

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Babnik Jeglič, K., 2016. Male hidroelektrarne v precepu med vplivi na okolje in razvojno možnostjo obnovljivih virov energije. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Mikoš, M., somentorica Smolar Žvanut, N.): 95 str.

Datum arhiviranja: 25-08-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Babnik Jeglič, K., 2016. Male hidroelektrarne v precepu med vplivi na okolje in razvojno možnostjo obnovljivih virov energije. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Mikoš, M., co-supervisor Smolar Žvanut, N.): 95 pp.

Archiving Date: 25-08-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

KATJA BABNIK JEGLIČ

**MALE HIDROELEKTRARNE V PRECEPU MED VPLIVI
NA OKOLJE IN RAZVOJNO MOŽNOSTJO
OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE**

Diplomska naloga št.: 303/VKI

**SMALL HYDROPOWER PLANTS IN A RIFT BETWEEN
IMPACTS ON THE ENVIRONMENT AND
DEVELOPMENT OPPORTUNITY OF RENEWABLE
ENERGY SOURCES**

Graduation thesis No.: 303/VKI

Mentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Somentorica:

asist. dr. Nataša Smolar Žvanut

Ljubljana, 23. 08. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

Izjave

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Katja Babnik Jeglič, vpisna številka 26107025, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom : Male hidroelektrarne v precepu med vplivi na okolje in razvojno možnostjo obnovljivih virov energije

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljana

Datum: 11.8.2016

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK: 502.174.3:621.311.21(497.4)(043.2)
Avtor: Katja Babnik Jeglič
Mentor: prof. dr. Matjaž Mikoš
Somentor: doc. dr. Nataša Smolar-Žvanut
Naslov: Male hidroelektrarne v precepu med vplivi na okolje in razvojno možnostjo obnovljivih virov energije
Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 95 str., 33 sl.
Ključne besede: obnovljivi viri energije, pametna omrežja, male hidroelektrarne, večkriterijska analiza, program HYPSE

Izvleček

Obnovljivi viri energije zagotavljajo čistejšo in okolju prijaznejšo energijo. Potencial za izkoriščanje OVE je v Sloveniji velik in premalo izkoriščen. Male hidroelektrarne so pomemben del v OVE in njihov razvojni potencial je še vedno velik.

Program HYPSE je bil razvit za izvajanje večkriterijskih metod odločanja pri umeščanju hidroelektrarn v prostor. Prednost računalniške podpore v procesu odločanja je v povečanem številu obdelanih informacij in zmanjšanem številu pristranskih odločitev.

Prvi del diplomskega dela je teoretični uvod, ki na splošno povzema električno energijo, energetska politiko, obnovljive vire energije in probleme ter rešitve, ki se ob tem pojavljajo. Podan je splošen opis malih hidroelektrarn in vpliv zajezev ter odvzemov voda na vodne ekosisteme. V drugem delu je s podatki, ki so nam bili na voljo, v programu HYPSE narejena primerjava šestih izbranih malih hidroelektrarn. Z enakovrednim postavljenim ekonomskim in okoljskim kriterijem, je glede na letno količino proizvedene energije, izbrana mala hidroelektrarna, ki ima najmanjši negativni vpliv na okolje.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK: 502.174.3:621.311.21(497.4)(043.2)
Author: Katja Babnik Jeglič
Supervisor: Prof. Matjaž Mikoš, Ph.D.
Co-supervisor: Assisit. Prof. Nataša Smolar-Žvanut, Ph.D.
Title: Small hydropower plants in a rift between impacts on the environment and development opportunity of renewable energy sources
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 95 p., 33 fig.
Keywords: renewable energy, Smart Grids, small hydropower plants, multi-criteria analysis, HYPSE software

Abstract

Renewable energy sources ensure cleaner and more environmentally friendly energy. The potential to use the renewable energy in Slovenia is high and underexploited. Small hydropower plants are an important part of renewable energy and their developmental potential is still high.

HYPSE programme has been developed to carry out multi-criteria decision-making methods in the siting of hydropower plants in an area. The advantage of computer support in the decision-making process is the increased number of processed information and the reduced number of biased decisions.

The first part of the thesis is a theoretical introduction, which generally summarizes electricity, energy policy, renewable energy sources as well as emerging problems and solutions. It gives a general description of small hydropower plants and the impact of damming and water abstraction on aquatic ecosystems. The second part uses the HYPSE programme and the available data to make a comparison of six selected small hydropower plants. With an equivalently placed economic and environmental criteria and according to the annual amount of energy produced, a small hydropower plant is selected which has the minimum impact on the environment.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu in somentorici doc. dr. Nataši Smolar-Žvanut. Za posredovanje programa HYPSE se lepo zahvaljujem Martinu Pušniku.

Ani in Franciju hvala, ker sta mi vsa leta stala ob strani in me spodbujala. Hvala mojima staršema ter tastu in tašči za vso pomoč in podporo.

Vsebina

Izjave	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
Kazalo slik	IX
Okrajšave in simboli	X
Slovar manj znanih besed in pojmov	XI
1 UVOD	1
2 ELEKTRIČNA ENERGIJA	3
2.1 Proizvodnja električne energije v Sloveniji	3
2.2 Raba električne energije v Sloveniji	4
2.3 Elektroenergetski sistemi	5
2.4 Izgube energije v pretvorbi in prenosu	7
2.5 Učinkovita raba energije	8
3 EVROPSKA ENERGETSKA POLITIKA	9
3.1 Energetsko podnebni paket	9
3.2 Skupna energetska politika	9
3.3 Cilji energetske politike in OVE v Sloveniji	10
4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	13
4.1 Sončna energija	14
4.2 Biomasa	15
4.3 Vodna energija	15
4.4 Energija vetra	17
4.5 Geotermalna energija	17
4.6 Energija plimovanja in valovanja	17
4.7 Težave pri uvajanju obnovljivih virov energije	18

5 PAMETNA OMREŽJA	21
5.1 Področja koncepta pametnega omrežja	22
5.2 Elementi pametnega omrežja	23
5.3 Razvojni scenarij	24
6 HIDROELEKTRARNE	28
6.1 Malih hidroelektrarne n njihove prednosti	30
6.2 Vrste malih hidroelektrarn	30
6.3 Sestavni objekti malih hidroelektrarn.....	31
6.4 Postopki izgradnje male hidroelektrarne.....	36
7 VPLIV ZAJEZITEV IN ODVZEMOV VODA NA VODNE EKOSISTEME	44
7.1 Vpliv odvzemov voda na hidrologijo, hidravliko in morfologijo	44
7.2 Vpliv odvzemov na fizikalno-kemijske parametre	47
7.3 Vpliv odvzemov na alge in vodne rastline	48
7.4 Vpliv odvzemov voda na vodne živali.....	49
7.5 Ukrepi za zmanjšanje vplivov na okolje	49
8 VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE IN PROGRAMSKA OPREMA HYPSE.....	54
8.1 Odločanje	54
8.2 Faze odločitvenega procesa.....	54
8.3 Večparametrsko odločanje	55
8.4 Uteži parametrov	55
8.5 HYPSE	56
9 PRIMERJAVA IZBRANIH MALIH HIDROELEKTRARN	58
9.1 Izdelava evalvacijske matrike	58
9.2 Določanje uteži parametrov	64
9.3 Analiza rezultatov primerjave izbranih mHE.....	65
9.4 Razlaga grafičnih prikazov.....	68
9.5 Povzetek rezultatov analize	73

10 ZAKLJUČEK	74
11 VIRI.....	76

Kazalo slik

SLIKA 1: PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI PO GORIVIH, 1992-2014.....	4
SLIKA 2: RABA ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI PO SEKTORJIH, 1992-2014	5
SLIKA 3: SLOVENSKO ELEKTROENERGETSKO OMREŽJE	6
SLIKA 4: DELEŽ IZGUB ENERGIJE TER KONČNE RABE ENERGIJE V OSKRBI Z ENERGIJO V SLOVENIJI V OBDOBJU 2000-2014	7
SLIKA 5: RAZVOJ IN IZRABA OVE PO DELEŽIH OD LETA 2000 DO 2013	12
SLIKA 6: PADAVINSKA KARTA ZA SLOVENIJO ZA OBDOBJE 1960 DO 1990	16
SLIKA 7: ŠTEVILO ENOT RAZPRŠENIH VIROV NA DISTRIBUCIJSKEM OMREŽJU.....	19
SLIKA 8: PRIČAKOVANE ZMOGLJIVOSTI RAZPRŠENE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE	19
SLIKA 9: KONCEPT PAMETNEGA OMREŽJA	21
SLIKA 10: SHEMATIČNI PRIKAZ PAMETNEGA DISTRIBUCIJSKEGA OMREŽJA.....	24
SLIKA 11: VIŠINA VLAGANJ V OMREŽJE Z IN BREZ PAMETNIH OMREŽIJ PO LETIH DO LETA 2030 PO RAZVOJNEM SCENARIJU	26
SLIKA 12: VREDNOST SPECIFIČNIH LASTNOSTI ZA POSAMEZNE TURBINE	33
SLIKA 13: PODROČJA UPORABNOSTI RAZLIČNIH TIPOV TURBIN V ODVISNOSTI OD INSTALIRANEGA PRETOKA IN NETO PADCA	34
SLIKA 14: PELTONOVA TURBINA	34
SLIKA 15: FRANCISOVA TURBINA.....	35
SLIKA 16: SHEMA PRIDOBITVE POTREBNIH DOVOLJENJ IN SOGLASIJ ZA IZGRADNJO PROIZVODNIH NAPRAV	39
SLIKA 17: SHEMA IZGRADNJE PROIZVODNE NAPRAVE IN PRIKLJUČITEV NA OMREŽJE	40
SLIKA 18: SHEMA POSTOPKA PRIDOBITVE PODPORE	42
SLIKA 19: DEJAVNIKI IN PROCESI, KI VPLIVAJO NA PROCES SEDIMENTACIJE	46
SLIKA 20: VREDNOST FAKTORJA F ZA IZRAČUN Q_{es} PRI NEPOVRATNEM ODVZEMU	51
SLIKA 21: VREDNOST FAKTORJA F ZA IZRAČUN Q_{es} PRI POVROTANEM ODVZEMU	52
SLIKA 22: PODATKI PRIPRAVLJENI ZA VNOS V MATRIKO V PROGRAMU HYPSE.....	62
SLIKA 23: VREDNOSTI IZBRANIH KRITERIJEV ZA VSEH ŠEST MHE V EVALVACIJSKI MATRIKI.....	62
SLIKA 24: MATRIKA NORMIRANIH VREDNOSTI IZBRANIH KRITERIJEV ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH	63
SLIKA 25: NASTAVITVE VREDNOSTI UTEŽI PARAMETROV V PROGRAMU HYPSE	64
SLIKA 26: MATRIKA KONKORDANČNEGA INDEKSA ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH.....	65
SLIKA 27: MATRIKA ZDRUŽENEGA OBTEŽENEGA OBTEŽENEGA DISKONKORDANČNEGA INDEKSA ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH	66
SLIKA 28: GLOBALNI SINTETIČNI INDEKS ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH.....	67
SLIKA 29: GRAFIČNI PRIKAZ KONKORDANČNEGA NIZA ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH.....	68
SLIKA 30: GRAFIČNI PRIKAZ DISKONKORDANČNEGA NIZA ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH.....	69
SLIKA 31: GRAFIČNI PRIKAZ REZULTATOV GLOBALNEGA SINTETIČNEGA INDEKSA ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH	70
SLIKA 32: NAJBOLJŠE IN NAJSLABŠE ALTERNATIVE ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH	71
SLIKA 33: PRIKAZ PODROBNOSTI PRI DVEH HOMOGENIH SKUPINAH ZA IZBRANE MHE NA SAVI IN NJENIH PRITOKIH	72

