 km, ki bi v začetku z enim sistemom lahko obratoval na 20 kV. (glej sliko 22)

Sedaj obratujeta dva daljnovoda po 20 kV, in sicer od RTP Kobarid do RTP Plužna. Predvidena je izgradnja oziroma rekonstrukcija trase enega izmed njih na dvosistemski 110 kV daljnovod, ki bi v začetku obratoval z enim sistemom na 110 kV do HE Učja, z drugim pa na 20 kV do RTP Plužna z vzankanjem za lastno rabo HE Učja.



Slika 22: Enopolna shema - Vključitev akumulacijske HE Učja v el. omrežje (Izdela Erik Žnideršič)

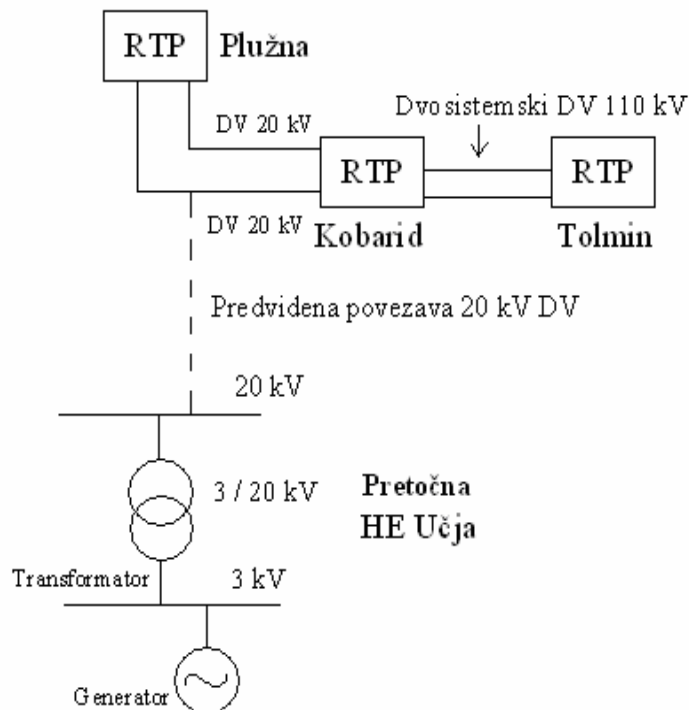
Legenda: RTP - Razdelilna transformatorska postaja
DV - Daljnovod

V stroških ni zajet prehod razdelilne transformatorske postaje Kobarid na 110 kV in izgradnja RTP Bovec z 20 kV povezavo do HE Učja. To je navedeno v planih Elektro Primorske, ki je pooblaščen za distribucijo električne energije na tem območju.

5.4.2 Obratovanje pretočne HE (različica 2)

Pri tej različici elektrarne je predvidena izgradnja 20 kV daljnovoda od RTP Kobarid do HE Učja in dalje do RTP Plužna. Ker naj bi to bila pretočna elektrarna, bi obratovanje le te bilo odvisno od trenutnega pretoka. (glej slika 23)

Jezovne naprave bi pri obeh različicah napajali iz obstoječega DV 10 (20) kV Žaga - mejni prehod Učja z izgradnjo transformatorske postaje 10(20)/0,4 kV v bližini pregrade.



Slika 23: Enopolna shema - Vključitev pretočne HE Učja v el. omrežje (Izdelal Erik Žnideršič)

Legenda: RTP - Razdelilna transformatorska postaja

DV - Daljnovod

6 EKOLOŠKI VPLIV IZGRADNJE BODOČE HE

Pri ekološki analizi smo del dokumentacije pridobili iz literature (Rojšek, 1991), preostali del pa iz terenskih raziskav (pogovor s tamkajšnjimi vaščani).

Analizirali smo vse dejavnike, ki naj bi vplivali na izgradnjo bodoče HE. Ugotovili smo, da je za prvo različico poseg v okolje dosti večji in globji kot pri drugi. Izgradnja elektrarne bi v območju akumulacije negativno vplivala tako na rastlinstvo, kot tudi na živalstvo. Pri drugi različici bi bil poseg dosti manjši, saj bi to bila pretočna HE brez akumulacije.

Pri vsaki izgradnji hidroelektrarne je izrednega pomena, kakšen vpliv ima le ta na naravno okolje. Pomembno je tudi ohranjanje minimalnega pretoka v delu vodotoka, ki teče mimo vodne elektrarne po stari strugi. S tem zagotovimo ekosistemske pogoje življenja v vodotoku in ob njem.

Ker pomeni postavitvev hidroelektrarn velik poseg v okolje, smo analizirali:

- naravno okolje tamkajšne doline (podrobna analiza),
- vpliv na urbano okolje (sprememba prostora, odstranitev ali prestavitvev obstoječih objektov),
- vpliv na rastlinstvo in živalstvo.

