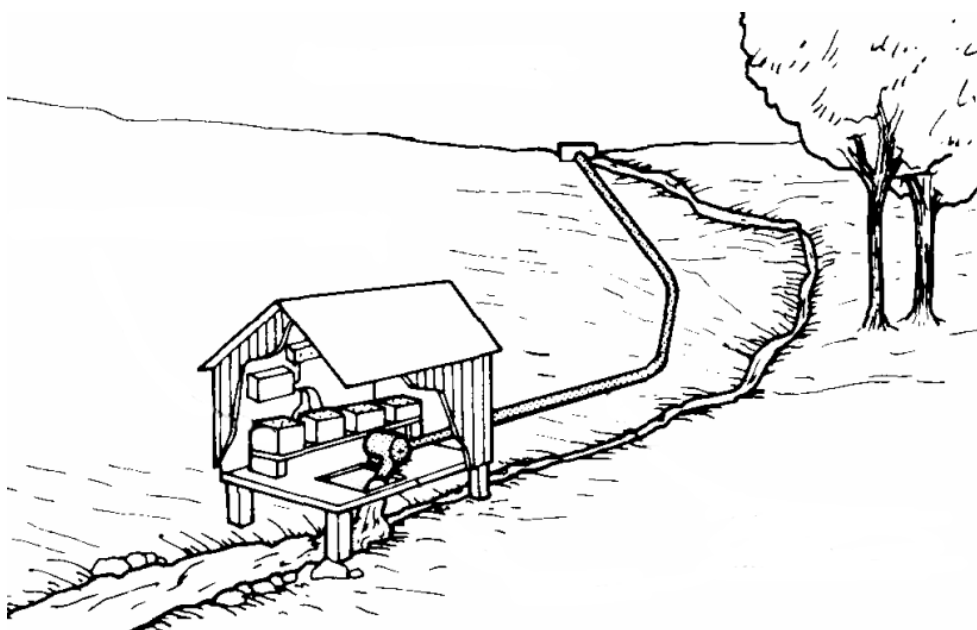




Šolski center Celje
Šola za elektrotehniko in kemijo

Male hidroelektrarne

(Raziskovalna naloga)



Mentor:

mag. Boštjan Lilija univ.dip.inž

Avtor:

Urban Mesner E-4.a

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2010

1 Kazalo

1	Kazalo.....	1
1.1	Kazalo slik:.....	2
2	Povzetek	3
3	Uvod	4
3.1	Opis raziskovalnega problema	4
3.2	Hipoteza	4
3.3	Opis raziskovalnih metod	4
4	Opis male hidroelektrarne	5
4.1	Kaj je mala hidroelektrarna – definicija	5
4.2	Pogoj za izrabo vodne energije	6
4.3	Male hidroelektrarne v Evropi in svetu	6
4.4	Male hidroelektrarne v Sloveniji	7
4.5	Vplivi malih hidroelektrarn na okolje	7
4.6	Razvojne možnosti	7
4.7	Zelena energija	8
5	Gradnja male hidroelektrarne	10
5.1	Opis in lokacija MHE	10
5.2	Pridobitev koncesije in koncesijska dajatev	10
5.3	Lokacijsko dovoljenje in soglasje za izgradnjo male hidroelektrarne	11
5.4	Pridobitev gradbenega dovoljenja	12
5.5	Pridobitev uporabnega dovoljenja	12
6	Opis delovanja	13
6.1	Razdelitev MHE po moči	13
6.2	Jez	14
6.3	Potrebna velikost dovodnega kanala	15
6.4	Instaliran pretok	16
6.5	Strojni del	17
6.5.1	Vodne turbine	17
6.5.2	Peltonova vodna turbina	17
6.5.3	Francisova vodna turbina	18
6.5.4	Kaplanova vodna turbina	19
6.5.5	Bankijeva vodna turbina	19
6.5.6	Uporabnost posameznih turbin	20
6.5.7	Izkoristek turbin	20
7	Elektro del	21
7.1	Načini obratovanja male HE	21
7.2	Stacionarno obratovanje	21
7.3	Vklop male HE v omrežje	22
7.4	Napetostne razmere	23
7.5	Elektro načrt	26
7.5.1	Delovanje	27
7.5.2	Vklop	27
8	Raziskovalni del	28
9	Zaključek	31
10	Literatura:	32
11	Zahvala	33

1.1 Kazalo slik:

Slika 1: Zunanji pogled na mHE	5	
Slika 2: Pogled na jez	6	
Slika 3: Termoelektrarne kot velik »proizvajalec«	8	
Slika 4: Potok- iz njega lahko pridobimo zeleno energijo.	9	
Slika 5: Izraba del toka reka za mHE	13	
Slika 6 : Pogleg na jez	14	
Slika 7: Dovodna cev s strojnico mHE	15	
Slika 8: Cevovod	16	
Slika 9: Peltonova turbina	Slika 10: Lopatica turbine.....	17
Slika 11: Prerez sistema Francisove turbine	18	
Slika 12: Prikaz Kaplanove turbine.....	19	
Slika 13: Vpliv mHE na razširitev napetostnega območja v radialnem vodu.....	23	
Slika 14: Vpliv mHE na napetostne razmere v radialnem vodu	24	
Slika 15: Vpliv mHE na napetostne razmere v radialnem vodu, ob priključitvi mHE v sredini voda	25	

2 Povzetek

Namen moje raziskovalne naloge je bil raziskati stanje MHE in njihovo izgradnjo.

V tej raziskovalni nalogi sem predstavil male hidroelektrarne in raziskal kakšno je stanje glede izgradnje. Opisal sem vsa dovoljenja potrebna za izgraditev MHE, ki so v skladu z Zakonom o graditvi objektov in Zakonom o energetskega gospodarstvu. Opisan je tudi strojni in elektro del male HE. Strojni del, ki ga delimo glede na vrsto turbine in elektro del, ki ga delimo glede na vrsto generatorja. Glede na vrsto generatorja delimo male HE na različne načine obratovanja in s tem imamo tudi različno električno opremo. Naloga prav tako vsebuje načine priključitve male HE na elektroenergetsko omrežje.

Pri delu sem uporabljal veliko raziskovalnih metod. Te metode so prebiranje zakonodaje in člankov, opravil pa sem tudi razgovore z zasebnimi investitorji.

Cilj moje raziskovalne naloge je bil ugotoviti skupno moč malih HE in kako je oziroma bo naraščala izgradnja malih HE od leta 1984 naprej.

Glede na pridobljene podatke sem ugotovil, da se je izgradnja MHE zelo upočasnila. Problemi so nastali zaradi pridobivanja dovoljenj in neugodnih kreditov. Tudi v prihodnosti se bo še bolj upočasnjevala, saj Ministerstvo za okolje ne pomaga investitorjem pri pridobivanju dovoljenj.

3 Uvod

3.1 Opis raziskovalnega problema

Za raziskovalnega problem »Zakaj se izgradnja MHE zmanjšuje?« sem se odločil zaradi zmeraj več govora o globalnem segrevanju. V današnjem času se pojavlja zmeraj več vprašanj »Kako zmanjšati globalno segrevanje?« in »Kateri so povzročitelji?«. Moje mnenje je, da MHE proizvaja čisto energijo in zaradi tega bi mogli spodbujati izgradnjo.

3.2 Hipoteza

Moja hipoteza je, da izgradnja malih HE upada in bo tudi v prihodnosti upadalo. Omejil sem se na področje Elektra Celje in na zasebne investitorje do 50 kW moči. Saj imajo zasebni investitorji velikokrat omejitev glede kapitala.

3.3 Opis raziskovalnih metod

Pri svojem delu sem uporabil raziskovalne metode:

- prebiranje zakonodaje in člankov
- razgovori z zasebnimi investitorji

Prebral sem veliko člankov, ki so bili napisani na temo izgradnj MHE. V teh člankih investitorji opisujejo kako so izgradili MHE in z kakšnimi problemi so se srečevali med samo izgradnjo.