Okrajšave in simboli

AGEN	Agencija za energijo
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
DCV	distribucijski center vodenja
EES	elektroenergetski sistemi
EKS	Energetski koncept Slovenije
ELES	sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja
HYPSE	HYdro Power System Evaluations – Vrednotenje hidroenergetskih sistemov
IzVRS	Inštitut za vode Republike Slovenije
KOS	kazalci okolja v Sloveniji
mHE	male hidroelektrarne
MI	Ministrstvo za infrastrukturo
OVE	obnovljivi viri energije
Qes	ekološko sprejemljiv pretok
RV	razpršeni viri
SODO	sistemski operater distribucijskega omrežja
URE	učinkovita raba energije

Slovar manj znanih besed in pojmov

BIODIVERZITETA	biotska raznovrstnost, ki se nanaša na število mikrobnih, rastlinskih in živalskih vrst na vsej Zemlji ali na določenem območju; tudi raznovrstnost življenjskih združb, ekosistemov, pokrajinskih tipov in genetska variabilnost (Tarman, 1992)
EKOSISTEM	naravna enota, kjer obstaja ravnovesje med neživimi dejavniki (biotopom) in živimi organizmi, ki tvorijo biocenozo (Tarman, 1992)
EVTROFIKACIJA	je proces onesnaževanja, s katerim je povečana količina biomase v vodnih telesih, posledica povečane količine hranilnih snovi v vodi omogoča razmnoževanje alg in drugih vodnih rastlin, kar pri odmiranju povzroča zmanjšanje koncentracije kisika v vodi, le ta je nujno potreben za preživetje drugih organizmov (Kazalci okolja v Sloveniji, 2010)
FITOBENTOS	Izraz, ki se v Vodni direktivi uporablja za pritrjene alge (tudi makroskopske) in cianobakterije
HABITAT	je prostor v katerem posamezne vrste najdejo ustrezne življenjske razmere, ki omogočajo njihovo preživetje in razmnoževanje (Tarman, 1992)
PERIFITON	obrast; heterogena združba nitastih bakterij in gliv ter rastlinskih in živalskih mikroorganizmov, ki poseljuje substrat v vodnih okoljih (Urbanič in Toman, 2003)
PRIKLJUČNA MOČ	je najvišja dovoljena vrednost moči, ki jo sme doseči končni odjemalec na prevzemno-predajnem mestu pri odjemu električne energije iz omrežja, oz. proizvajalec pri dobavi električne energije v omrežje in jo določi SODO v soglasju za priključitev
PRIMARNA PRODUKCIJA	proizvodnja organskih snovi fotoavtotrofnih in kemoavtotrofnih organizmov iz anorganskih snovi (Tarman, 1992)
STIČNO MESTO	točka povezave med prenosnim in distribucijskim mestom

1 UVOD

Ker s pridobivanjem električne energije obremenjujemo okolje, se postavlja vprašanje na kakšen način zagotoviti dovolj električne energije za vse naše potrebe na način, da bi tudi prihajajočim rodovom omogočili kvalitetno življenje.

Šele po zadnji gospodarsko finančni krizi je evropska zakonodaja prednostno uravnala okoljske vidike energetike. S krizo je gospodarstvo v Evropi izgubljalo konkurenčnost, visoke cene energentov pa so stanje le poslabševale. Cilj Evropske unije je povsem jasen, zmanjševati izpuste toplogrednih plinov, še naprej zviševati delež obnovljivih virov energije in uspešno uvajati učinkovito rabo energije.

Vse pogosteje se v našem vsakdanu pojavljajo besede trajnosten razvoj, zelena energija, obnovljivi viri energije in odgovornost celotne družbe.

Obnovljivi viri energije v primerjavi z uporabo fosilnih goriv, zagotavljajo čistejšo, okolju prijaznejšo, predvsem pa trajnostno energijo. Potencial obnovljivih virov energije je v Sloveniji relativno dober v vseh oblikah, energija vode, vetra, biomase in neposredno sončno sevanje. Ker obnovljivi viri pomenijo uporabo zelo različnih tehnologij, se pri njihovem uvajanju pojavlja kar nekaj ovir. Poleg težav pri umeščanju elektroenergetskih objektov v prostor, trenutnih nizkih tržnih cen električne energije, ki onemogočajo obnovo in razvoj obstoječe infrastrukture, se pojavlja tudi problem razpršenosti obnovljivih virov energije. Obnovljivi viri so odvisni od naravnih danosti, njihova proizvodnja ves čas niha. Pri velikem deležu obnovljivih virov vključenih v obstoječe omrežje, se lahko zgodi, da elektroenergetski sistemi postanejo nezmožni za varno, zanesljivo in ekonomično oskrbo z električno energijo.

Odgovor na težave ponujajo tako imenovana pametna omrežja. Pametna omrežja namreč omogočajo večjo izkoriščenost obstoječega omrežja in omogočajo zmanjšanje porabe električne energije. Ne omogočajo le prilagajanja proizvodnje električne energije trenutni rabi, velja tudi obratno, da se poraba električne energije lahko prilagaja njeni proizvodnji.

Male hidroelektrarne predstavljajo pomemben delež obnovljivih virov energije. Zaradi strožjih kriterijev pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka in drugih težav pri umeščanju infrastrukturnih objektov v prostor, se je število zgrajenih malih hidroelektrarn zmanjšalo. Kljub temu zaradi hidroloških danosti naše države, izkoriščanje vodnega potenciala za pridobivanje električne energije, razvojni potencial malih hidroelektrarn ostaja velik.

Prednost računalniške podpore v procesu odločanja je v povečanem številu obdelanih informacij in zmanjšanem številu pristranskih odločitev. Računalniški model lahko procesirajo velike količine informacij, ki jih vnesemo v program. Program HYPSE je bil razvit za izvajanje večkriterijskih metod odločanja pri umeščanju hidroelektrarn v prostor.

Namen diplomske naloge se je seznaniti s programom HYPSE in z njegovo pomočjo, izbranih podatkov šestih malih hidroelektrarn ter enakomerno porazdeljenimi utežmi med ekonomskimi in okoljskimi kriteriji, določiti okolju najprimernejšo mHE in ob tem ugotoviti, če so mHE z manj letno proizvedene električne energije okoljsko bolj sprejemljive.

2 ELEKTRIČNA ENERGIJA

Električna energija ima nekaj bistvenih prednosti v primerjavi z ostalimi energenti:

- na voljo je praktično povsod, ker jo lahko sorazmerno enostavno proizvajamo in prenašamo,
- enostavno jo je spreminjati v druge oblike energije,
- spreminjanje v druge oblike ne onesnažuje okolja.

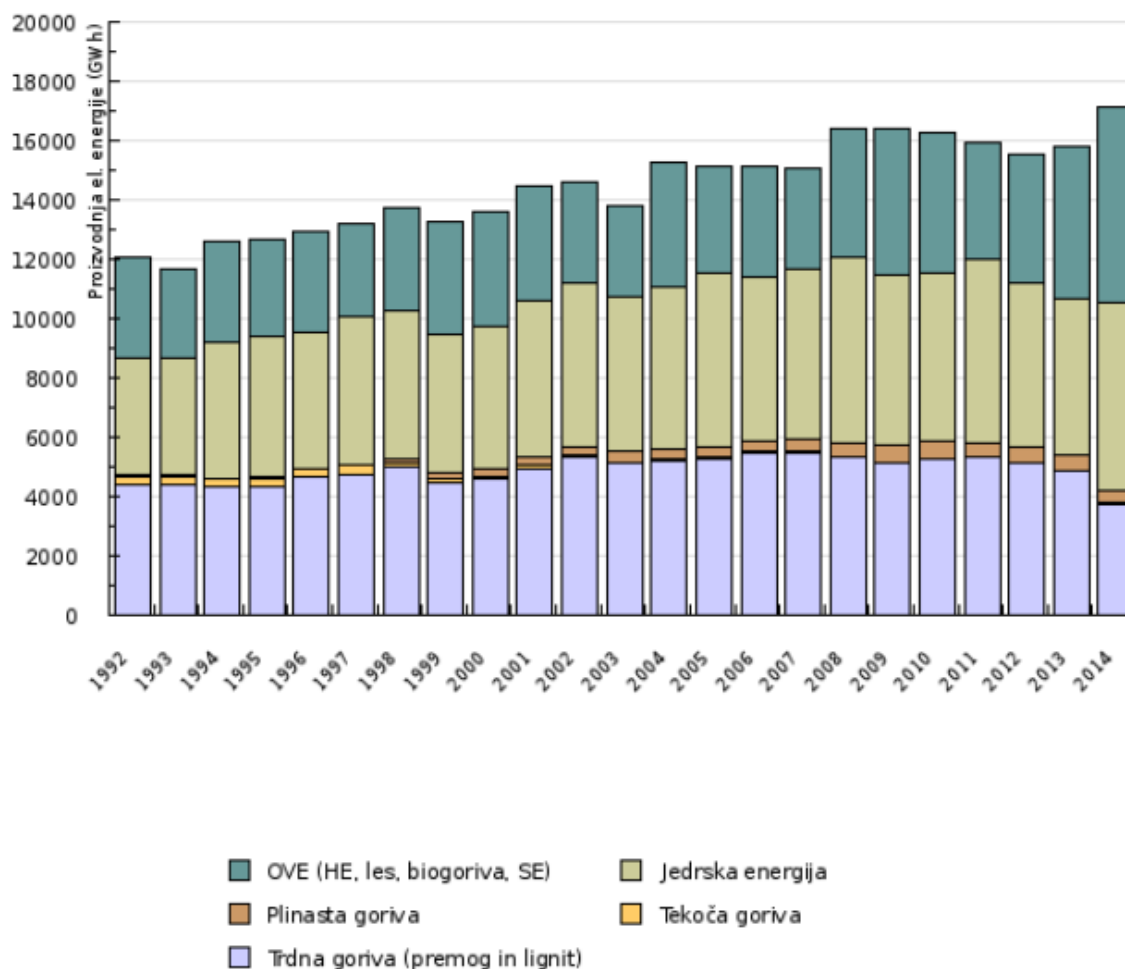
Kako zadostiti naraščajočim potrebam električne energije, kako zmanjšati njene izgube pri prenosu od proizvajalca do končnega porabnika in kako spodbujati in povečati delež učinkovite rabe, so tri glavna vprašanja in izzivi v današnjem času. Proizvodnja električne energije mora slediti trenutni porabi, ker večjih količin električne energije ni mogoče shraniti. Shranjevanje v obliki črpalnih hidroelektrarn in akumulatorjev predstavljata le majhen delež energije na električnem trgu (Rožman, 2013).