6.1 Naravno okolje tamkajšne doline

Takoj, ko prestopi državno mejo, se reka Učja zaje v ozko in globoko sotesko, ki ob vodi ni prehodna, zato teče cesta po desni in pot po levi strani od 10 do 200 m višje. Posebnost reke je pet korit, ki so nastala na razdalji le 5 km srednjega in spodnjega toka, slapovi levih pritokov (Brčin), lepo razkrita kamenina, zdrobljena zaradi delujoče idrijske prelomnice in silovit hudourniški odtok.

Velika naravoslovna redkost pa so tudi korita pod odpuščeno domačijo Žefovo. Tu je voda namreč odnesla okoli 1,5 m debelega sklada dolomitiziranega apnenca, tako da imajo korita v prečnem profilu obliko poševnega četverokotnika. Le ta so dolga okoli 20 in široka pa tja do 10 m.

Pri koritih v srednji Učji, pa zavije reka v obliki črke S. Tu so korita dolga okoli 100 m in v povprečju od 2 do 3 m ter ne posebno globoka. Struga ima velik in neenakomeren strmec, zato dere v penečih se brzicah in zastaja v lepih in prostranih tolmunih. Spodnja korita ležijo v vasi Žaga približno 500 m pred sotočjem s Sočo in so zelo podobna koritom v srednji Učji.

Med Skutnikom (1721 m), Malo Babo (1978 m) ter Mostiči (1643 m) je ohranjena krnica nekdanjega kratkega ledenika. Tu se namreč danes razteza povirje Brčina oziroma Potoka, močnega levega pritoka Učje. Potok ima izrazit hudourniški odtočni režim, stalno vodo pa mu zagotavlja kraški odtok iz podzemlja južnega dela Kaninskega pogorja. Struga potoka je zajezena v zelo strma korita. Z Žage pelje po levi strani Učje stara pot v Rezijo in nad Govejo planino Hlevišča na dveh krajih prečka Brčin. Slapove lahko opazujemo tudi s ceste med Žago in mejnim preходом. Spodnja Korita Učje prečkata most na cesti Nova Gorica - Bovec in brv, ki pelje k vodomerni postaji. (Rojšek, 1991)

6.2 Vpliv na urbano okolje

Dolina reke Učje je v Sloveniji zelo ozka, globoka in divja. Poseljena je le ob spodnjem toku reke, kjer najdemo nekaj hiš. Ocenjujemo, da ne bo potrebno odstraniti nobenih obstoječih objektov tako pri prvi, kot tudi pri drugi različici. Izgradnja HE ne bo vplivala na tamkajšno prebivalstvo, prav tako tudi ne na urbano okolje.

Za pridobitev dovoljenja izgradnje bo potrebno najprej pridobiti potrjeno soglasje tamkajšnih vaščanov. Na območju, kjer bo grajena strojnica, je poseljenih le nekaj hiš. Vprašali smo tamkajšne vaščane, ki živijo na tem območju, kaj menijo o izgradnji. Večina se z izgradnjo strinja (vprašal smo približno 20 vaščanov), tako da za enkrat glede tega ne vidimo nikakršnih problemov.

6.3 Vpliv na rastlinstvo in živalstvo

Po terenski analizi smo ugotovili, da je območje, kjer bo grajena bodoča HE, zelo poraščeno in težko dostopno. (glej slika 24)

Pri prvi različici, v kateri je zajeta izgradnja akumulacijske HE, naj bi z zaježitvijo za pregrado nastalo 1900 m dolgo in približno 40 m široko akumulacijsko jezero. Območje, kjer naj bi nastalo jezero, je trenutno gosto poraščeno, pretežno z listnatim drevesjem in grmičevjem. Traso bi bilo potrebno očistiti in odstraniti določen del gozdne flore. Zaradi akumulacije bo potrebno posekati gozdno površino na območju okoli 76.000 m². Po končanem poseku pa celotno dno akumulacije prekriti z armiranim betonom.

Pri sečnji gozdne površine se mora upoštevati:

- profil dreves,
- višine dreves,
- konfiguracije dreves,
- kakšna drevesa (listavci, iglavci) oz. grmičevje rastejo na tem območju,
- projektiranih povosov daljnovodnih vrvi.

Zaradi površine, ki jo akumulacija zaseže na tem območju, ne bi dopuščalo nikakršnega življenja tamkajšni flori in favni. Zaradi nihajoče se gladine vode, ki bi nastajala z omenjeno akumulacijo bi se nekateri živalski organizmi, ki živijo na tem območju, morali seliti na druge predele oz. površine. Ker bi to pomenilo izgubo življenjskega prostora, bi bili prisiljeni poiskati nova območja za življenje.

Večji problem bi se pojavil pri rastlinah, ki živijo v vodi. Te namreč nimajo možnosti premikati se z nihajočo gladino vode in posledica tega je, da bi v obdobju znižanega vodostaja ostale na suhem oziroma na kopnem.

Ker naj bi bila druga različica pretočna HE, ne bi imela akumulacijskega jezera. V tem primeru bi bil potreben le manjši ekološki poseg, ki bi le minimalno vplival na tamkajšno floro in favno.

Območje, kjer naj bi se nahajala strojnica, tako za prvo, kot za drugo različico, bi zajemalo odstranitev le nekaj dreves. To naj ne bi predstavljalo nobenega globalnega posega v naravo.