Opravil sem tudi razgovor z investitorjema, ki sta mi zaupala kako je potekala njihova izgradnja in kakšno je njuno mnenje glede grajenja MHE v prihodnosti.

4 Opis male hidroelektrarne

4.1 Kaj je mala hidroelektrarna – definicija

Alternativa velikim hidroelektrarnam so male hidroelektrarne (MHE), kamor sodijo male in mikro hidroelektrarne. Mikro hidroelektrarne imajo do 36 kW nazivne inštalirane električne moči, male hidroelektrarne pa od 36kW do 10MW. Mala hidroelektrarna deluje tako, da je del toka reke speljan po kanalu ali cevi do turbine, ki poganja generator, in na tak način proizvaja električno energijo. Izstopna voda iz turbine se nato vrača v rečno strugo. Glavni tok reke neovirano teče naprej, kar je izredno pomembno, predvsem z vidika ekologije, saj s tem bistveno ne posežemo v naravo. Slika 1. prikazuje kako skoraj neopazno je mala HE uvrščena v okolje.



Slika 1: Zunanji pogled na mHE

4.2 Pogoji za izrabo vodne energije

Osnovni pogoj za izrabo vodne energije je ustrezen umetno ustvarjen vodni tlak, na primer od nivoja zaježitve do mesta turbine, med katerima vodi tlačni cevovod. Pri MHE pa gre načelno za prosti vodni tok reke, pri katerem izgradnja večjih jezov in rezervoarjev ni potrebna. Na sliki 2. je vidno kako je reka zaježena in iz jeza izpeljan cevovod do male HE.



Slika 2: Pogled na jez

4.3 Male hidroelektrarne v Evropi in svetu

Vodna energija je največje področje rabe obnovljivih virov. Vodne elektrarne prispevajo 22% celotne svetovne proizvodnje elektrike. Precejšni delež te količine predstavljajo male hidroelektrarne, z močjo pod 10 MW. V Evropi trenutno obratuje več kot 17400 malih hidroelektrarn.

4.4 Male hidroelektrarne v Sloveniji

Ob spoznanju, da je obravnavanje malih hidroelektrarn povezano predvsem s pojmom racionalnega izkoriščanja energetskega virov in določene zagotovljenosti napajanja lokalnih odjemalcev, je Republiški komite za energetiko srednje Slovenije maja 1977 izdelal program ukrepov za racionalizacijo pridobivanja, pretvarjanja, transporta in porabe energije. Pri ukrepih za racionalno pridobivanje energije navajajo med drugimi izkoriščanje energetskega virov. Začetek gradnje malih hidroelektrarn v Sloveniji je v začetku 80.let spodbudil Zakon o energetskem gospodarstvu, ki je dovolil gradnjo energetskega objektov tudi izven elektrogospodarstva. Tako je bila do osamosvojitve 1990 zgrajena večina malih HE. Po osamosvojitvi spremenjena zakonodaja pa je novo gradnjo skoraj zaustavila. Problemi so nastali v pridobitvah dovoljenj, zaradi posega v okolje. Ustvarile so se razne skupine (okoljevarstvene), ki nasprotujejo posegu v okolje. Te skupine si prizadevajo za vzpostavitev večjega števila institucionalnih in okoljskih ovir pri pridobivanju dovoljenj za postavitev MHE. To povzroča zastoj pri razvoju tega področja. Veliki problemi so nastali tudi zaradi neugodnih kreditov. Zaradi tega se je tudi povečal čas za povrnitev investicije.

4.5 Vplivi malih hidroelektrarn na okolje

Male hidroelektrarne so še posebej primerne za podeželske in izolirane kraje, saj so ekonomska alternativa električnemu omrežju. Sistemi priskrbijo poceni, neodvisen in nepretrgan električni tok brez škodljivega vpliva na okolje, pa tudi sredstva za zajezitev rek niso velika.

Male hidroelektrarne nimajo na okolje nobenega večjega vpliva. V veliko primerih vplivajo na okolje in družbo pozitivno, saj nadomeščajo proizvodnjo energije iz fosilnih goriv, posledica katere so emisije škodljivih snovi npr. toplogrednih plinov, žveplovega dioksida ...

Male hidroelektrarne zmanjšujejo nevarnost poplavljanja rek, v določenih primerih pa celo povečujejo biološko raznovrstnost.

4.6 Razvojne možnosti

Prebivalstvo v svetu hitro narašča in zato se pojavlja vprašanje, kako bo prebivalstvo oskrbovano z energijo. Odgovor se kaže predvsem v povečani rabi obnovljivih virov, ki bodo poleg varovanja okolja pomagali zmanjšati tudi naraščajočo energetsko odvisnost. Gledano s svetovnega vidika predstavljajo obnovljivi viri ogromen tržni potencial za nadaljnji razvoj.

Mali vodotoki predstavljajo 14% vodnega potenciala Slovenije, pri čemer je potencial za gradnjo MHE izkoriščen le 27-odstotno. Če bi izkoristili preostali gospodarno izkoristljiv potencial, bi to pomenilo dodatnih 180 MW moči in 820GWh srenje letne proizvodnje iz objektov, zgrajenih z zasebnim kapitalom. To energijo bi v Sloveniji zelo potrebovali, saj bi zmanjšali odkupni delež elektrike od drugih držav.

Vse članice EU morajo do leta 2020 zmanjšati izpust toplogrednih plinov. Slovenija je že začela podpirani in subvencionirati okolju prijazne projekte. Ustanovili so EKO sklad, ki spodbuja in pomaga pri gradnji okolju prijaznih objektov.



Slika 3: Termoelektrarne kot velik »proizvajalec«

4.7 Zelena energija

Od 26. maja 2004 dalje je na tržišču tudi tako imenovana zelena energija. To je energija, ki je pridobljena iz obnovljivih energetske virov.

Takšni viri so voda, biomasa, bioplin, sončna in vetrna energija, energija plime in oseke in geotermalna energija. V Sloveniji največji delež zelene energije pridobivamo iz hidroelektrarn.

Tako so začela elektro distribucijska podjetja tržiti to energijo in jo prodajati po višji ceni, ki za 0,00417 €/kWh višja od osnovne cene kilovatne ure (kWh).

Ta razlika o ceni bo namenjena za vzdrževanje obstoječih in izgradnjo novih proizvodnih kapacitet okolju prijazne proizvodnje električne energije. To tudi pomeni, da vsi ko se bodo odločili za ta paket, bodo 0,00417 € na porabljeno kilovatno električne energije izkazali svojo ekološko ozaveščenost in pomagali ohraniti čisto in zdravo okolje za prihodnost.



Slika 4: Potok- iz njega lahko pridobimo zeleno energijo.

5 Gradnja male hidroelektrarne

5.1 Opis in lokacija MHE

Po smeri toka vode je mala hidroelektrarna sestavljena na splošno iz:

- Zajetja z vtokom, peskolovom in vtokom v dovodni kanal ali cevovod,
- Dovodnega objekta, ki je lahko kanal ali cevovod,
- Zgradbe strojnice, v kateri se nahaja agregat, sestavljen iz turbine in generatorja, upravljalnega sistema ter povezave z distribucijskim omrežjem,
- Odvodnega objekta.

Lokacijo MHE predstavljajo tisti pogoji, ki zagotavljajo energijsko izkoriščanje vodotoka – potoka:

-padec od zaježitve do strojnice ter

-zadostna količina vode potrebna za proizvodnjo.

Elektrarni dajeta moč padec in pretok vode.

Padec je razlika med kotom zaježitve na zajetju (jezovna zgradba) ter kotom turbine. To je bruto padec objekta na določenem odseku.