Večanje rabe energije še ne nakazuje razvoja družbe in gospodarstva, nakazujeta ga varčna poraba in tehnološki napredek. Prihranjena energija je pomembnejša od proizvedene energije (Medved in Novak, 2000).

2.1 Proizvodnja električne energije v Sloveniji

Proizvodnja električne energije prispeva skoraj tretjino izpustov toplogrednih plinov. Za okolje je najbolj obremenjujoče pridobivanje električne energije iz fosilnih goriv. Jedrska energija toplogrednih plinov ne povzroča, sporna je zaradi odlaganja jedrskih odpadkov. Obnovljivi viri so okolju najbolj prijazen način pridobivanja energije. Še vedno imajo vpliv na okolje, le, da je ta praviloma manjši in bolj lokalno omejen.

Leta 2014 je bilo v Sloveniji prvič po letu 1994 največ energije proizvedene iz obnovljivih virov energije. Celotna proizvodnja električne energije je v tem letu znašala 17.437 GWh. 38 % jo je bilo proizvedene iz obnovljivih virov, 37 % iz jedrske energije in 22 % je prispevala proizvodnja iz trdnih goriv. V primerjavi z letom 1992 se je proizvodnja povečala za 44 %, glede na leto 2013 pa za 8,3 % . Obnovljivi viri energije so v letu 2014 dosegli najvišjo proizvodnjo v opazovanem obdobju. 6.611 GWh proizvedene električne energije je tudi posledica ugodnih hidroloških razmer v tem letu. Najvišji delež – 96 % namreč predstavljajo hidroelektrarne, sledijo proizvodnja sončnih ter vetrnih elektrarn in proizvodnja električne energije iz lesa in bioplina. Po Resoluciji o nacionalnem energetskega programu je bil delež proizvodnje električne energije iz domačih virov s 93 % deležem presežen. Skupna proizvodnja električne energije je bruto rabo preseгла za 23 % (Kazalci okolja v Sloveniji, 2015).

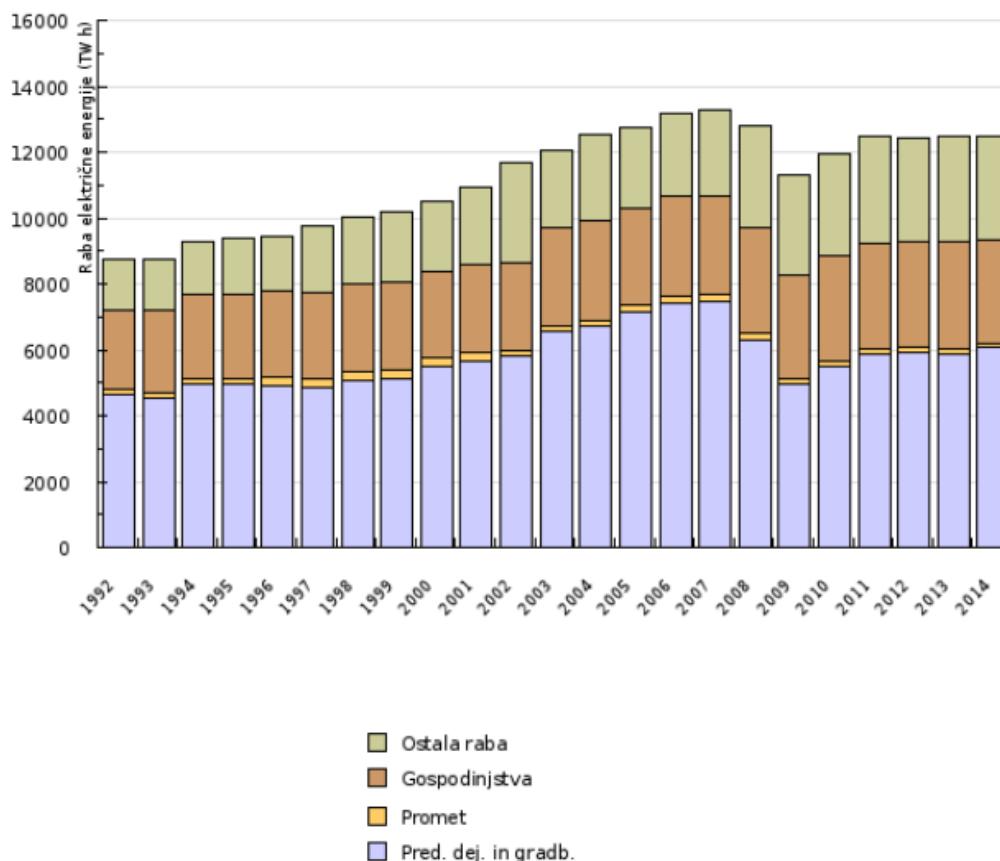


Slika 1: Proizvodnja električne energije v Sloveniji po gorivih, 1992-2014 (vir: Kazalci okolja v Sloveniji, 2015)

Proizvodnja električne energije je najbolj problematična pri proizvodnji v termoelektrarnah in termoelektrarnah toplarnah, kjer je bil v letu 2013 izkoristek samo 45 % glede na vloženo energijo. Učinkovitost proizvodnje se zaradi premalo vlaganj izboljšuje bolj počasi. Ker se energija pridobiva iz fosilnih goriv, gorljivih obnovljivih virov in odpadkov, so termoelektrarne največji onesnaževalci okolja. Termoelektrarne, ki delujejo na osnovi kurjenja premoga so glavni razlog za pojav kislega dežja, premoga in onesnaženega zraka .

2.2 Raba električne energije v Sloveniji

Raba električne energije je gonilo njene proizvodnje. Z odprtjem trga električne energije, je v primeru manjka domače energije, možno pridobiti to iz kateregakoli omrežja v Evropi. Ker ima država cilj dolgoročne uravnoteženosti razvoja energetskega gospodarstva velja, da večja potreba po električni energiji v Sloveniji vpliva na večjo proizvodnjo v Sloveniji (Kazalci okolja v Sloveniji, 2015).



Slika 2: Raba električne energije v Sloveniji po sektorjih, 1992-2014 (vir: Kazalci okolja v Sloveniji, 2015)

V letu 2014 je končna raba električne energije znašala 12.559 GWh (slika 2). 49 % so porabile predelovalne dejavnosti in gradbeništvo, 25 % gospodinjstva in 25 % ostala raba. V skupni končni rabi je električna energija v letu 2014 predstavljala delež 23,3 %. Raba električne energije je v opazovanem obdobju naraščala do začetka gospodarske krize leta 2007, po okrevanju se je leta 2011 stabilizirala (Kazalci okolja v Sloveniji, 2015).

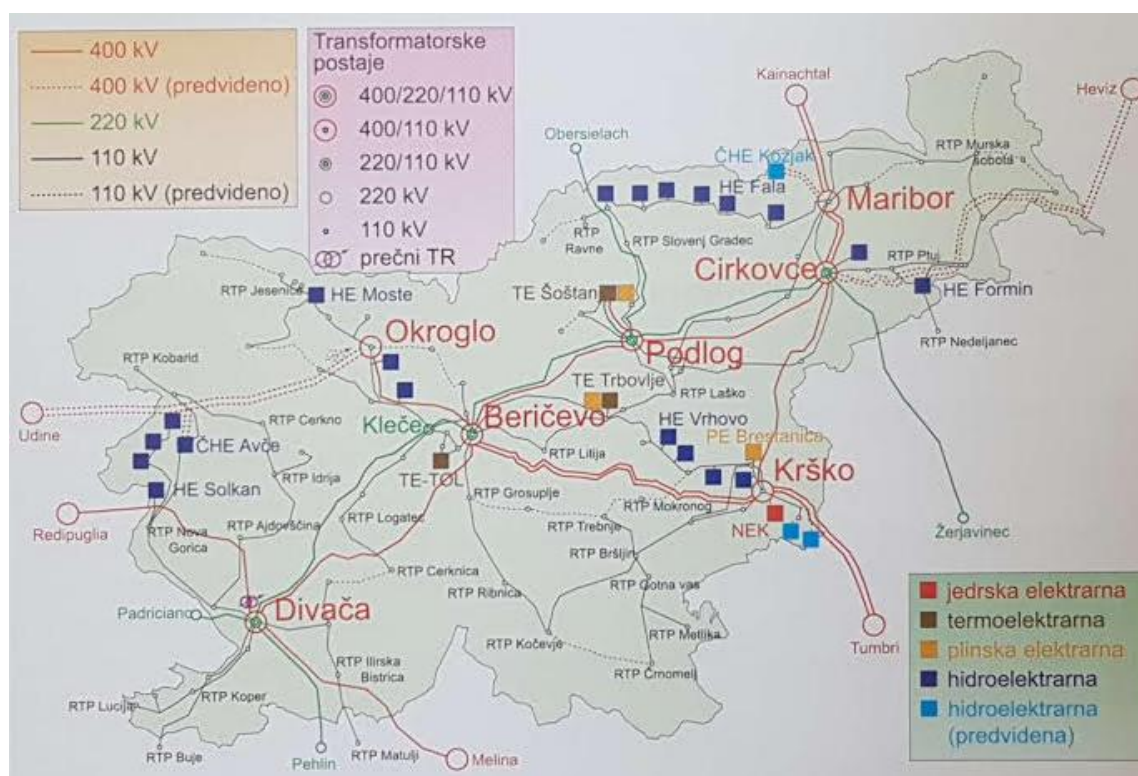
Slovenija potrebuje obvladovanje rasti porabe, če želi doseči 25 % ciljni delež OVE v bruto rabi končne energije do leta 2020 in cilje učinkovite rabe energije po direktivi o energetske učinkovitosti. Slovenija za izvedbo ciljev potrebuje nizko rast rabe električne energije. Akcijski načrt obnovljivih virov energije v obdobju od 2010 do 2020 predvideva 1,2 % letno rast (Kazalci okolja v Sloveniji, 2015).