Na tem območju najdemo alpsko visokogorsko rastlinje, ki prehaja iz mešanega gozda (pretežno bukovje in smreka) vse tja do rastlinske meje (grmičevje, mahovje ter lišaji).

Od živalskih vrst, najdemo naslednje predstavnike:

Sesalci, ki naseljujejo tamkajšna gorovja:

- gams,
- srna,
- gozdna rovka,
- divja svinja.

Ptice, ki naseljujejo tamkajšna gorovja:

- krokar,
- orel,
- šoja,
- sokol,
- sraka,
- kragulj.

V reki Učji najdemo naslednje vrste rib:

- soška postrv,
- glavač,
- lipan (nahaja se v spodnjem toku reke).

Tu najdemo tudi veliko množico čudovitih naravnih pojavov kot le redko kje v Alpah, to so:

- ostanek delovanja snega in ledu (manjše snežne jame ter ledene plošče),
- kraški ter vodni pojavi (kraške jame, ponori, požiralniki, vrtače).

Vsi našeti podatki so bili pridobljeni od tamkajšnih vaščanov, domačih lovcev ter iz Ornitološkega društva Slovenije.



Slika 24: Kanjon reke Učje (<http://www.destinacije.com> - preuredil Erik Žnideršič)

6.4 Temeljne ekološke razlike med prvo ter drugo različico HE

Pri prvi različici ugotavljamo, da bi bil prav z izgradnjo akumulacijskega jezera poseg v naravno okolje neizogiben. To bi prineslo negativni vpliv tudi na tamkajšne živalske ter rastlinske vrste.

Ker bi bila druga različica pretočnega tipa, torej grajena brez akumulacij, bi bil ekološki poseg minimalen. Izgradnja le te, ne bi ogrožala tamkajšnih živalskih vrst ter prav tako ne bi vplivala na rastlinstvo.

Končno ugotavljamo, da bi druga različica zaradi omenjenih dejavnikov ekološko manj vplivala na naravno okolje kot prva.

Tabela 5: Temeljne ekološke razlike med prvo ter drugo različico HE

	Različica 1	Različica 2
HE	Akumulacijska	Pretočna
Akumulacija	akumulacijsko jezero	brez jezera
Ekološki poseg	posek gozdne površine - 76.000 m ²	manjši poseg
Vpliv na rastlinstvo	negativni vpliv zaradi akumulacije	brez večjega vpliva
Vpliv na živalstvo	negativni vpliv zaradi akumulacije	brez večjega vpliva
Vpliv na urbano okolje	brez večjega vpliva	brez večjega vpliva

7 EKONOMSKA ANALIZA PROJEKTA

Pri ekonski analizi projekta smo za obe različici natančno analizirali in izračunali letno proizvodnjo energije ter oceno investicijskih in obratovalnih stroškov.

Ekonomsko analizo smo naredili na podlagi teorije o proizvodnji in stroških, katere so opisane v navedeni literaturi: Pučko, D., Rozman, R. (1995) ter Bizjak, F. (2004).

7.1 Proizvodne kapacitete

Skupna instalirana moč vseh elektrarn v slovenskem elektrogospodarstvu znaša cca. 2.500 MW. Soške elektrarne pa s svojimi 157 MW pokrivajo 6% proizvodnih kapacitet električne energije v Sloveniji.

Na reki Soči obratujejo elektrarne HE Dobljar 1 in 2, HE Plave 1 in 2 in HE Solkan. HE Dobljar 1 in HE Plave 1 obratujejo od leta 1939 in 1940, HE Dobljar 2 in HE Plave 2 od leta 2002, HE Solkan pa od 1984 leta. Na pritokih reke Soče proizvaja električno energijo še 20 hidroelektrarn do 10 MW moči. (Notranje gradivo SENG)

Tabela 6: Podatki o proizvodnih napravah za leto 2005 (Notranje gradivo SENG)

Elektrarna	Število agregatov	Inštalirana moč (MVA)	Moč na pragu (MW)
HE Dobljar I	3	48.000	30.000
HE Dobljar II	1	50.000	40.000
HE Solkan	3	39.000	33.000
HE Plave I	2	22.000	15.000
HE Plave II	1	23.000	20.000
HE Ajba 2	1	0.125	0.100
HE Zadlaščica	2	10.000	8.000
HE Hubelj	2	2.850	2.100
HE Plužna	1	2.150	1.720
HE Log	1	2.000	1.600
HE Trebuša	2	1.500	0.760
HE Cerknjo	1	0.750	0.436
HE Moznica	2	0.648	0.530
HE Podmelec	2	0.538+0.160	0.425
HE Marof	2	0.580	0.440
HE Mesto	1	0.280	0.200
HE Gradišče	2	0.187	0.150
HE Knežke ravne 1	1	0.125	0.100
HE Pečnik	1	0.165	0.095
HE Jelenk	1	0.093	0.075
HE Mrzla rupa	1	0.810	0.648
HE Planina	1	0.170	0.136
HE Bača	1	0.690	0.500
HE Knežke ravne 2	1	1.100	0.810
HE Tolmin	1	0.207	0.109

7.2 Izračun letne proizvodnje energije

7.2.1 Izračun letne proizvodnje energije za prvo različico

Izračun energije je izveden na osnovi hidroloških podatkov za vodomerno postajo Žaga-Učja. (Idejna zasnova - SENG)

S pomočjo srednjih mesečnih pretokov je mogoče izračunati celoten volumen pretečene vode ter število ur obratovanja elektrarne.