Za izbor lokacije je pomembno predvsem, kako je oblikovan teren, da lahko po njem speljemo dovod vode do strojnice – torej moremo izbrati najugodnejši odsek potoka. Večji kot je padec, večja je moč elektrarne pri enakem pretoku vode. Zato je smiselno na najkrajšem odseku poiskati največji padec (slapovi,...).

5.2 Pridobitev koncesije in koncesijska dajatev

Za rabo vode na podlagi koncesije, ki jo je treba, v skladu z Zakonom o vodah in Zakonom o spremembah in dopolnitvah zakona o vodah, pridobiti z rabo vode za proizvodnjo električne energije, se plačuje vodno povračilo in plačilo za vodno pravico (koncesnino)

Vsak koncesijski akt določa tudi višino koncesnine. Pri današnjih uredbah o podelitvah koncesije se določa ta vrednost na 4.2% povprečne prodajne vrednosti v koledarskem letu proizvedene in v javno električno omrežje oddane električne energije.

5.3 Lokacijsko dovoljenje in soglasje za izgradnjo male hidroelektrarne

Po odobreni koncesiji oziroma pridobljenem vodnem dovoljenju (gospodarsko izkoriščanje vode), more investitor ki želi graditi malo hidroelektrarno, po veljavni zakonodaji, pridobiti lokacijsko dovoljenje od občinskega oziroma državnega upravnega organa pristojnega za urejanje prostora.

Lokacijsko dovoljenje je upravni akt, na podlagi katerega se dovoljuje gradnja objekta. Osnova za izdajo lokacijskega dovoljenja je lokacijska dokumentacija, izdelana v skladu z določbami zakona o urejanju naselij in drugih posegov v prostor ter v skladu s splošnimi usmeritvami in merili iz odloka o prostorsko-ureditvenih pogojih. Lokacijski dokumentaciji morajo biti predložena soglasja in dokazilo, da ima investitor pravico razpolagati z zemljiščem.

Sestavine lokacijske dokumentacije so:

- kopija katastrskega načrta obravnavanega primera
- geodetski načrt obstoječega stanja terena, objektov in naprav
- načrt predvidene rabe površin s podatki o oblikovanju objekta
- karta – situacija celotnega objekta od zajetja do strojnice.

V večini primerov so male hidroelektrarne priključene na distribucijsko omrežje, kar pomeni, da mora investitor pridobiti tudi soglasje pristojnega podjetja za distribucijo električne energije. V vsakem primeru pa je potrebno predložiti tudi še nekatera druga soglasja, kot so:

- vodnogospodarske smernice in stališča (izda jih pristojna, pooblaščenca vodnogospodarska organizacija Ministrstva za okolje in prostor ali podjetje za urejanje hudournikov po Zakonu o vodah)
- energetske soglasje (po Zakonu o energetskem gospodarstvu ga izda Ministrstvo za gospodarske dejavnosti Republike Slovenije)
- sanitarno in požarno-varstveno soglasje (samo za male hidroelektrarne, ki so predvidene za obratovanje v omrežje elektroenergetskega sistema)
- dokazilo, da je investitor upravičen razpolagati z zemljiščem, na katerem na namerava graditi ali drugače posegati v prostor
- soglasje Zavoda za ribištvo
- pogoji Zavoda za varstvo okolja in kulturne dediščine
- morebitna druga soglasja.

5.4 Pridobitev gradbenega dovoljenja

Investitor male hidroelektrarne lahko začne gradnjo na podlagi gradbenega dovoljenja, ki ga za male hidroelektrarne izda območna upravna enota Republike Slovenije. Zahtevi po izdaji gradbenega dovoljenja je treba predložiti naslednje dokumente:

- dokazilo o pravici do razpolaganja z zemljiščem
- pravnomočno lokacijsko dovoljenje
- soglasja prizadetih sosedov, če tako določajo posebni predpisi
- projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja in izvedbo pridobitve gradbenega dovoljenja, ki vsebuje gradbeni in elektro-strojni del
- vodnogospodarsko soglasje

Preden pristojni organ izda gradbeno dovoljenje, preveri tudi ali je bila opravljena kontrola projekta, ali ima projekt (pridobitev gradbenega dovoljenja) vse vsebinske sestavne dele ali je projekt izdelan v skladu s pogoji lokacijskega dovoljenja.

Po pridobitvi gradbenega dovoljenja, tehničnem pregledu in pridobitvi uporabnega dovoljenja, pridobimo še vodnogospodarsko dovoljenje. Vodnogospodarsko dovoljenje izda upravni organ, ki izda tudi vodnogospodarsko soglasje.

5.5 Pridobitev uporabnega dovoljenja

Po končani izgradnji objekta sme investitor pričeti s poskusnim obratovanjem potem, ko si je pridobil soglasje pristojne inšpekcije. Po zaključenem poskusnem obratovanju mora investitor zaprositi organ, ki je izdelal gradbeno dovoljenje za tehniški pregled zgrajenega objekta, Upravni organ, ki je izdal gradbeno dovoljenje, izda takoj po opravljenem tehničnem pregledu in po odpravi eventuelnih pomanjkljivosti uporabno dovoljenje za obratovanje MHE.

6 Opis delovanja

6.1 Razdelitev MHE po moči

Pojem male HE lahko ima več različnih pomenov. Pri nas ločimo male HE na tri razrede:

- do 50kVA
- med 50 in 100kVA
- nad 100kVA

V prvi razred sodijo MHE, ki se zanje zanimajo predvsem zasebni investitorji in po tem zanimanju sodeč, smemo pričakovati, da bo postavitvev teh HE v resnici množično.

V drugi razred sodijo že resnejše naprave, ki jih bo gradilo zlasti elektrogospodarstvo Slovenije. Osredotočil se bom predvsem na MHE do 50kW.



Slika 5: Izraba del toka reka za mHE

Za izgradnjo MHE ni mogoče neposredno uporabiti naraven tok vode, temveč je treba spremeniti tok vode in vodo napeljati k turbini, bodisi po kanalu ali cevovodu. Po načinu, kako dovajamo vodo k turbini, delimo MHE na naslednje skupine:

- MHE z odprtim dovodom
- MHE z zaprtim dovodom
- MHE z delno odprtim dovodom

Ta delitev je zelo važna, ker opredeljuje splošno zasnovo vodne naprave in s tem opremo dovoda samega, kakor tudi vrsto in konstrukcijsko izvedbo turbine. Pri dovajanju vode so namreč potrebne drugačne turbine, kot jih priključujemo na dovodne cevovode. V nadaljevanju se bom omejil na male HE z zaprtim dovodom.

6.2 Jez

Voda mora padati, da lahko dobimo električno moč iz toka. V večini primerov je padec vode izboljšán in povečan s konstrukcijo jezu pred hidroelektrarno. Večji kot je jez, in s tem padec vode, več energije in moči bomo dobili iz vode. Poleg povečanja višine, pa si z jezom shranimo vodo s katero lahko reguliramo pretok in s tem povečamo potencial hidroelektrarne.



Slika 6 : Pogleg na jez

6.3 Potrebna velikost dovodnega kanala

Dovodni in odvodni kanali imajo glede na način, kako so izdelani, lahko različne preseke. Leseni in betonski kanali ter taki, ki so vsekani v skalo, imajo pravokotni presek. Sicer so preseki kanalov v splošnem trapezne oblike, pri čemer so nakloni sten odvisni od gradiva. Trapezasti kanali so lahko izkopani, delno izkopani in delno obdani z nasipi ali pa v celoti obdani z nasipi.

Velikost potrebnega preseka kanala (to je ploščina njegovega preseka), je odvisna od pretoka, ki naj ga kanal prevaja. Čim večji je pretok, večji presek je potreben in obratno. Ploščina preseka je odvisna tudi od hitrosti, s katero naj teče voda po kanalu. Čim večja je hitrost, manjši presek je potreben; počasneje teče voda, večji mora biti presek.