2.3 Elektroenergetski sistemi

Za nemoteno oskrbo z električno energijo potrebujemo prenosne naprave in sisteme, ki električno energijo prenašajo od proizvajalcev do končnih potrošnikov.

Elektroenergetski sistem obsega elektrarne, prenosno ter distribucijsko omrežje in končne odjemalce električne energije.

Prenosno omrežje je namenjeno prenosu električne energije, od velikih elektrarn do območij s koncentriranim odjemom. V razdelilno transformatorskih postajah se na prenosno omrežje priključi distribucijsko omrežje ali posamezni veliki odjemalci. Sestavni deli prenosnega omrežja so nadzemni daljnovodi ter razdelilne ali razdelilno-transformatorske postaje (Agencija za energijo, 2016a). ELES je sistemski operater prenosnega omrežja v Sloveniji. ELES skrbi za varno in zanesljivo delovanje omrežij najvišjih napetosti 400kV, 220kV in 110kV. Vseh prenosnih daljnovodov v Sloveniji je 2603 km, skupna moč energetskih visokonapetostnih transformatorjev pa 4768 MVA. Prenosno omrežje je hkrati povezava z elektroenergetskimi sistemom drugih držav (slika 3). Slovenijo in Italijo povezujeta 400kV in 220kV daljnovod. Slovenijo in Hrvaško po trije 400kV in 110kV ter dva 220kV daljnovoda. Slovenijo in Avstrijo povezujeta dva 400kV in en 220kV daljnovod (Rožman, 2013).



Slika 3: Slovensko elektroenergetsko omrežje (vir: Rožman, 2013)

Distribucijsko omrežje je preko razdelilno-transformacijskih postaj priključeno na prenosno omrežje. Sestavni elementi distribucijskega omrežja so transformatorske postaje in električni vodi napetosti 110kV, 1 do 35kV in 0,4V. Distribucijsko omrežje razdeljuje električno energijo končnim odjemalcem. Nanj so priključeni tudi manjši proizvajalci električne energije (Agencija za energijo, 2016b). Sistemski operater distribucijskega omrežja v Sloveniji (SODO), skrbi za nemoteno delovanje, z vzdrževalnimi deli zagotavlja ustrezno zmogljivost omrežja in načrtuje njegov razvoj. SODO

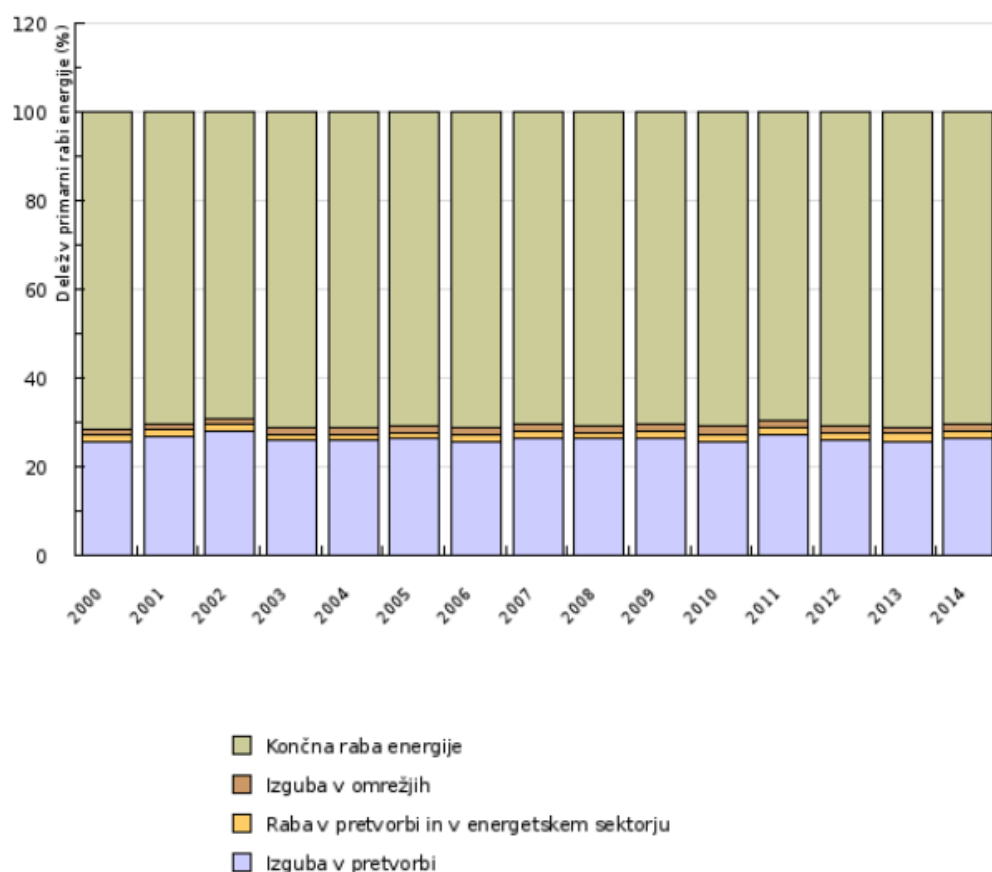
upravlja z 876 km daljnovodov na visokonapetostnem nivoju, 16654 km vodov na srednjenapetostnem nivoju in na nizkonapetostnem 45023 km vodov (Rožman, 2013).

Distribucijsko dejavnost v imenu SODO izvajajo:

- Elektro Gorenjska, d.d.,
- Elektro Ljubljana, d.d.,
- Elektro Celje, d.d.,
- Elektro Maribor, d.d.,
- Elektro Primorska, d.d..

2.4 Izgube energije v pretvorbi in prenosu

Rabo energije v Sloveniji razdelimo na izgube v proizvodnji električne energije, na izgube v prenosu in distribuciji, na rabo v energetske sektorju in na končno rabo energije.



Slika 4: Delež izgub energije ter končne rabe energije v oskrbi z energijo v Sloveniji v obdobju 2000-2014 (vir: Kazalci okolja v Sloveniji, 2015)

V energetskega sistemu je največ izgub v proizvodnji toplote in električne energije ter njenem prenosu (slika 4). Izgube oz. njihov obseg kaže vpliv energetskega sistema na okolje.

V Sloveniji so leta 2014 izgube v pretvorbi in prenosu toplote ter električne energije znašale 29,7 % skupne rabe. Njihov delež se je glede na leto 2000 povečal za 1,2 %. Faktorji, ki vplivajo na izgube so:

- učinkovitost proizvodnje električne energije in toplote,
- lastna raba elektrarn,
- raba v energetskega sektorju,
- izgube v omrežjih.

V letu 2012 so izgube v omrežju predstavljale 1,5 % oskrbe z energijo. Vrednost je enaka povprečju med leti 2000 in 2012. 70 % izgub nastane pri prenosu električne energije, izgube pri prenosu na daljavo pa predstavljajo 6 % bruto rabe električne energije. Delež energije, ki je ostala na razpolago za končno rabo, je v letu 2012 znašal 70,3 % (Kazalci okolja v Sloveniji, 2015).

2.5 Učinkovita raba energije

Ministrstvo za infrastrukturo na svoji spletni strani, učinkovito rabo energije (URE) definira kot uporabo sodobnih ukrepov in tehnologij, ki za doseganje enakih ciljev porabijo manj energije in ima v energetskega prihodnosti pomembno vlogo. Z učinkovito rabo energije bomo potrebovali manj energije, ustvarili nova delovna mesta, naredili velik korak k nizkoogljični družbi. Direktiva o energetskega učinkovitosti (2012/27/EU) Sloveniji nalaga zmanjšanje celotne porabe energije za 20 % do leta 2020.

Agencija za prestrukturiranje energetskega izpostavlja pomembnost lastne oskrbe z energijo. Slovenija letno porabi štiri milijarde EUR za nakup nafte in zemeljskega plina, sto milijonov EUR letno za nakup opreme za sončne elektrarne, uvozimo skoraj vse sončne kolektorje, kotle na lesno biomaso, toplotne črpalke, bioplinske elektrarne, merilne števecce itd. Če država finančno spodbuja OVE in URE, je prav da ima njeno gospodarstvo nekaj od tega. Pri energetskega sanaciji stavb (v stavbah porabimo kar 40 % vse energije) se lahko uporabljajo proizvodi domače proizvodnje. S tem se ustvari večja dodana vrednost na enoto investicije, kar posledično povečuje rast BDP. Slovenija lahko izrabiti zelene tehnologije za izhod iz krize. S pravilno strategijo in podpornimi mehanizmi lahko iz uvoznikov postanemo uspešni izvozniki za opremo in storitve OVE in URE (Nemac, 2013).

Učinkovita raba energije ima zelo veliko vlogo v celotni verigi dodane vrednosti v energetskega, zato si bo Ministrstvo za infrastrukturo prizadevalo spodbujati ukrepe učinkovite rabe energije pri prometu, proizvodnji in končni rabi energije.