Tabela 7: Prikaz srednjih mesečnih pretokov ter mesečni volumen pretečene vode reke Učje (velja za obe različici).

mesec	srednji mes. pretok - sQs (m ³ /s)	mesečni volumen -Vlet (m ³) · 10 ⁶
1	1,75	4,69
2	1,74	4,36
3	2,61	6,77
4	4,08	10,58
5	4,10	10,98
6	2,73	7,08
7	1,64	4,40
8	1,82	4,87
9	2,57	6,66
10	3,02	7,83
11	3,91	10,14
12	2,41	6,45
letno	2,70	84,81

Maksimalno število ur obratovanja z instaliranim pretokom $15 \text{ m}^3/\text{s}$ in električno močjo $25,2 \text{ MW}$ znaša 1720 ur.

Letna proizvodnja energije torej znaša: $E_{\text{let}} = P_{\text{sr}} \cdot T_{\text{let}} = g \cdot Q_i \cdot H_n \cdot s_r \cdot h_e \cdot T_{\text{let}} = 37.660 \text{ MWh}$.

7.2.2 Izračun letne proizvodnje energije za drugo različico

Izračun energije za pretočno HE naj bi bila izvedena prav tako, kot pri prvi različici.

Maksimalno število ur obratovanja s instaliranim pretokom $3 \text{ m}^3/\text{s}$ in električno močjo $4,8 \text{ MW}$ znaša 4758 ur .

Letna proizvodnja energije torej znaša: $E_{\text{let}} = P_{\text{sr}} \cdot T_{\text{let}} = g \cdot Q_i \cdot H_n \cdot s_r \cdot h_e \cdot T_{\text{let}} = 21.396 \text{ MWh}$.

Tabela 8: Prikaz uporabljenih tehničnih podatkov za izračun letne proizvodnje energije za obe različici

	Različica 1	Različica 2
Instaliran pretok	$Q_i = 15 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_i = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$
Srednji neto padec glede na težišče koristne akumulacije	$H_n - s_r = 186 \text{ m}$	$H_n - s_r = 191 \text{ m}$
Instalirana moč	$P_i = 25,2 \text{ MW}$	$P_i = 4,8 \text{ MW}$
Letno število ur obratovanja	$T_{\text{let}} = 1720 \text{ ur}$	$T_{\text{let}} = 4758 \text{ ur}$
Izkoristek turbine, generatorja in transformatorja	$h_e = 0,80$	$h_e = 0,80$
Letna proizvodnja energije	$E_{\text{let}} = 37.660 \text{ MWh}$	$E_{\text{let}} = 21.396 \text{ MWh}$

7.3 Ocena investicijskih stroškov

7.3.1 Ocena investicijskih stroškov za prvo različico

Oceno investicijskih stroškov, smo pridobili iz dokumentacije Hidroenergetska izraba reke Učje (1990). Idejna zasnova - (SENG).

Tabela 9: Ocena investicijskih stroškov za prvo različico

Vrsta del ter oprema	Vrednost v (EUR)
A. Pripravljalna dela	1.000.000,00
B. Gradbena dela:	
1. Obtočni tunel	766.998,91
2. Pomožne pregrade	81.806,40
3. Glavna pregrada	9.762.034,67
4. Temeljni izpust	51.129,00
5. Vtočni objekt	76.693,50
6. Prelivni objekt	511.290,00
7. Dovodni tunel	2.881.374,80
8. Vodostan	371.949,43
9. Zasunski objekt	306.774,00
10. Tlačni cevovod	2.254.788,90
11. Strojnica	601.517,86
12. Daljnovod 2 krat 110 kV	2.556.450,00
13. Pristopne ceste	511.290,00
14. Kompenzacijski bazen	3.410.539,72
C. Hidromehanska oprema	639.112,50
D. Elektro oprema	1.238.548,90
E. Strojna oprema	818.064,00
F. Ostali stroški	3.098.094,84
Ocena investicijskih stroškov	30.938.463,43

Amortizacijske stopnje za posamezne predmete vlaganj:

- 2% amortizacijska stopnja za gradbena dela,
- 3,3% amortizacijska stopnja za hidromehansko opremo,
- 5% amortizacijska stopnja za strojno in elektro opremo.

Podjetje SENG naj bi 70% celotne investicije financiralo samo, za ostanek naložbe, torej 30%, pa naj bi vzelo kreditno posojilo.

Ker je predviden začetek obratovanja elektrarne šele leta 2015, se ne da predvideti, kakšen naj bi bil davek na celotni dobiček. Trenutni davek znaša približno 23%. Ker pa je predvideno, da se bo davek v naslednjih letih zmanjševal, smo upoštevali 30% nižji davek, torej 16%.