Slika 7: Dovodna cev s strojnico mHE

6.4 Instaliran pretok

Potrební presek dovodnega kanala in cevovoda je odvisen od pretoka, ki ga želimo izkoristiti. Najprej je treba določiti največji pretok, ki ga naj turbina še požira, šele nato določimo presek kanala ali cevovoda. Največji pretok, za katerega naj bo izdelana turbina in, ki omogoča največjo moč HE, imenujemo instaliran pretok. Višino instaliranega pretoka določilo iz moči, ki jo želimo dobiti pri čemer moramo preveriti, če nam poteka dovolj vode.



Slika 8: Cevovod

6.5 Strojni del

6.5.1 Vodne turbine

Poznamo več vrst vodnih turbin, od katerih je vsaka primerna samo v določenem območju, ki ga opredeljuje specifična vrtilna frekvenca, ki je funkcija pretoka in vodnega padca. Za velike padce so primerne Peltonove turbine, za srednje in manjše pa Francisove in Kaplanove turbine. Za turbino male hidroelektrarne je največkrat uporabljena Peltonova vodna turbina

6.5.2 Peltonova vodna turbina

Peltonova turbina je enakotlačna vodna turbina s tangencialnim dotokom. Primerna je za majhne pretoke in velike padce od 60 do 2000 m.

Peltonova turbina je lahko:

- horizontalna
- vertikalna.

Voda brizga iz šobe z veliko hitrostjo. Curek vode je usmerjen tangencialno na lopatice gonilnika. Voda udarja ob lopatice in oddaja gonilniku svojo kinetično energijo. Vodni curek brizga samo na nekaj lopatic, zato je gonilnik samo delno oblit z vodo. Druge lopatice gonilnika ne sprejemajo vodne energije. Pretok vode in s tem moč Peltonove turbine se uravnava s premikanjem igle v šobi; poleg igle v šobi imajo turbine še nož. Ta naprava pri razbremenitvi turbine takoj odreže curek, medtem ko igla počasi pripira šobe tako, da pri nepričakovani razbremenitvi ne pride do prekomernega povišanja tlaka v tlačnem cevovodu.



Slika 9: Peltonova turbina



Slika 10: Lopatica turbine

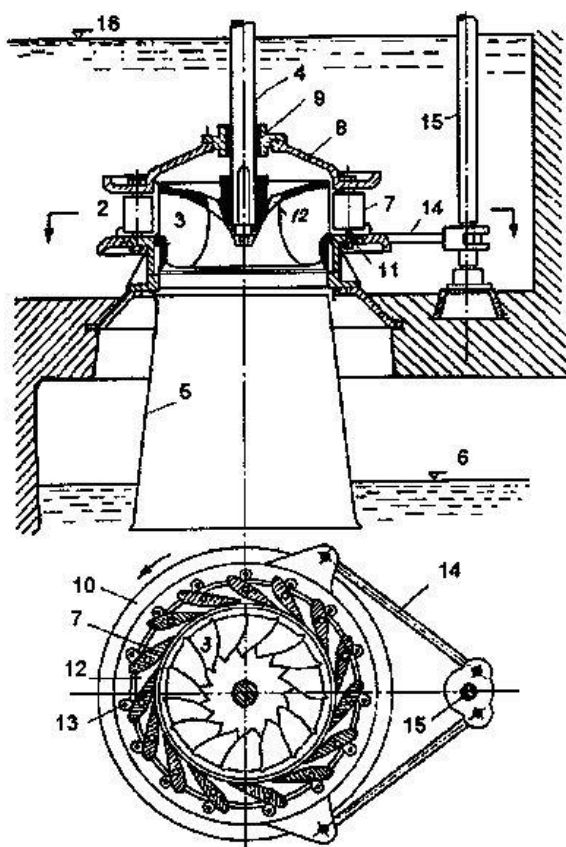
6.5.3 Francisova vodna turbina

So med najbolj pogosto uporabljenimi in delujejo v območju od 40 do 240 vrtljaj/min. Uporabljajo se za srednje padce in sicer 2-200m (male) in 40 do 500m (velike). Pri manjših padcih je turbina odprta, pri večjih pa je zaprta v spiralni okrov. Francisova turbina je nadtlačna, v katero priteka voda radialno skozi vodilnik. V gonilniku odda energijo in se preusmeri v aksialno smer.

Francisovi gonilniki se razlikujejo po velikosti in po medsebojnem razmerju vtopnega in izstopnega premera ter po vstopni višini.. Izkoristek take turbine je 0,9. Na sliki 11. je viden prerez turbine.

Francisova turbina so lahko:

- horizontalna
- vertikalna



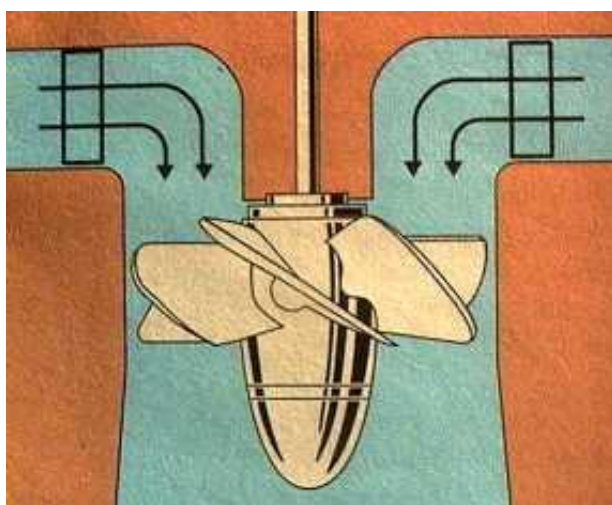
- 1 – vodna komora,
- 2 – sistem vodilnih lopatic,
- 3 – rotorske lopatice,
- 4 – turbinska gred,
- 5 – sesalna cev,
- 6 – spodnji nivo vode,
- 7 – vodilna lopatica,
- 8 – zgornji pokrov,
- 9 – ležaj,
- 10 – regulacijski prstan,
- 11 – spodnji okrov turbine,
- 12 – fiksni obroč,
- 13 – ekscentrični členek,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

Slika 11: Prerez sistema Francisove turbine

6.5.4 Kaplanova vodna turbina

Kaplanova vodna turbina je aksialna nadtlačna turbina, ki ima vtok radialen, iztok pa aksialen. Uporablja se za velike pretoke in manjše padce (do 70 m). Kaplanova turbina je nadgradnja Francisove turbine. Novost pri turbini so nastavljive lopatice na gonilniku in vodilniku, ki se premikajo koordinirano. Ravno zaradi teh lopatic lahko pri širokem razponu pretoka dosegamo zelo dobre izkoristke, tudi več kot 0,9.

Obstaja tudi izvedba Kaplanovih turbin, kjer se premikajo le lopatice vodilnika, lopatice gonilnika pa so fiksne. Prednost te zasnove je enostavnejša konstrukcija, izkoristek pa je nižji in je dober le v ozkem območju pretoka.



Slika 12: Prikaz Kaplanove turbine

6.5.5 Bankijeva vodna turbina

Te turbine so po svojem delovanju enake Peltonovim. V šobi se oblikuje vodni curek, ki v gonilniku spremeni smer svojega gibanja in hitrost, s čimer odda svojo moč turbini. Razlikuje se le v konstrukciji, saj curek pravokotnega preseka poševno vstopa med lopate gonilnika. Znotraj gonilnika voda izstopa iz lopate, teče kot prosti curek s povečanim presekom in zmanjšano hitrostjo skozi prazen prostor gonilnika, nakar ponovno vstopa med lopate in odda preostanek svoje moči. Voda teče tako dvakrat skozi lopate, zaradi česar menimo, da je ta turbina dvakrat boljša od ostalih, saj dvakrat prejema moč vode. To popolnoma ne drži, saj v prvem prevzemu dobi 68% moči vode, v drugem od 19% moči. Tako Bankijevo turbino reguliramo s tem, da ji tanjšamo njem curek, bodisi s pomočjo regulacijskega jezika ali zasuna. Dobre lastnosti teh turbin je tudi čiščenje gonilnika ter možnost uporabe za padce med 2 in 150 metrov ter pretoke od 20 do 1500 litrov na sekundo.