3 EVROPSKA ENERGETSKA POLITIKA

Šele po zadnji gospodarsko finančni krizi, je skupna evropska zakonodaja prednostno uravnala okoljske vidike energetike. Osnovo za to predstavljata že pred tem sprejeta zakonodajna dokumenta in sicer Podnebno-energetski paket, sprejet leta 2008 in Tretji liberalizacijski paket na področju energetike, sprejet leta 2009 (Jordan, 2013).

S krizo je evropsko gospodarstvo izgubljalo konkurenčnost, visoke cene energije so stanje le poslabševale. Evropska podjetja plačujejo nekajkrat višjo energijo kot njihova konkurenca, posledice so vidne kot zmanjševanje industrijske osnove Evropske unije.

3.1 Energetsko podnebni paket

Energetsko-podnebni paket obsega zakone, po katerih se toplogredni plini zmanjšujejo po dveh osnovnih pristopih. V energetiki in industriji se izpusti znižujejo s tržnim mehanizmom, imenovanim Shema za trgovanje z ogljikom (Emission Trading System – ETS). V njej ima ogljik določeno ceno, ki jo mora onesnaževalec plačati z nakupom dovolilnic za izpuste. Za znižanje izpustov v prometu in kmetijstvu so odgovornost prevzele države članice. Te morajo zmanjšanje doseči z oblikovanjem podpornih mehanizmov.

Evropska unija je sprejela zaveze, da bomo do leta 2030, v primerjavi z letom 1990 izpuste toplogrednih plinov zmanjšali za najmanj 40 %, delež porabe obnovljivih virov energije bomo dvignili za najmanj 27 % in za najmanj 27 % povečali energetske učinkovitost (Marinšek et al., 2015).

Leta 2011 je bila sprejeta Direktiva o učinkoviti rabi energije. Preusmeritev v učinkovitejšo rabo energije in zmanjševanje uvozne odvisnosti, predstavljajo številne priložnosti za evropska podjetja. Direktiva nalaga vsaki posamezni članici, da sama izbere vrsto cilja in načrte, kako te cilje tudi uresničiti (Jordan, 2013).

3.2 Skupna energetska politika

Evropska komisija je leta 2006 v Zeleni knjigi predlagala oblikovanje skupne energetske politike in ob tem postavila tri glavne cilje:

- okoljska sprejemljivost,
- konkurenčnost,
- varna oskrba.

Predlog je bil potrjen v Svetu EU in Evropskem parlamentu. Določenih je bilo šest glavnih področij sodelovanja:

- oblikovanje notranjega trga,

- solidarnost za zanesljivo oskrbo z energijo,
- trajnostni razvoj energetike,
- dekarbonizacija energetike,
- razvoj energetskih tehnologij in
- skupna zunanja energetska politika.

Kmalu je bil sprejet še Tretji energetske liberalizacijski sveženj, ki vsebuje zahteve, ki naj bi povezale nacionalne in regijske trge, povečale ponudbo in omogočile pošteno konkurenco.

Leta 2014 je začel veljati nov program Obzorje 2020, v katerem je energetika eno izmed prednostnih področij. V okviru programa bo 7,7 % sredstev namenjenih projektom za varno, čisto in učinkovito energijo, 4 % sredstev za projekt Podnebne spremembe in učinkovita raba surovin. Program bo podjetjem, posameznikom in raziskovalnim institucijam omogočal sodelovanje v Evropskem inštitutu za tehnologijo in inovacije, ki je prejel 3,5 % proračuna. Program Obzorje 2020 in raziskovalni program Euratom za jedrsko energijo, sta dobila skoraj 80 milijard EUR (Jordan, 2013).

Leta 2011 je Evropska komisija, državam članicam predložila Energetski načrt 2050. To je strateški dokument, ki naj bi usmerjal energetske politike EU v prihodnosti. Vsebuje ključne usmeritve, kako naj bi Evropa zmanjšala emisije toplogrednih plinov za 80-95 % do leta 2050. Analize, ki so jih naredili kažejo, da nizkoogljični scenariji ustvarjajo nova delovna mesta, nove priložnosti, napreden tehnološki razvoj, znižujejo stroške energentov in povečujejo dodano vrednost gospodarstev (Vendramin, 2013).

Cilj EU je povsem jasen, zmanjševati izpuste toplogrednih plinov, višati delež obnovljivih virov energije in vedno bolj učinkovito ravnanje z energijo.

3.3 Cilji energetske politike in OVE v Sloveniji

Slovenija je v letih 2011 do 2012 uvozila za štiri milijarde EUR energentov, brez upoštevanja električne energije. V letu 2012 je to predstavljalo 7 % BDP, ob nizki gospodarski rasti ta delež v zadnjih letih še vedno narašča (Vendramin, 2013). Zaradi tega so ukrepi za zmanjševanje energije zelo pomembni. Poleg zmanjšanja stroškov, to pomeni dodatna delovna mesta v trenutno šibkem gospodarstvu.

Za doseganje cilja učinkovite rabe energije, ki v obdobju od leta 2008 do leta 2016 nalaga 9 % prihranka pri rabi energije, je vlada RS leta 2008 sprejela Nacionalni akcijski načrt za energetske učinkovitost. Cilj je usklajen z obveznostmi po Direktivi 2006/32/ES in predstavlja prvi korak k izpolnitvi cilja 20 % izboljšanja energetske učinkovitosti do leta 2020 (Urbančič et al., 2013).

Direktiva o spodbujanju uporabe energij iz obnovljivih virov Sloveniji določa, da mora doseči vsaj 25 % obnovljivih virov v rabi bruto končne energije in najmanj 10 % v prometu (Vendramin, 2013). Te zaveze poleg pozitivnih vplivov na okolje predstavljajo ukrepe, s katerimi bi lahko dosegli lokalno samooskrbo z energijo in zmanjšali odvisnost od uvoza. Ob učinkoviti rabi energije za enak proizvod porabimo manj vložene energije. Za doseg tega so namesto uvožene energije potrebne delovna sila in investicije, to pa pomeni rast gospodarstva.

Za doseganje energetske cilje bodo potrebna velika vlaganja. V stališčih Inženirske akademije Slovenije je predlagano, da se za vse investicije v infrastrukturo postavi pogoj vsaj 55 % udeležbe domače industrije in vsaj 25 % nad povprečno bruto dodano vrednostjo v gospodarstvu Slovenije. Za vse investicije, ki teh pogojev ne izpolnjujejo, pride v poštev samo privatni kapital, ki se investitorju vrača z obratovanjem naprave (Marinšek et al., 2016).

Energetika predstavlja pomemben steber, pri pospeševanju gospodarske rasti in razvoja. Pomembne pozitivne makroekonomske učinke lahko v Sloveniji dosežemo le s spodbujanjem proizvodnje tehnologij, ki so vezane na obnovljive vire energije in učinkovito rabo energije.

Lesna biomasa je najpomembnejši obnovljivi vir energije v Sloveniji. Lesni biomasi sledi vodna energija, najbolj dinamičen razvoj zadnjih let pa pripada sončni energiji.

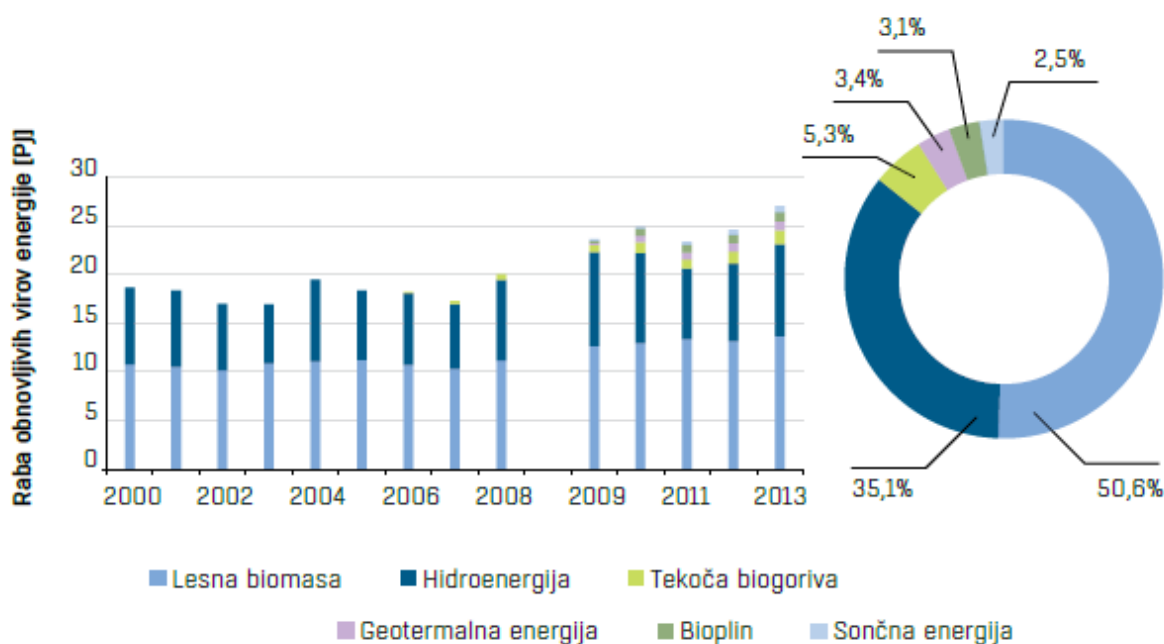
Cilji energetske politike za OVE do leta 2020:

- zagotoviti 25 % delež OVE v končni rabi in 10 % v prometu do leta 2020,
- URE in OVE postaviti kot prednostni nalogi gospodarskega razvoja,
- povečevati delež OVE v končni rabi tudi po letu 2020,
- zmanjšati, oz. ustaviti rast porabe končne energije.

Če želimo doseči zastavljene cilje bo potrebno zagotoviti ustrezne rešitve in podporo:

- energetske sanacije stavb (predvsem v javnem sektorju),
- kurilno olje nadomeščati z lesno biomaso in drugimi OVE,
- ogrevanje sanitarne vode na sončno energijo in druge OVE,
- sisteme daljinskega ogrevanja priključiti na OVE,
- povečanje javnega prometa,
- proizvodnja električne energije iz OVE,
- razvoj industrijske proizvodnje tehnologij OVE in URE,
- razvoj distribucijskih in pametnih omrežij za vključevanje razpršenih virov (RV) v elektroenergetski sistem (EES), (MI, 2016).