Tabela 10: Prikaz vrednosti kredita (različica 1)

Vrednost celotne investicije (EUR)	30.938.463,43
Lastni vir investicije - 70% (EUR)	216.546.924,41
Kredit - 30% = Znesek posojila (EUR)	9.281.539,02
Letno vračanje (EUR)	928.153,90
Obresti (EUR)	2.992.973,02
Letno vračanje obresti (EUR)	299.297,30
Odplačilna doba (leta)	10

7.3.1.1 Obratovalni stroški (različica 1)

Obratovalne stroške razdelimo na sledeče parametre:

- investicijsko vzdrževanje,
- zavarovalna premija,
- koncesijska dajatev,
- vodni prispevek.

Tabela 11: Stroški investicijskega vzdrževanja (različica 1)

Normativi	Obdobje obratovanja (leta)	Vrednost v (EUR)
0,15% od vrednosti gradbenih del	1 - 10	36.216,95
0,46% od vrednosti gradbenih del	11 - 25	111.065,33
0,15% od vrednosti celotne opreme	1 - 10	40.260,54
0,52% od vrednosti celotne opreme	11 - 25	139.569,88

Zavarovalna premija znaša 0,10% celotne investicije, torej 30.938,46 EUR.

Koncesijska dajatev znaša 1.965,60 EUR.

Vodni prispevek pa znaša 47.171,00 EUR.

7.3.1.2 Prihodki od prodaje (različica 1)

Prihodke od prodaje el. energije izračunmo po formuli:

$$C_p = \sum(p_c * n)$$

- p_c (prodajna cena)
- n (količina prodanih MWh)

Akumulacijska HE bo letno na dnevnem trgu prodala 37.660 MWh. Prodajna cena električne energije znaša približno 53 EUR/MWh. Ker pa predvidevajo, da bo cena

električne energije do leta 2015 narasla, smo ceno električne energije povečali za tretjino in dobili približno 70 EUR/MWh. Prihodki od prodaje električne energije torej znašajo 2.636.200,00 EUR.

Sedanja cena električne energije za gospodinjstva znašajo približno 0,1048 EUR/kWh, za industrijo pa 0,075 EUR/kWh. Podatke za prodajno ceno električne energije za prvo in drugo različico smo pridobili v podjetju SENG. Razumljivo je, da je prodajna cena električne energije na pragu hidroelektrarne dosti manjša kot pri prodaji gospodinjstvom in industriji. Pri prodajni ceni so namreč všteti še stroški distribucije ter vzdrževanja.

7.3.1.3 Vračilna doba (različica 1)

Opredeljena je kot čas, v katerem doseže vsota neto prilivov iz realnega denarnega toka vsoto naložbenih odlivov v času obratovanja. Doba vračanja ne sme biti daljša od življenjske dobe projekta.

Obratovalna oz. življenjska doba HE Učja je ocenjena na 50 let.

$$T=N/d$$

- T (odplačilna doba)
- N (naložba)
- d (vrednost dobička)

Naložba se povrne po 31 letih obratovanja.

Tabela 12: Vrednoti denarnega toka za akumulacijsko HIE

struktura	SKUPAJ	IZGRADNJA				OBRATOVANJE		OBRATOVANJE	
		2011	2012	2013	2014	2015	2016		
leta		1	2	3	4	1	2		
A. SKUPAJ PRILIVI	30.938.463,43 €	3.414.464,81 €	7.562.948,21 €	8.385.594,17 €	8.477.360,40 €	2.636.200,00 €	2.636.200,00 €		
Lastni vir investicije	21.656.924,41 €	3.414.464,81 €	7.562.948,21 €	8.385.594,17 €	8.477.360,40 €				
Ostanek vrednosti projekta - Kredit	9.281.539,02 €					2.636.200,00 €	2.636.200,00 €		
Prilohki od prodaje	znesek								
B. SKUPAJ ODLIVI	30.938.463,43 €	3.414.464,81 €	7.562.948,21 €	8.385.594,17 €	8.477.360,40 €	5.088.913,56 €	1.990.817,72 €		
B1. Stroški izgradnje	30.938.463,43 €	3.414.464,81 €	7.562.948,21 €	8.385.594,17 €	8.477.360,40 €	4.325.546,76 €	1.227.450,92 €		
A. Pripravljalna dela	znesek	1.000.000,00 €	1.000.000,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
B. Gradbena dela	znesek	24.144.637,19 €	7.243.391,16 €	7.243.391,16 €	7.243.391,16 €	0,00 €	0,00 €		
C. Hidromehanska oprema	znesek	639.112,50 €	319.556,25 €	319.556,25 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
D. Strojna oprema	znesek	818.064,00 €	0,00 €	327.225,60 €	490.838,40 €	0,00 €	0,00 €		
E. Elektro oprema	znesek	1.238.548,90 €	0,00 €	495.419,56 €	743.129,34 €	0,00 €	0,00 €		
F. Ostali stroški	znesek	3.098.094,84 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	3.098.094,84 €	0,00 €		
G. Vračanje kredita	znesek					928.153,90 €	928.153,90 €		
H. Obresti od kredita	znesek					299.297,02 €	299.297,02 €		
B2. Obratovalni stroški:	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	156.552,55 €	156.552,55 €		
A. Investicijsko vzdrževanje	znesek					76.477,49 €	76.477,49 €		
B. Zavarovalna premija	znesek					30.938,46 €	30.938,46 €		
C. Koncesijska dajatev	znesek					1.965,80 €	1.965,80 €		
D. Vodni prispevek	znesek					47.171,00 €	47.171,00 €		
B3. Vrednosti amortizacije:	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	606.814,25 €	606.814,25 €		
A. Gradbena dela	znesek	24.144.637,19 €				482.892,74 €	482.892,74 €		
B. Strojna oprema	znesek	818.064,00 €				40.903,20 €	40.903,20 €		
C. Elektro oprema	znesek	1.238.548,90 €				61.927,45 €	61.927,45 €		
D. Hidromehanska oprema	znesek	639.112,50 €				21.090,71 €	21.090,71 €		
C. BRUTO SKUPNI DONOS	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.452.713,56 €	645.382,28 €		
D. NETO DONOS	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-2.452.713,56 €	542.121,11 €		
E. KUMULATIVA	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-2.452.713,56 €	-1.910.592,45 €		