6.5.6 Uporabnost posameznih turbin

Strokovnjaki so zaradi gospodarnosti razvili takšne turbine, ki so za posamezna področja padcev in pretokov najcenejši, imajo primerno vrtilno hitrost, dolgo življensko dobo in tvorijo najmanj gradbenih del. Gospodarnost se poveča tudi z različnimi konstrikcijskimi izvedbami.

6.5.7 Izkoristek turbin

Celo v najboljši turbini s med spreminjanjem moči vode mehanska moč spremeni. Še teko gladke notranje stene turbin ne morejo preprečiti izgubljanja moči zaradi trenja ob stenah. Tako dobimo na gredi turbine vedno nekoliko manj kW, kot jih vsebuje voda, ki teče skozi turbino. Pri polno odprtih in polno obremenjenih malih turbinah je izkoristek od 0,76-0,84, kar pomeni, da turbine spremenijo v koristno moč od 67% do 84% moči vode, odvisno od kakovosti, velikosti in izdelave turbine. Francisova turbina doseže največji izkoristek pri 80% vrednosti toka, približno velja to tudi za propellerske turbine z reguliranimi gonilnimi lopatami. Peltonova turbina pa ima že pri 30% do 40% pretoka zelo dober izkoristek.

7 Elektro del

7.1 Načini obratovanja male HE

Elektrarne lahko obratujejo v naslednjih obratovalnih režimih:

- Otočno obratovanje

V to skupino so vključeni agregati za rezervno napajanje in agregati za stalno napajanje določenega števila potrošnikov na ločenem delu omrežja.

Paralelno obratovanje z omrežjem elektroenergetskega sistema ni predvideno, oziroma je z ustreznimi stikalnimi aparati ali z ločenimi napajalnimi tokokrogi zanesljivo preprečeno.

- Paralelno obratovanje z omrežjem EES brez oddaje energije v omrežje:

V to skupino so vključeni agregati, ki proizvajajo električno energijo izključno za potrebe tehnološkega procesa. Oddaja električne energije v omrežje EES ni predvidena in je z ustreznimi napravami praviloma tudi preprečena.

- Paralelno obratovanje z omrežjem EES s stalno ali občasno oddajo energije v omrežje:

V to skupino so vključeni agregati, ki stalno obratujejo paralelno z omrežjem EES in proizvedeno energijo:

- oddajo v omrežje v celoti,
- delno porabijo v lastnih tehnoloških procesih, viške pa oddajajo v omrežje.

- Kombinirano otočno – paralelno obratovanje:

V to skupino so vključeni agregati, ki so opremljeni za otočno in paralelno obratovanje.

7.2 Stacionarno obratovanje

Iz osnovnih karakteristik sinhronskih električnih strojev izhaja, da so sinhronski generatorji primerni tako za paralelno delovanje z omrežjem, ko s turbinskim regulatorjem reguliramo delovno moč in z regulatorjem vzbujanja jalovo moč, kakor tudi za samostojno otočno obratovanje, ko s turbinskim regulatorjem reguliramo frekvenco in z regulatorjem vzbujanja napetost, v kolikor je moč potrošnje v tehničnih mejah moči agregatov.

Najbolj pogosti so asinhronski generatorji brez vzporednih kondenzatorjev so uporabni le za paralelno obratovanje z omrežjem, iz katerega dobijo jalovo moč za vzbujanje. V takem obratovanju ne potrebujejo niti napetostnega regulatorja niti hitrostnega regulatorja, ker napetost in frekvenco vzdržuje omrežje. Delovno moč je seveda treba prirejati spremenljivemu vodnemu dotoku in je zato potrebna turbinska regulacija vodnega pretoka. To je lahko le predturbinska zapornica ali loputa, ki ne zadošča za hitro regulacijo hitrosti ali frekvence osamljenega agregata.

7.3 Vklop male HE v omrežje

Da se izognemo tokovnim, napetostnim in mehanskim sunkom je pred priklopom na omrežje potrebno pri sinhronskem generatorju izenačiti:

- frekvenco generatorja f_g s frekvenco omrežja f_o ,
- napetost generatorja U_g z napetostjo omrežja U_o ,
- fazni kot med napetostjo generatorja in napetostjo omrežja, zato potrebuje sinhronski stroj sinhronizacijsko napravo.

Pri AS-generatorju je treba le pognati rotor v bližino sinhronske hitrosti in v območju med 0,95 in 1,05 sinhronske hitrosti vključiti stator na omrežje. Pri tem je neizogiben kratkotrajen sunek toka $I_k = 3-4 I_n$ za zgraditev vrtilnega polja statorja in pritegnitev rotorja v ritem statorskega vrtilnega polja. Ker so na omrežje priključeni tudi drugi potrošniki, naj ta tokovni sunek ne bi povzročil večjega padca napetosti kot 6 % v nizkonapetostnem omrežju ali 2 % v srednjenapetostnem omrežju. To lahko omejuje nazivno moč asinhronskega generatorja nasproti moči omrežja, odvisno od prenosnih zvez, oziroma kratkostični moči omrežja na lokaciji vgraditve.

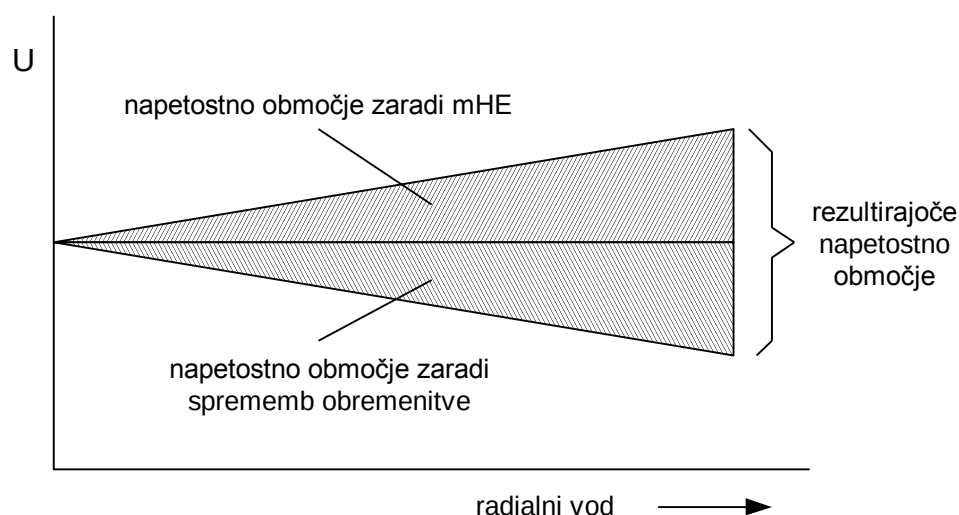
Pri malih hidroelektrarnah je najpogosteje kot generator uporabljen asinhronski stroj.

7.4 Napetostne razmere

Elektroenergetsko omrežje je skupek določenih med seboj povezanih električnih naprav in vodov ki so definirani po ustreznem kriteriju, kot je geografska razsežnost, napetost, lastništvo in podobno. Povezana elektroenergetska omrežja predstavljajo elektroenergetske sisteme.