Po podatkih statističnega urada je bil v letu 2013, delež OVE v rabi bruto končne energije 21,5 %. Po Akcijskem načrtu (AN OVE) iz leta 2010, to pomeni presežek v višini dveh odstotnih točk. Od leta 2014 do leta 2020, bo delež OVE potrebno povečati za 3,5 %. Presežek zastavljenega cilja je bil dosežen samo v sektorju ogrevanja in hlajenja, medtem ko cilj za promet in električno energijo ni bil dosežen (MI, 2016).



Slika 5: Razvoj in izraba OVE po deležih od leta 2000 do 2013 (Merše, 2016)

V Sloveniji je v pripravi Energetski koncept Slovenije (EKS) kot eden strateških dokumentov. EKS je osnovni razvojni dokument na področju energetike, ki skladno z energetskim zakonom in na podlagi projekcij gospodarskega, družbenega in okoljskega razvoja države in na podlagi sprejetih mednarodnih zavez določa cilje zanesljive, trajnostne in konkurenčne oskrbe z energijo v naslednjih dvajsetih letih, okvirno tudi za obdobje prihodnjih 40 let.

Glavna cilja Energetskega koncepta Slovenije sta zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov vezenih na rabo energije za najmanj 40 % do leta 2035 glede na leto 1990 in za najmanj 80 % do leta 2055 glede na raven iz leta 1990 (Portal Energetika, 2016).

4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Električna energija nam omogoča udobno in kakovostno bivanje, ter je eden izmed osnovnih dejavnikov tehnološkega razvoja. Razvoj človeštva bi bil povsem drugačen, če naravnih virov ne bi znali izkoriščati kot energijske vire. Danes se o energiji kot viru preživetja ne pogovarjamo, ker je na razpolago dovolj, njena cena pa ni visoka.

Najpomembnejša fosilna goriva so premog, zemeljski plin in nafta. Fosilna goriva so zgrajena iz ogljikovodikov. Pri visokih temperaturah in prisotnosti zraka se reaktanti (fosilna goriva in zrak) preoblikujejo v produkte. Če je zgorevanje popolno so produkti ogljikov dioksid, vodna para in žveplov dioksid. Pri nepopolnem zgorevanju nastanejo še dušikovi oksidi in ogljikov monoksid. Okolju najbolj škodljive snovi, ki se pri sežiganju fosilnih goriv izločijo v ozračje so ogljikov dioksid, ogljikov monoksid, dušikovi ter žveplov oksidi in prašni delci. V Evropi emisije CO₂ predstavljajo 30 %, emisije CO 11 % in emisije NO_x kar 25 % glede na letne količine v svetu.

Ko se dušikovi oksidi, hlapljivi ogljikovodiki in sončno sevanje v ozračju združijo, pride do kemijskih reakcij, pri katerih nastajajo fotokemični oksidanti. Prevladujoč je ozon (O₃). Ozon je sekundarni onesnaževalec, ki ne nastaja neposredno z izgorevanjem fosilnih goriv. Prevelike količine v troposferi povzročajo probleme ljudem in rastlinam. Pri ljudeh povzroča draženje sluznic, kašelj in glavobol. Pri rastlinah se zmanjšata rast in pridelek. Žveplov dioksid se v ozračju s kemijskimi reakcijami preoblikuje v SO₃, ki z vodo tvori žvepleno kislino H₂SO₄. Ta se iz ozračja izloča kot kisel dež. Ker se zračne mase ves čas premikajo in SO₂ lahko ostanejo v ozračju po več dni, to pomeni, da v tem času lahko prepotuje tisoče kilometrov in potem povzroča težave tudi na območjih, ki nimajo nobene težke industrije. Zaradi kislega dežja odmirajo gozdovi, povečuje se kislost površinskih voda in zemlje. Emisije SO₂ v Evropi predstavljajo 25 % glede na letne količin v svetu (Medved in Novak, 2000).

Količine teh snovi so zaradi velike porabe fosilnih goriv zelo velike. Povečuje se učinek tople grede, ki segreva ozračje. Druga posledica je spreminjanje vsebnosti ozona v različnih plasteh ozračja, kar vpliva na količino kratkovalovnega sončnega obsevanja, ki pride do zemeljskega površja in ima škodljive posledice za žive organizme.

Podnebne spremembe so prvo opozorilo, da izkoriščanje energentov ne moremo nadaljevati v trenutni smeri. Obdobje prekomerne rabe fosilnih goriv, ki so bila osnova razvoja najbogatejših in najrazvitejših držav, se končuje. Države z veliko porabo energije že iščejo nove tehnologije in nove energijske vire za prihodnost. S tem bi zmanjšale svojo odvisnost in ranljivost gospodarstva ter prebivalstva od uvoza goriv. V prihodnosti bomo obnovljive vire uporabljali več in z razvojem tehnologij povečevali učinkovitost izkoriščanja.

Glede na izvor obnovljive vire delimo na:

- sončno sevanje,
- planetarna energija,
- toplota iz notranjosti Zemlje.

Vse te oblike energije z različnimi napravami pretvorimo v toploto, svetlobo, električno energijo in mehansko delo.

Velik potencial in neomejena trajnost sta pomembni lastnosti obnovljivih virov energije. Poleg tega so obnovljivi viri enakomerno razporejeni brez geopolitičnih ovir. To pomeni, da imajo različna področja dostopnost do različnih obnovljivih virov. Država ima lahko velik potencial vodne energije ali močen potencial vetrne energije. Lahko celo trdimo, da so obnovljivi viri energije enakomerno razporejeni med revnimi in bogatimi prebivalci našega planeta, velja celo, da imajo področja, ki jih imenujemo nerazviti svet, največ sončne energije. Slabe lastnost obnovljivih virov je njihova časovna spremenljivost moči in energije virov. Energije, razen toplote oceanov in biomase ne moremo shraniti z naravnimi sistemi. Za shranjevanje virov energije v obliki notranje, kemične, potencialne in kinetične energije moramo uporabiti različne naprave, kar zmanjšuje učinkovitost in podraži izkoriščanje obnovljivih virov.

OVE so eden izmed glavnih strateških virov energije v Sloveniji. Dejstva da imamo zelo malo domačih energetske virov, da smo od uvoza energentov zelo odvisni in da se poleg tega izkoriščanje domačega premoga počasi zmanjšuje, dajejo razvoju v smeri OVE še večjo težo (Merše, 2016).

4.1 Sončna energija

Energija Sonca ustvarja primerne življenjske pogoje na Zemlji. Sonce je neizčrpen vir obnovljive energije, ki naj bi deloval še nadaljnjih okoli 5 milijard let. Sončno sevanje s v stiku z atmosfero in s površjem Zemlje pretvori v toplotno, kinetično in potencialno energijo. Sončno sevanje izvira iz zlitja vodikovih atomov v helijeve, pri tem se razlika v masi elementov spremeni v energijo. Ta jedrska reakcija se imenuje zlitje ali fuzija. Od vse energije, ki jo v vesolje odda Sonce, jo Zemlja prejme la majhen del (Medved in Arkar, 2009). Sončevo sevanje, ki pade na zemeljsko površje za 8000-krat presega potrebe človeka po primarni energiji. Vsako uro Sonce na Zemljo pošlje toliko energije, kot je človeštvo porabi v enem letu (Merc, 2009).

Najpomembnejša posledica sevanja Sonca je segrevanje Zemlje in spreminjanje sevanja v druge oblike energije. Sončno sevanje poganja zapleten termodinamični sistem Zemlje. Omogoča kinetično energijo vetra, poganja hidrološki cikel in s tem potencialno ter kinetično energijo vodotokov. Nekaj desetih odstotka sončnega sevanja rastline porabijo za fotosintezo pri čemer nastaja biomasa (Medved in Arkar, 2009).

Naprave, ki sončno energijo spreminjajo v toplotno in električno energijo imajo minimalen vpliv na okolje, imajo razmeroma veliko učinkovitost in vir energije je dostopen vsem. Ker se količina sončnega sevanja ves čas spreminja, za nenehno oskrbo z energijo potrebujemo hranilnike, kar precej podraži sisteme. Zaradi nizke gostote sončnega sevanja so potrebne velike naprave.

4.2 Biomasa

Ekološko najpomembnejši vir svetlobe je Sonce, saj vidni del svetlobnega sevanja omogoča fotosintezo. Le 1 % konverzija sončne energije, ki doseže površje Zemlje, v potencialno kemično energijo rastlinskih asimilatov omogoča življenje vsem heterotrofnim organizmom (Tarman, 1992). Sončna energija ostane vezana v rastlini toliko časa, dokler z biološkimi ali toplotnimi procesi ne razpade.

Trenutno je biomasa najbolj izkoriščen obnovljiv vir energije, predstavlja približno 14 % pokrivanja energijskih potreb človeštva. Najbolj je v uporabi les in lesni ostanki (Medved in Arkar, 2009).

Pri predelavi biomase v goriva so v uporabi različni postopki:

- gorenje pri katerem gorljive snovi v biomasi oksidirajo v CO₂, pri tem oddajajo toploto in vodno paro,
- anaerobno vrenje, fermentacija in kompostiranje,
- piroliza,
- utekočinjanje ali uplinjanje.

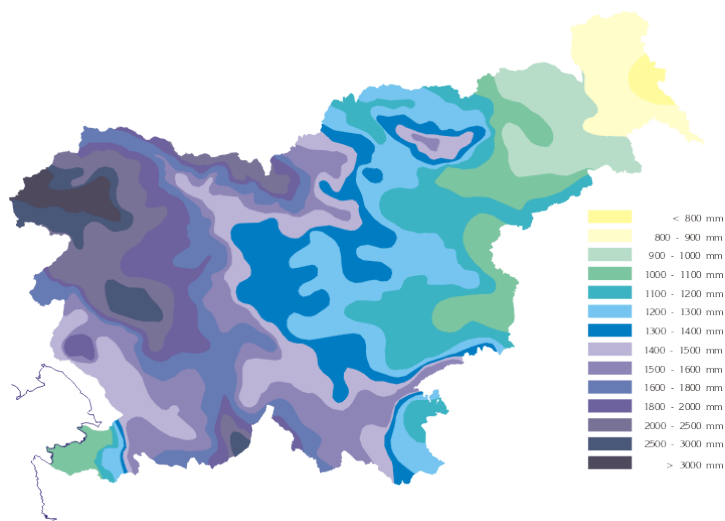
Goriva, ki jih s temi postopki pridobimo iz biomase so trdna biomasa, tekoča goriva iz biomase in plini iz biomase.