7.3.2 Ocena investicijskih stroškov za drugo različico

Oceno investicijskih stroškov, smo prav tako pridobili iz dokumentacije Hidroenergetska izraba reke Učje (1990) - Idejna zasnova (SENG).

Tabela 13: Ocena investicijskih stroškov za drugo različico

Vrsta del ter oprema	Vrednost v (EUR)
A. Pripravljalna dela	707.993,17
B. Gradbena dela:	
1. Obtočni tunel	33.825,05
2. Pomožne pregrade	11.912,50
3. Glavna pregrada	85.737,50
4. Temeljni izpust	-
5. Vtočni objekt	-
6. Prelivni objekt	-
7. Dovodni tunel	9.183.532,60
8. Vodostan	153.387,56
9. Zasunski objekt	-
10. Tlačni cevovod	1.095.625,46
11. Strojnica	153.387,56
12. Daljnovod 2 krat 110 kV	913.302,21
13. Pristopne ceste	98.606,28
14. Kompenzacijski bazen	-
	-
C. Hidromehanska oprema	392.097,83
D. Elektro oprema	800.610,04
E. Strojna oprema	1.200.951,58
F. Ostali stroški	1.000.500,00
Ocena investicijskih stroškov	15.867.908,19

Amortizacijske stopnje za posamezne predmete vlaganj so enake kot pri prvi različici:

- 2% amortizacijska stopnja za gradbena dela,
- 3,3% amortizacijska stopnja za hidromehansko opremo,
- 5% amortizacijska stopnja za strojno in elektro opremo.

V tem primeru bi podjetje SENG celotno investicijo financiralo samo, torej se ne bi poslužilo kreditnega financiranja.

7.3.2.1 Obratovalni stroški (različica 2)

Obratovalne stroške se tudi tukaj delijo na sledeče parametre:

- investicijsko vzdrževanje,
- zavarovalna premija,
- koncesijska dajatev,
- vodni prispevek.

Tabela 14: Stroški investicijskega vzdrževanja (različica 2)

Normativi	Obdobje obratovanja (leta)	Vrednost v (EUR)
0,15% od vrednosti gradbenih del	1 - 10	17.593,97
0,46% od vrednosti gradbenih del	11 - 25	53.954,85
0,15% od vrednosti celotne opreme	1 - 10	21.184,46
0,52% od vrednosti celotne opreme	11 - 25	73.439,47

Zavarovalna premija znaša 0,10% celotne investicije, torej 15.867,91 EUR.

Koncesijska dajatev znaša 374,40 EUR.

Vodni prispevek pa znaša 26.785,65 EUR.

7.3.2.2 Prihodki od prodaje (različica 2)

Pretočna HE bo letno na dnevnem trgu prodala 21.396 MWh. Prodajna cena električne energije znaša približno 18 EUR/MWh. Ker bo cena električne energije do leta 2015 narasla, smo tudi pri tej različici upošteval višjo ceno električne energije in sicer približno 24 EUR/MWh. Prihodki od prodaje električne energije bi znašali 513.504,00 EUR.

Pri prvi različici znaša prodajna cena električne energije 53 EUR/MWh, pri drugi različici pa približno tretjino manj, torej 18 EUR/MWh.

Pri hidroenergiji je izrednega pomena faktor shranjevanja energije (akumulacija). Hidroelektrarne z akumulacijo imajo možnost zadrževati vodo v tako imenovanih akumulacijskih bazenih. To je dragocena energija, ki se ne potroši, ampak ostane shranjena toliko časa, koliko je le to potrebno. Zato je razumljivo, da je prodajna cena el. energije pri pretočnih hidroelektrarnah manjša v primerjavi s prodajno ceno el. energije pri akumulacijskih hidroelektrarnah.