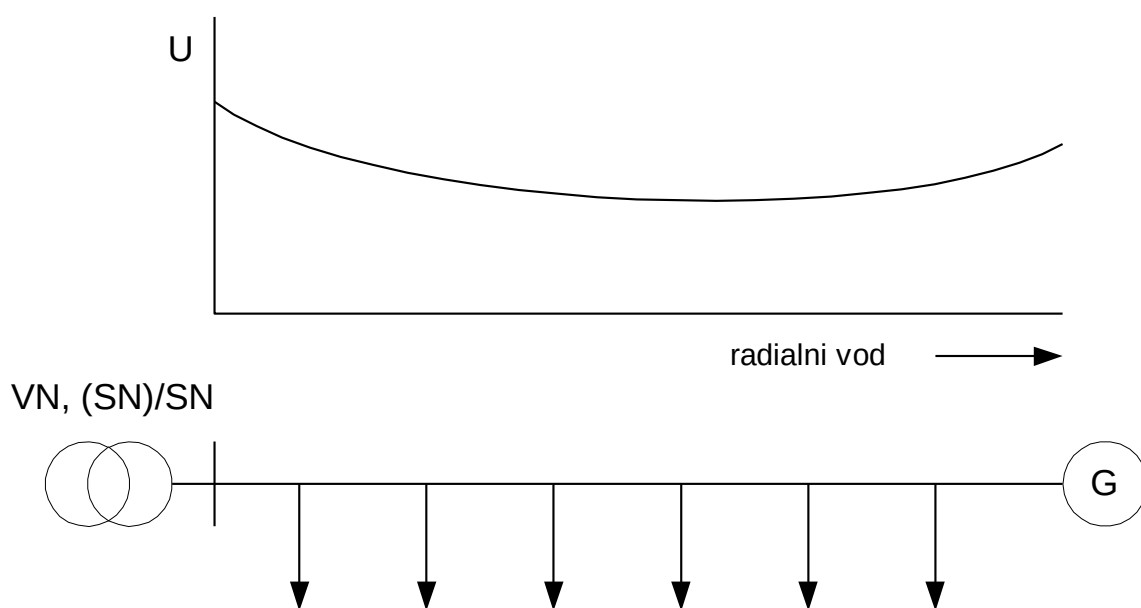
Elektroenergetski sistemi so v pogledu obremenitev dinamične narave. Stalno (avtomatsko ali ročno) reagirajo na spremembe. Tako imamo na primer opravka z avtomatsko napetostno regulacijo generatorjev v elektrarnah, z avtomatskim menjavanjem prestavnih razmerij transformatorjev v postajah, z avtomatskim vklapljanjem in izklapljanjem kondenzatorskih baterij v omrežjih itd., kar vse lahko vpliva na napetostne razmere in na razmere v pretokih jalovih moči.

Normalno obratuje srednje napetostno omrežje po principu odprte zanke ali kot odcep iz razdelilne transformatorske postaje. V razdelilni transformatorski postaji je vgrajena regulacija napetosti na primarni strani transformatorjev. Višina napetosti je odvisna od dolžine vodov in energetskih razmer na posameznem omrežju., ki ga normalno se prištejejo spremembam napetosti zaradi sprememb obremenitve (slika 2) in tako lahko otežujejo zagotavljanje napetosti v dovoljenih mejah.



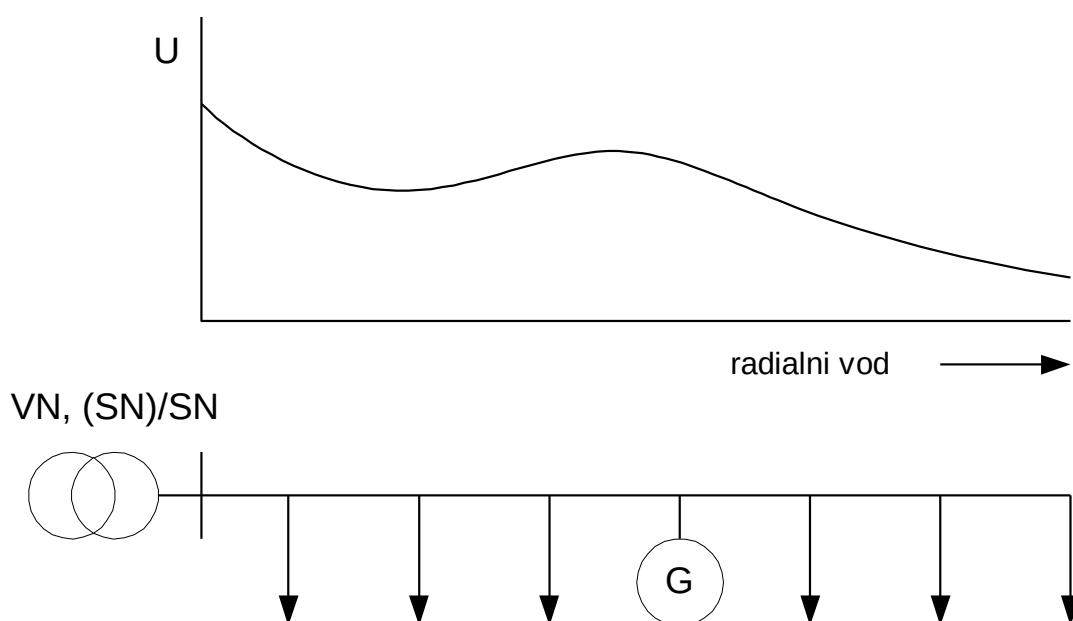
Slika 13: Vpliv mHE na razširitev napetostnega območja v radialnemvodu

Po priključitvi mHE na radialni SN vod pretoki moči niso več le v eni smeri. Prispevek mHE se v točki priključitve razdeli v vse smeri. Zaradi spremenjenih pretokov pride do lokalnih napetostnih ekstremov (sliki 3 in 4.). Teh napetosti ne moremo regulirati s transformatorji VN,(SN)/SN in jih je potrebno obravnavati ločeno.



Slika 14: Vpliv mHE na napetostne razmere v radialnem vodu

Slika 15: Vpliv mHE na napetostne razmere v radialnem vodu, ob priključitvi mHE v sredini voda



Pri določitvi optimalnega načina vključitve mHE v omrežje glede na napetostne razmere, je potrebno izračunati napetostno območje v vsakem vozlišču omrežja. Ta napetostna območja izračunamo iz pretokov moči za minimalno in maksimalno obremenitev pri maksimalni in minimalni proizvodnji, po možnosti z upoštevanjem dejanskih diagramov obremenitve in proizvodnje.

Pri optimiranju obratovanja posameznega omrežja, je možno s kombinirano proizvodnjo delovne ter proizvodnjo ali porabo jalove moči zagotavljati napetosti v ustreznih mejah.

7.5 Elektro načrt

Opisan je elektro načrt, ki je v prilogi št.1. Ta načrt je primer male HE z dvema asinhronskima generatorjema skupne moči 17.5kW.



LEGENDA

X – vse sponke	H – signalne svetilke
K – kontaktorji, releji	Q- odklopniki, FI stikala...
F – varovalke in zaščitni elementi	P – merilni inštrumenti
G- generatorji	T – transformatorji
U – usmernik. Pretvornik	H1 in H2 – signalne svetilke
Q1 in Q2 – FID zaščitno stikalo	F1 in F4 – pretokovna zaščita generatorjev
P1 in P2 – amper meter	P3 – volt meter
F2-F5 – bimetalni rele – termična zaščita generatorjev	F3-F6 - krmilna varovalka avtomatska
S6 – V- meter preklopnik za nadzor napetosti	S1 do S5 stikala za vklop in izklop
K1 in K2 glavna kontaktorja moči za vklop generatorjev na omrežje	K4 – podnapetostni rele
	T1- transformator
	U1 – usmernik

7.5.1 Delovanje

Za vklop generatorjev na omrežje je potrebna prisotnost omrežne napetosti. Omrežna napetost je potrebna tudi zaradi sinhronizma generatorske napetosti na omrežje. V primeru, da omrežna napetost ni prisotna, pod napetostni rele izklopi krmilni del in vklop generatorjev ni mogoč.