V Sloveniji zaradi velikih površin, ki jih prekriva gozd, biomasa predstavlja velik obnovljiv vir energije. Pri tem je nujno ohranjati ravnotežje med porabljeno leseno biomaso in tisto, ki ponovno zraste. Ta razlika je letni prirastek slovenskih gozdov. Učinkovito izkoriščanje lesne biomase zahteva pravilno izbiro tehnologij. Pravilna izbira namreč pomeni energetske učinkovite in ekonomsko upravičene sisteme (Plavčak et al., 2009).

4.3 Vodna energija

Vodotoki so del hidrološkega kroga, ki ga omogočata sončno sevanje in težnost Zemlje. Tisti del padavin, ki s površja odtečejo s površinskimi odtoki, lahko izkoriščamo za vodno energijo. Odtok površinskih voda je tisti del padavin, ki se ne zadržijo na rastlinah, ne izhlapijo temveč odtečejo v površinsko in podpovršinsko mrežo vodotokov. Pojav je zelo pomemben tako za okolje kot za gospodarstvo. Voda zaradi gravitacije teče proti najnižji točki prispevne površine ali padavinskega območja, ki je določeno z geološkimi in topografskim lastnostmi (Brilly in Šraj, 2005).

V Sloveniji je delež padavin, ki tako odteka skoraj 50 %, kar nas uvršča med države z velikim potencialom vodne energije. Slovenija ima v primerjavi z drugimi evropskimi državami kar dvakrat več padavin, v povprečju pade 1570 mm padavin na leto (slika 6). Največ padavin je v severozahodnem delu Slovenije (Medved in Arkar, 2009). Slovenija je z vodami najbolj bogata država v regiji, kljub temu izkoriščamo le polovico danega potenciala.



Slika 6: Padavinska karta za Slovenijo za obdobje 1960 do 1990 (vir: ARSO)

Tekoče vode so v Sloveniji izoblikovane v gosto rečno mrežo dolgo približno 28000 km. Večina vodotokov je krajših, le 22 % je daljših od 25 km (Ambrožič, et.al. 2008).

Izkoriščanje energije vodotokov je pretvarjanje potencialne energije v tlačno in kinetično. Nadalje kinetično energijo delimo na translacijsko, ki jo ima tok vode v cevi in rotacijsko, ki jo ima vrteča se vodna turbina. Pri translacijski sta glavni spremenljivki masa in hitrost vode, pri rotacijski pa obodna hitrost turbine in vrtilni moment. Sprememba potencialne energije je sorazmerna masi telesa, težnostnemu pospešku in višinski razliki med začetno in končno točko (Medved in Arkar, 2009).

Energijo vode so izkoriščali že pred več kot 2500 leti. Petsto let pred našim štetjem so izdelali prvi vodni mlin. Grki in Rimljani so uporabljali vodna kolesa za namakanje polj. V Evropi so vodno energijo uporabljali predvsem za poganjanje mlinov in žag. V Sloveniji je bilo pred 2. svetovno vojno okoli 6000 vodnih mlinov in žag. Tako veliko število priča o bogati zgodovini izkoriščanja vodne energije v našem prostoru (Gospodjinački, 2016).

Prednosti pridobivanja električne energije iz hidroelektrarn so, da ne onesnažujejo okolja, imajo dolgo dobo trajanja in nizke obratovalne stroške. Pomanjkljivosti so veliki posegi v prostor ob sami gradnji hidroelektrarn, zaradi spremenjenega režima pretokov prihaja do velikih sprememb v vodnih in

obvodnih ekosistemih, proizvodnja energije ni stalna, saj se spreminja glede na pretoke v različnih delih leta.

4.4 Energija vetra

Energija vetra velja za najbolj čisto in okolju prijazno pridobivanje energije. Pri pretvarjanju te energije v električno energijo ne nastajajo nobene nevarne kemične spojine ali kakšni drugi odpadki. Energija vetra je posledica delovanja sončnega obsevanja zemeljskega površja. Sonce različne dele zemeljskega površja segreva z različno jakostjo. Toplejše in bolj vlažne mase se dvigujejo in na njihovo mesto priteka hladnejši in bolj suh zrak. Posledica tega pojava je veter, oziroma gibanje zračnih mas. Razvoj vetrnic, s katerimi energijo vetra pretvarjamo v električno energijo, gre v smeri povečevanja njihove učinkovitosti in gradnjo večjih enot. Vetrne elektrarne postajajo pomemben del energetskega sistema tudi v Evropski uniji (Predin et al., 2009).

4.5 Geotermalna energija

Geotermalna energija je toplota zemlje, ki je predvsem posledica razpadanja radioaktivnih elementov v njeni skorji in zgornjem plašču. V manjšem delu je uskladiščena v sulfidih, večji del jo vsebujejo kamnine. Prenaša se s konvekcijo in kondukcijo (Rman et al., 2009).

Njeno koriščenje je mogoče z zajemom toplih vodnih ali parnih vrelecev, ter s hlajenjem vročih kamenin. Geotermalne vire ločimo na visokotemperaturne in nizkotemperaturne. Pri visokotemperaturnih je temperatura vode nad 150°C in jih uporabljamo za pridobivanje električne energije. Nizkotemperaturni je voda pod 150°C in se uporabljajo za neposredno ogrevanje (Medved in Arkar, 2009). Geotermalne vode predstavljajo cenovno ugoden in ekološko sprejemljiv vir energije, pri koriščenju pa moramo upoštevati zakonodajne ter tehnološke omejitve in naravne danosti.

V Sloveniji je pomemben alternativni in lokalni vir toplote. Direktna izraba nizkotemperaturnih geotermalnih voda je pomembna za zdraviliški turizem, ogrevanje rastlinjakov in daljinsko ogrevanje. Pridobivanje električne energije iz geotermalne energije je še v fazi idejnih zasnov, bodisi zaradi neekonomičnosti ali neizvedljivosti v tem času (Rman et al., 2009).

4.6 Energija plimovanja in valovanja

Morja in oceani so vir različnih virov energije. Izkoriščamo potencialno energijo plimovanja in premikanje vodnih tokov. Poleg tega so ogromni hranilniki toplote. Z oceanskimi toplotnimi elektrarnami se izkorišča razlika med toplejšim zgornjim in hladnejšim slojem v globinah. Veter, ki se ustvarja nad vodno gladino povzroča valove, ki prenašajo potencialno in kinetično energijo. Izkoriščanje plime in oseke je bolj zanesljivo, ker je valovanje odvisno od vremenskih razmer. Bazen, ki je ločen od morja se v času plime napolni. Ko je oseka najnižja se zapornice bazena odprejo in voda po kanalu skozi turbine odteka nazaj v morje (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

Vse zgoraj naštetе oblike obnovljivih virov energije igrajo pomembno vlogo v nenehnem iskanju ravnovesja med varovanjem okolja in zagotavljanjem celovite in zanesljive oskrbe z električno energijo (Jordan, 2013).

4.7 Težave pri uvajanju obnovljivih virov energije

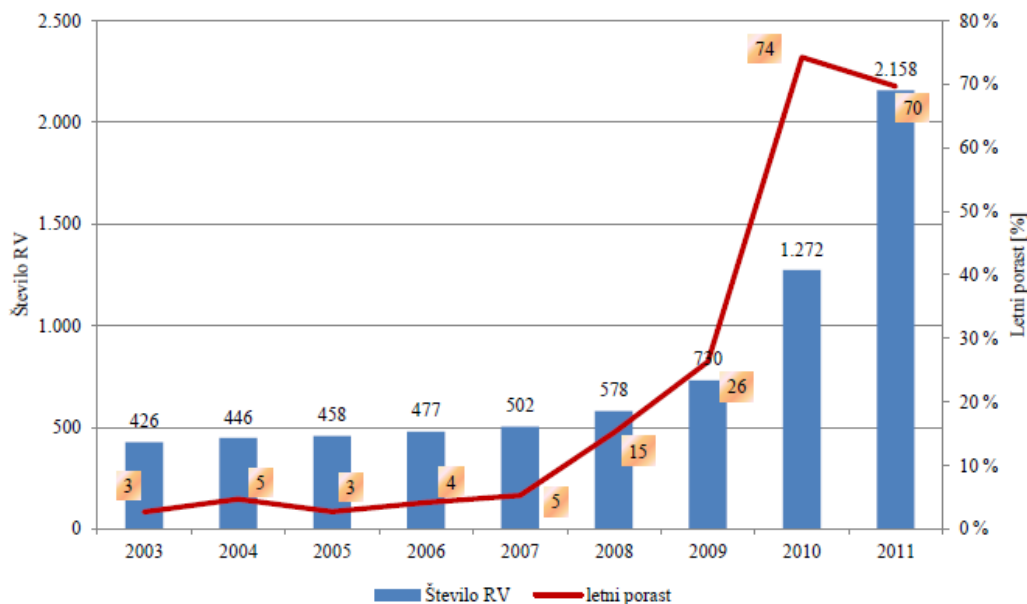
Pri uvajanju OVE se pojavlja kar nekaj ovir, saj gre za uporabo med seboj zelo različnih tehnologij. Ena izmed večjih težav je umeščanje objektov kot so hidroelektrarne in vetrne elektrarne v prostor. Postopki za pridobitev dovoljenj so dolgotrajni, investitorji se srečujejo z veliko naravovarstvenimi zahtevami, velika razpršenost poselitve zmanjšuje možnosti umestitve v prostor, kadar so zahteve po odmikih naselij od objektov OVE.