7.3.2.3 Vračilna doba (različica 2)

Obratovalna oz. življenska doba HE Učja je ocenjena na dobo 50 let.

Ker je v 50 letu obratovanja kumulativa še vedno negativna, se v tem obdobju investicaja ne povrne (tabela 15).

Torej ocenjujemo, da se celotna investicija pretočne HE ne izplača, torej je ekonomsko neupravičena.

Tabela 15: Vrednosti denarnega toka za pretočno HE

struktura	leto	IZGRADNJA				SKUPAJ	IZGRADNJA				OBRATOVANJE	
		1	2	3	4		1	2	1	2		
A. SKUPAJ PRILIVI		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
Lastni vir investicije	znesek	3.122.457,98 €	3.725.774,59 €	4.526.400,03 €	4.493.275,59 €	513.504,00 €	513.504,00 €					
Ostane vrednosti projekta - Kredit	znesek	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
Prihodki od prodaje	znesek	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
B. SKUPAJ ODLIVI		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
B1. Stroški izgradnje	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					
A. Pripravljaina dela	znesek	707.993,17 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	%	100%	10%	30%	30%	0,00 €	0,00 €					
B. Gradbena dela	znesek	11.765.749,57 €	3.529.724,87 €	3.529.724,87 €	3.529.724,87 €	0,00 €	0,00 €					
	%	100%	50%	50%	50%	0,00 €	0,00 €					
C. Hidromehanska oprema	znesek	392.097,83 €	196.048,92 €	196.048,92 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	%	100%	40%	40%	60%	0,00 €	0,00 €					
D. Strojna oprema	znesek	1.200.951,58 €	0,00 €	480.380,83 €	720.570,95 €	0,00 €	0,00 €					
	%	100%	0,00 €	40%	60%	0,00 €	0,00 €					
E. Elektro oprema	znesek	800.610,04 €	0,00 €	320.244,02 €	480.366,02 €	0,00 €	0,00 €					
	%	100%	0,00 €	40%	60%	100%	100%					
F. Ostali stroški	znesek	1.000.500,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.000.500,00 €	0,00 €					
G. Vračanja kredita	znesek											
H. Obresti od kredita	znesek											
B2. Obratovalni stroški:		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
A. Investicijsko vzdrževanje	znesek	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	81.806,39 €	81.806,39 €					
B. Zavarovalna premija	znesek					38.778,43 €	38.778,43 €					
C. Koncesijska dajatev	znesek					15.867,91 €	15.867,91 €					
D. Vodni prispevek	znesek					374,40 €	374,40 €					
B3. Vrednosti amortizacije:		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
A. Gradbena dela	% letno	2%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	znesek	11.765.749,57 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
B. Strojna oprema	% letno	5%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	znesek	1.200.951,58 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
C. Elektro oprema	% letno	5%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	znesek	800.610,04 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
D. Hidromehanska oprema	% letno	3,3%	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
	znesek	392.097,83 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €					
C. BRUTO SKUPNI DONOS		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	917.135,84 €	83.365,16 €					
D. NETO DONOS		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	917.135,84 €	70.026,73 €					
E. KUMULATIVA		2011	2012	2013	2014	2015	2016					
		0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-1.154.523,60 €	-1.084.496,87 €					

OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE	OBRATOVANJE
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €	513.504,00 €		
430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	430.138,84 €	518.754,73 €	518.754,73 €		
0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	81.806,39 €	170.422,28 €	170.422,28 €		
38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	38.778,43 €	127.394,32 €	127.394,32 €		
15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €	15.867,91 €		
374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €	374,40 €		
26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €	26.785,65 €		
348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €	348.332,45 €		
2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%		
235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €	235.314,99 €		
5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%		
60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €	60.047,58 €		
5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%		
40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €	40.030,50 €		
3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%	3,30%		
12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €	12.939,23 €		
83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	83.365,16 €	5.259,73 €	5.259,73 €		
70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	70.026,73 €	4.410,62 €	4.410,62 €		
-1.014.470,14 €	-944.443,41 €	-874.416,68 €	-804.389,95 €	-734.363,22 €	-664.336,49 €	-594.309,76 €	-524.283,03 €	-528.693,64 €	-533.104,26 €		

8 IZBIRA RAZLIČICE

Glede na tehnične in ekonomske pokazatelje oziroma kriterije (tabela 16) ugotavljamo, da je boljša izbira akumulacijske HE, torej prva razičica.

Gledano iz ekološkega vidika se z izgradnjo pretočne HE veliko manj vpliva na naravno okolje, ampak kot smo že omenili, bi z izgradnjo akumulacije, torej akumulacijske HE, soprispevali k večji letni proizvodnji obstoječih elektrarn.

Vodni režim reke Učje zaznamuje hudourniški značaj, kar pomeni velika nihanja pretoka. Zaradi takšnih pogojev je smotrna izgradnja akumulacije, s katero zadržimo vodo ob času, ko so pretoki večji od instaliranega pretoka elektrarne. Značilnost vodotoka je velik padec na razmeroma kratki razdalji. To značilnost vodotoka najbolje izkoristimo v energetskega pomenu z izgradnjo tlačnega cevovoda, s katerim dobimo velik padec na kratki razdalji. Predvidena akumulacija bi služila tudi kot dodatni zbiralnik vode za nizvodno ležeče obstoječe HE.