7.5.2 Vklop

Odpre se loputa na G1 in ko generator doseže nazivne obrate (50Hz) se lahko izvrši vklop generatorja na omrežje. S tipko S4 vklopimo kontaktor K1 na omrežje. Stikalo S5 je izklop generatorja 1, stikalo S3 – izklop v sili.

Generator je vključen v omrežje, v primeru izpada distribucijskega omrežja naš generator ni zmožen „držati“ omrežja, zato pride do padca napetosti in posledično do izklop pod napetostnega releja K4, ki prekine krmilni del in loči generator od omrežja.

Generator 2 je možno vključiti šele po izvršenem vklopu generatorja 1, saj se del krmilne napetosti napaja iz primarnega generatorskega dela G1. Po odprtju lopute na generator 2, le ta doseže nazivne vrtiljaje (50Hz) in lahko se izvrši vklop generatorja na omrežje. Glede izpada omrežne napetosti velja enako kot pri generatorju 1.

Stikalo S1 vklop kontaktorja K2, stikalo S2 izklop generatorja iz omrežja.

V primeru preobremenitve generatorja 1 ali 2 pride do aktiviranja termične zaščite F2 in F5, ter izklopa pripadajočega generatorja.

8 Raziskovalni del

Kakšen delež proizvodnje električne energije trenutno predstavlja proizvodnja MHE v Sloveniji?

- skupna moč je 85MW, proizvodnja na letni ravni pa znaša 290 milijonov kWh. Potenciala je še za 180MW.

Zakaj? Ali država spodbuja?

- trenutno država spodbuja gradnjo MHE, vendar skoraj izključno s sistemom odkupa električne energije. Vendar je velik problem z pridobivanjem dovoljenj za izgradnjo, ki veliko investorjev odvrne. Nekaj časa je država gradnjo MHE spodbujala z ugodnimi krediti, nekaj časa pa celo s podeljevanjem nepovratnih sredstev. Investitorju naj bi krili tudi do 20% investicije, v praksi pa so investitorji s subvencijami pokrili 5-7% investicije. Pred leti je bila subvencija za gradnjo MHE povsem ukinjena. Danes pa država subvencionira predvsem fotovoltajiko.

Katere so največje ovire za izgradnjo MHE?

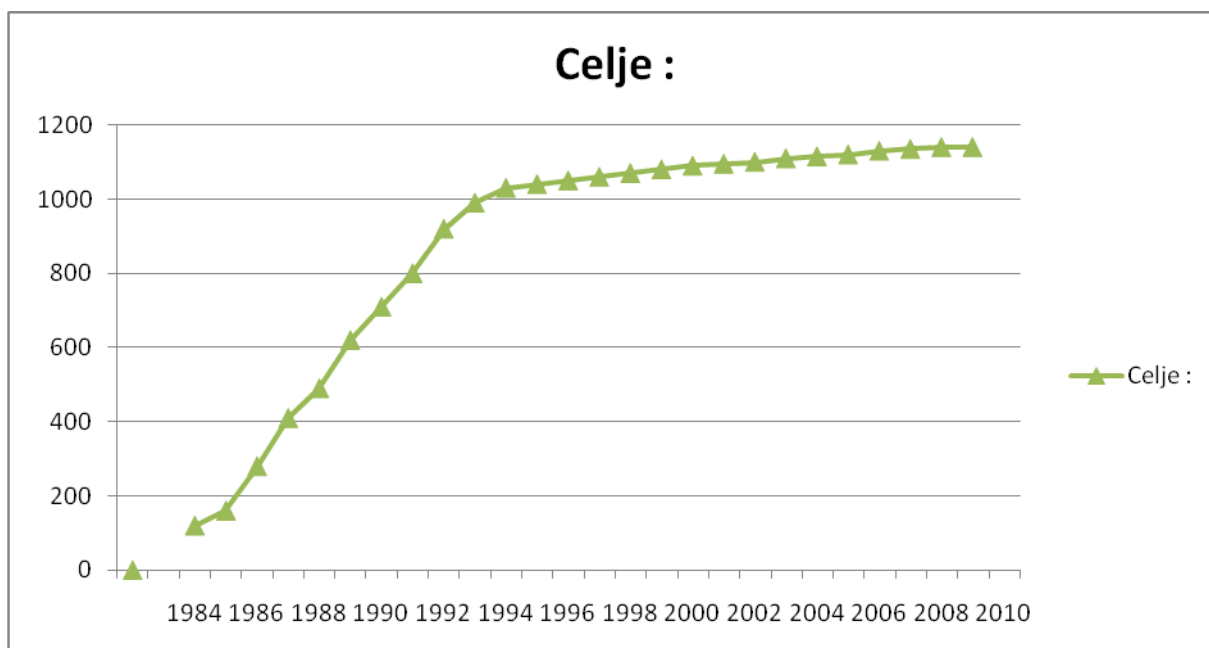
-največja ovira se pojavlja na okoljskem področju, kjer sicer spora ni, je pa v fazi pridobivanja koncesije potrebno priložiti zelo natančne podatke. Idejni projekt mora biti že narejen, poleg tega pa mora biti lokacijska informacija odobrena. Občine so zelo zaintereserane za postavitev MHE, saj so upravičene do 60% sredstev od koncesije. V nadaljevanju mora investitor pridobiti soglasje Zavoda za ribištvo in Zavoda za varstvo narave. Te soglasje je pa izredno težko pridobiti. Rast malih HE kapacitet v letih 1980 do 2010 (v EU in svetu):

Tabela 1.

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Instalirana moč v EU (MW)	5900	6700	7700	9000	9600	10300	11000
Instalirana moč v svetu (MW)	1900	21000	24000	27900	37000	46000	55000
Delež EU v svetovnem okvirju (%)	31.05	31.90	32.08	32.26	25.95	22.39	20

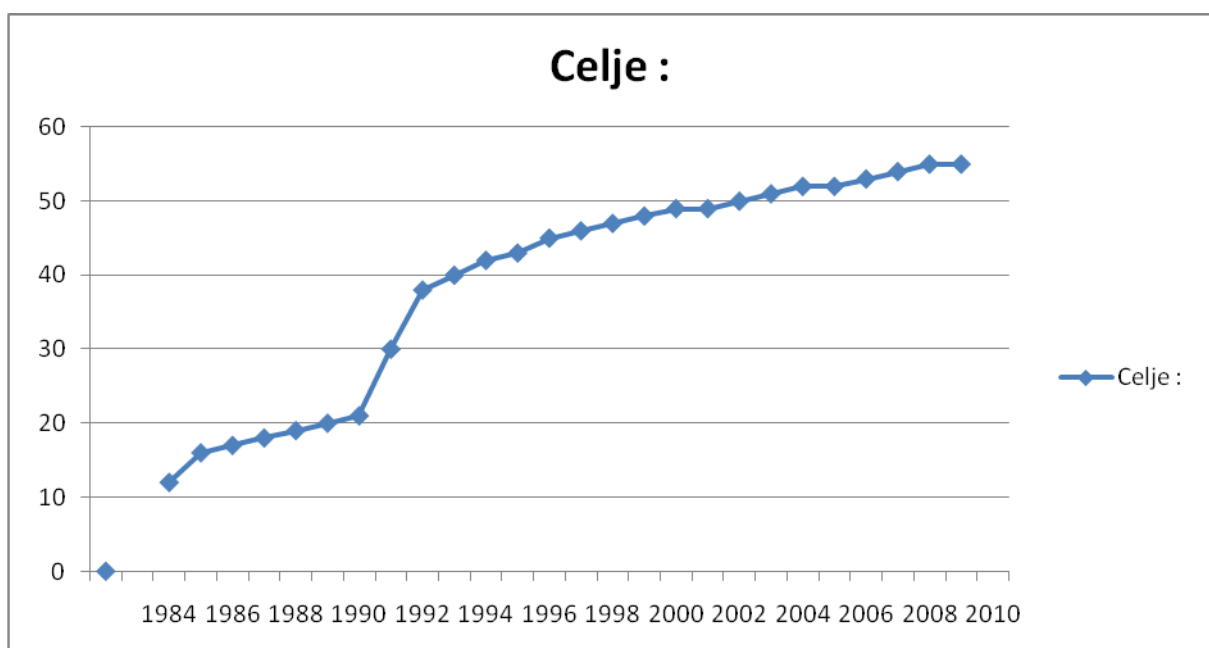
Tabela 1. predstavlja kakšna je skupna moč MHE do 50kw na svetu in v državah EU. Iz tabele je možno izbrati, da moč zelo narašča saj EU zelo spodbuja k izgradnji objektov, ki proizvajajo tako imenovano zeleno ali čisto energijo. Ustanovili so posebne sklade, ki investitorje usmerjajo pri izgradnji in jim nudijo subvencije.

Skupna moč(kW) malih HE na področju Elektra Celja:



Graf št. 1

Naraščanje števila malih HE na področju elektra Celja:



Graf št. 2

Graf št. 1 prikazuje kako je se je izgradnja z leti od 1984 do 2010 povečevala na področju Elektra Celje. Iz grafa je vidno da se je največ malih HE zgradilo med letoma 1990 do 1994, potem pa je začelo število padati. Dejanski blokadi gradenj sta brotovala predvsem neustrazna in nepripravljena javna uprava z nejasnimi upravnimi postopki ter vpliv negativnega javnega mnenja, ki so ga oblikovali laični posamezniki, ki so našli svojo tržno nišo v ekologiji. Posledico tega pa lahko vidimo, da je od leta 1994 do 2010 zelo padla gradnja MHE in s tem tudi zanimanje za investiranje.

Grad št. 2 prikazuje skupno moč (kW) na področju elekta Celje. Tudi iz tega grafa je izvidno, da moč od leta 1994 ni več strmo naraščala saj posledica tega je upočasnitev izgradenj. V današnjem času bi lahko posodobili že obstoječe in tako iz njih pridobili več moči vendar se lastniki MHE za to ne odločajo, zaradi problemov pri pridobitvi dovoljenj.

V zadnjih 5 – 10letih je slovenska stroka pričela pri načrtovanju MHE intenzivneje vključevati tudi arhitekta, že ob pripravi dokumentacije pa tudi ožjo lokalno javnost. Rezultat so objekti, ki kljub temu, da so industrijski in locirani praviloma v občutljivih gorskih predelih, sovpadajo z lokalno arhitekturo in upoštevajo ter posnemajo krajinske značilnosti. Večina gradbenih objektov je karseda skrita, cevovodi so popolnoma vkopani, tudi priklop na omrežje se pravilo izvaja z zemeljskimi kablo. Energetski objekt izdaja le šum strojev, ki pa zaradi bližine potoka ni moteč.

Vodna energija je tudi najpomembnejša evropska in svetovna tehnologija za proizvodnjo električne energije s področja obnovljivih virov po instalirani moči in pridobljeni energiji. Življenjska doba hidroelektrarn je tudi do 100 let. Najstarejše hidroelektrarne so v Evropi: skoraj 45% je starejših od 60 let in 68% je starejših od 40 let.

9 Zaključek

Ob vsem raziskovanju sem prišel do zaključka moje raziskovalne naloge, v kateri sem ugotovil, da se investiranje v male hidroelektrarne zelo zmanjšuje.

Ob raziskovanju sem ugotovil, da se je moja hipoteza potrdila. Veliki problemi nastajajo zaradi okoljevarstvenih društev in neugodnih kreditov. Ta društva imajo zelo velik vpliv na investiranje. Z leti se je investicija tudi zelo podražila, zaradi zahtevnih predpisov in dovoljenj.

Tako sem na področju gradnje ugotovil, da bi država v prihodnje morala podpirati izgradnjo malih hidroelektrarn, saj se potreba po električni energiji iz leta v leto povečuje. Država pa je pod pritiskom, saj EU zahteva da more do leta 2020 za 20% povečati proizvodnjo el. energije iz obnovljivih virov. Ugotovil sem tudi, da male hidroelektrarne v malem deležu posežejo v okolje, saj 30% celotnega pretoka, potoka, tudi v najslabšem primeru teče po strugi in tako se lahko življenje odvija nemoteno naprej. Male hidroelektrarne so tudi zelo koristne, saj ko naredimo jez, umirimo hitrost potoka in v jez naselimo življenje.

10 Literatura:

Knjige:

- Elektroenergetski sistemi, Alojz Razpet
- Zgradimo majhno hidroelektrarno 1. in 2. del. Ljubljana: Zveza organizacij za tehniško kulturo Slovenije, 1986
- Zgradimo majhno hidroelektrarno 3. del. Ljubljana: Zveza organizacij za tehniško kulturo Slovenije, 1986
- Zgradimo majhno hidroelektrarno 4. del. Ljubljana: Zveza organizacij za tehniško kulturo Slovenije, 1986
- Zgradimo majhno hidroelektrarno 6. del. Ljubljana: Zveza organizacij za tehniško kulturo Slovenije, 1986
- Električni instalacije, Ivan Ravnikar

Internetni naslovi:

- <http://www.ekowatt.si/>
- <http://www.elektro-celje.si/>
- <http://www.zdmhe.si/si/index.html>
- <http://www.mop.gov.si/>

Priloge:

- Elektro načrt mHE Gostenčnik

11 Zahvala

Pri sestavi raziskovalne naloge mi je z mnogimi koristnimi nasveti pomagal prof. Mag. Boštjan Lilijski univ.dip.inž , za kar se mu iskreno zahvaljujem. Zahvalo dolgujem podjetju EKOWATT d.o.o., Ljubljana, še posebej ga. Patriciji Manfred, ki mi je priskrbel potrebne članke. Zahvalil bi se tudi g. Jožetu Gostenčniku, ki mi je prikazal primer lastne male HE moči 10kW-7.5kW in g. Janezu Zormanu za pomoč pri opisu elektro načrta.



DOVOLJENJE ZA OBJAVO
AVTORSKE FOTOGRAFIJE V RAZISKOVALNI NALOGI

Podpisani, URBAN MESNER, izjavljam, da sem avtor fotografskega gradiva navedenega v priloženem seznamu in dovoljujem v skladu z 2. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, da se lahko uporabi pri pripravi raziskovalne naloge pod mentorstvom G. PROFESOR BOŠTJAN LILJA z naslovom MALE HIDROELEKTRARNE, katere avtorji (~~je~~) so URBAN MESNER _____ :

Dovoljujem tudi, da sme Osrednja knjižnica Celje vključeno fotografsko gradivo v raziskovalno nalogo objaviti na knjižničnih portalih z navedbo avtorstva v skladu s standardi bibliografske obdelave.

Celje, 18.03.2010

Podpis avtorja:
Urban Mesner

Priloga:
- seznam fotografskega gradiva

IZJAVA

Mentor (-ica) Boštjan LILIJ, v skladu z 2. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom

MALE HIDROELEKTRARNE,
katere avtorji (-ice) so Urban MESNER, _____ :

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje, ki je hranjeno v šolskem arhivu;
- da Osrednja knjižnica Celje sme objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju.

Celje, 18.3.2010

Podpis mentorja(-ice)