Tabela 16: Osnovni kriteriji izbire različice HE

Osnovni kriteriji	Različica 1	Različica 2
HE	Akumulacijska	Pretočna
1. TEHNIČNI VIDIK		
Moč	srednje velika (25,2 MW)	majhna (4,8 MW)
Instaliran pretok	srednje velik (15 m ³ /s)	majhen (3m ³ /s)
Proizvedena energija	vršna	temeljna
Velikost celotnega objekta	srednje velik	majhen
2. EKOLOŠKI VIDIK		
Vpliv na urbano okolje	ne vpliva	ne vpliva
Vpliv na rastlinstvo	negativno	brez večjega vpliva
Vpliv na živalstvo	negativno	brez večjega vpliva
3. EKONOMSKI VIDIK		
Celotna investicija	cca. 30 milj. EUR	cca. 15 milj. EUR
Amortizacija projekta	v 31 letih	ne izplača v 50 letih
Namen	soprispeva k večji letni proizvodnji obstoječih HE	brez posebnega namena

9 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo natančno pregledali in analizirali varianti bodoče HE Učja. Analiza je obsegala tehnični, ekološki in ekonomski vidik izgradnje bodoče HE oz. vključitev le te v električno omrežje.

Najprej smo iz tehničnega vidika analizirali obe različici in ju primerjali med seboj. Prva opisana različica oz. akumulacijska HE se po svojih tehničnih in ekonomskih karakteristikah uvršča med večje HE na območju Republike Slovenije (P = 25,2 MW, stroški izgradnje znašajo cca. 30 milijonov EUR), medtem ko se druga različica, pretočna HE uvršča med male HE (P = 4,8 MW, stroški izgradnje znašajo cca. 15 milijonov EUR).

Pri ekološki analizi smo za obe različici analizirali vse dejavnike (vpliv na naravno in urbano okolje ter na rastlinstvo in živalstvo tamkajšne pokrajine), ki naj bi vplivali na izgradnjo bodoče HE. Ugotovili smo, da je pri prvi različici poseg v okolje dosti večji in globlji kot pri drugi. Izgradnja elektrarne bi v območju akumulacije negativno vplivala tako na rastlinstvo, kot tudi na živalstvo. Ob gradnji bi morali biti zelo pazljivi pri sečnji in izkopu, da bi posekali samo najmanjšo potrebno količino gozdne površine.

Pri drugi različici, pa bi bil poseg dosti manjši, saj bi to bila pretočna HE in ne bi imela akumulacije. Moramo pa vedeti, da je ob vsaki izgradnji katerekoli HE poseg v naravno okolje neizogiben, pri nekaterih je manjši, pri drugih pa večji. Pri obeh različicah ne beležimo vpliva na urbano okolje.

Izgradnja elektrarne z akumulacijo bi bila koristna tudi v vodnogospodarskem smislu zaradi preprečevanja zaprojevanja struge Soče, zadrževanja visokih valov in možne manjše dotacije Soči ob ekstremno nizkih naravnih pretokih.

Na koncu smo naredili ekonomsko analizo obeh različic. Najprej smo izračunali moči elektrarn, vse potrebne investicijske in obratovalne stroške, prihodek od prodaje električne energije ter vračilno dobo projekta. Investicijski in obratovalni stroški so pri prvi različici podvojeni v primerjavi z drugo različico.

Naložba v prvo različico se povrne v 31 letu obratovanja, medtem ko se pri drugi v obdobju 50 let ne povrne.

Kljub vplivu na okolje, pa dokončno ugotavljamo, da je izbira prve različice boljša od izbire druge.

10 LITERATURA

Energetika - spletni učbenik. Pridobljeno 21.02.2007 s svetovnega spleta:

http://www.tehnika.fnm.uni-mb.si/projekti/energetika%2005/objekti_za_pretvarjanje_merjenje_in_obnovljivi_viri_energije.html

Največja baza fotografij turističnih lokacij v Evropi. Pridobljeno 10.04.2007 s

svetovnega spleta: http://www.destinacije.com/datum_nav.asp?lang=slo&pg=1&datum=16.05.2004.&cp=13&s=Next

Tuma, M. (1989). Energetski stroji in naprave - Teoretične osnove. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Orel, B. (1986). Energetski pretvorniki I. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.

Razpet, A. (1997). Elektroenergetski sistemi. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Medved, S., Novak, P. (2000). Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Rojšek, D. (1991). Naravne znamenitosti posočja. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Bizjak, F. (2004). Osnove ekonomike podjetja za inženirje. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Pučko, D., Rozman, R. (1995). Ekonomika podjetja. Černel – Rogina. Ljubljana.

Hydroenergetska izraba reke Učje (1990). Idejna zasnova - Soške elektrarne Nova Gorica (SENG).

PRILOGA 1:

Hydroenergetska izraba reke Učje (1990): Idejna zasnova - SENG (situacijska karta)