V današnjem času so velika ovira tudi nizke tržne cene električne energije, ki ne omogočajo širitev in obnove že obstoječe infrastrukture za pridobivanje električne energije. Tukaj nastopi država, ki s subvencioniranjem spodbujajo pospeševanje investicij v OVE. Pozitivnih učinkov državne pomoči v obliki subvencij je več, ustvarjanje novih delovnih mest, poslovnih priložnosti za domače dobavitelje opreme, projektante in izvajalce. OVE pomenijo tudi veliko razvojnih možnosti v smeri novih tehnologij. Slovenija ima možnost, da razpoložljiva razvojna sredstva iz nove finančne perspektive EU, usmeri v razvojne projekte URE in OVE in se tako bolj aktivno vključi v razvoj in proizvodnjo opreme in storitev za OVE (Merše, 2016).

Aktivna politika spodbujanja proizvodnje električne energije iz OVE s strani države, se po letu 2007 odraža z rastjo števila enot razpršenih virov na distribucijskem omrežju. v letu 2011 je skupna količina prevzete električne energije iz razpršenih virov (RV) znašala 734 GWh. Ta količina predstavlja 6,6 % celotne prevzete energije v distribucijsko omrežje. Priključenih je bilo 2.158 RV s skupno instalirano močjo 315 GW (Vodušek, 2013).

Posebno pozornost zahteva tudi vpliv razpršene proizvodnje električne energije na energetske razmere v distribucijskem omrežju. Klasično zagotavljanje električne energije končnemu porabniku poteka iz velikih proizvodnih virov, preko prenosnih omrežij in distribucijskih omrežij. Novi viri električne energije iz OVE v obstoječi sistem prinašajo popolnoma nove elemente obratovanja. Z vidika pomanjkanja energije, zmanjševanja izpustov CO₂ in težav pri umeščanju velikih energetskih objektov v prostor so novi viri OVE dobrodošli. Po drugi strani pa lahko s svojo množičnostjo povzročijo, da obstoječi EES postanejo nezmožni za varno, zanesljivo in ekonomično oskrbo z električno energijo. Obstoječi EES nimajo težav, dokler je RV z specifičnimi obratovalnimi lastnostmi le nekaj odstotkov. Težave se pojavijo, ko ta delež doseže 10 % in več. Takrat je potrebno ukrepanje tako pri obratovanju kot načrtovanju. Pojavljajo se težave pri regulaciji napetosti, vzdrževanju kakovosti napetosti in zagotavljanju selektivnosti zaščite. Ker so OVE odvisni od naravnih danosti, njihova proizvodnja ves

čas niha. Nihanje otežuje uravnoteženost proizvodnje in porabe, kar zagotavlja stabilno obratovanje omrežja (Vodušek, 2013).



Slika 7: Število enot razpršenih virov na distribucijskem omrežju (vir: Vodušek, 2013)

Projekti / Objekti	Nove zmogljivosti 2010-2020 (MW)	Nove zmogljivosti 2020-2030 (MW)	Skupaj nove zmogljivosti 2010-2030 (MW)	Proizvodnja v letu 2030 iz enot zgrajenih 2010-2030 (GWh)
Vetrne elektrarne (VE): (mikro, male in srednje)	119	235	353	570
Male hidroelektrarne (mHE): (pretočne mikro, male in srednje HE)	43	18	61	225
Sončne elektrarne (mikro, male ali srednje SE na tleh ali na strehi)	337	358	694	694
Geotermalne elektrarne	0	25	25	150
STPE na lesno biomaso	14	11	25	110
Drugi bioplina in ČN	32	1	33	215
Skupaj električna energija	544	647	1.190	1.964

Slika 8: Pričakovane zmogljivosti razpršene proizvodnje električne energije (vir: Vodušek, 2013)

Razpršeni viri lahko v distribucijskem omrežju spremenijo smer pretoka električne energije. Elektroenergetski sistemi delujejo v smeri pretoka energije od višje napetosti proti nižji. Ko se na delujoče omrežje prikljopi proizvodna enota iz razpršenih virov, se smer pretoka električne energije lahko spremeni. Sprememba vpliva na padec napetosti in spremeni napetostni profil v omrežju (Sirajić in Pantoš, 2016).

Vplivi, ki se pojavljajo s priključitvijo OVE na omrežje (Vodušek, 2013):

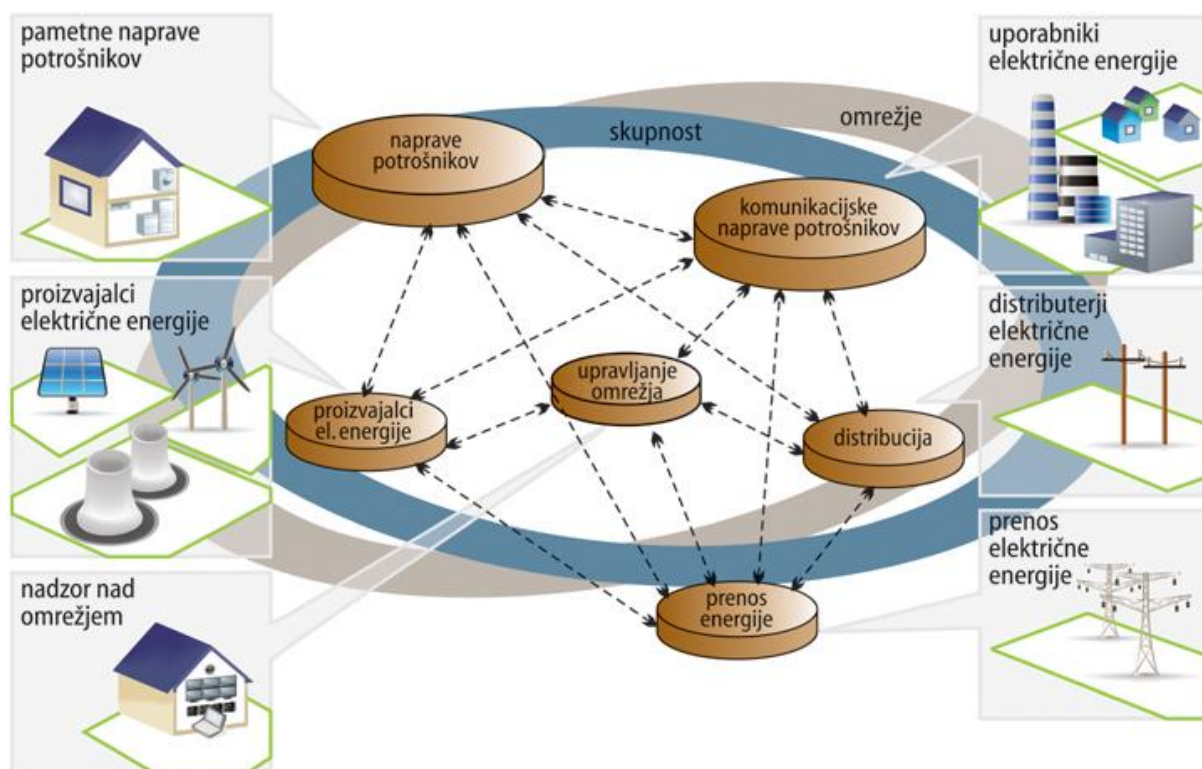
- spremenjena napetost v omrežju,
- sprememba sistemske zanesljivosti,
- slabša kakovost električne napetosti,
- termične obremenitve opreme,
- povečanje kratkostične moči v omrežju s priključenimi RV,
- ogrožena stabilnost sistema,
- ovrednotenje zaščitnih shem,
- obratovanje razpršenih virov neodvisno od zahtev omrežja lahko povzroči tudi druge težave pri vodenju sistema.

5 PAMETNA OMREŽJA

»Pametna omrežja definiramo kot elektroenergetsko omrežje, ki lahko stroškovno učinkovito vključuje vse proizvodne vire, odjemalce in tiste, ki so oboje, s ciljem ekonomsko učinkovitega trajnostnega sistema z nizkimi izgubami ter visokim nivojem zanesljivosti, kakovosti in varnosti dobave električne energije« (Papič et al., 2012, str. 9).

Kadar govorimo o učinkoviti rabi energije, moramo vedeti, da ne gre samo za zmanjšano porabo, zelo je pomembno tudi kdaj se energija rabi. Ker se elektroenergetski sistem dimenzionira na najvišje obremenitve in še višje, potrebujemo ali več proizvodnih virov ali več močnejše elektroenergetsko omrežje. Uvedba pametnih omrežij bi pomenila večjo izkoriščenost obstoječega sistema. To pomeni izogibanje veliki porabi ob koničnih obremenitvah in spodbujanje porabe ko je v elektroenergetskem sistemu višek energije iz obnovljivih virov (Papič in Omahen, 2013).

Cilj pametnih omrežij je v proizvodnjo vključiti čim več obnovljivih virov. Ekonomski interes je tisti, ki bo porabnike spodbujal pri uporabi pametnih omrežij, saj bo koncept omogočal ugodnejšo ceno energije zaradi uravnavanja odjema, bonuse pri zagotavljanju sistemskih storitev ter ne nazadnje prodajo električne energije iz lastnih proizvodnih virov (Žumbar Klopčič et al., 2012).



Slika 9: Koncept pametnega omrežja (vir: MonitorPRO, 2016)

5.1 Področja koncepta pametnega omrežja

Razvoj in uvedba pametnih omrežij ne pomenijo, da ne bo več potrebno vlagati v primarno infrastrukturo, prednost novih tehnologij bo v boljšem izkoristku obstoječe infrastrukture. Potrebne bodo informacijske in komunikacijske tehnologije, ki bodo vse elemente v sistemu povezale v funkcionalno učinkovito enoto. Če želimo to doseči je potrebno uskladiti delovanje na tehnološkem, ekonomskem, regulatornem in sociološkem področju. Inovacije s tega področja morajo imeti ustrezno podporo prek komunikacije z javnostjo, ki bo omogočala večje ozaveščanje porabnikov sistema. Lahko se namreč zgodi, da je tehnološka rešitev zelo dobra, vendar ni ekonomsko upravičena. Učinek pri končnih porabnikih ne bo velik, če ne bodo znane relacije med ugodjem in ceno le tega (Kosmač et al., 2011).

Tehnološko področje pokriva obstoječe omrežje in vse sisteme in naprave, ki ga nadgrajujejo

- nove tehnologije,
- telekomunikacijski in informacijski sistemi,
- uporabne strani (električna vozila in upravljanje s porabo) ter
- novi pristopi v obratovanju in načrtovanju elektroenergetskega sistema.

Ekonomsko področje zajema analize delovanja in ekonomske posledice, ki jih prinaša razvoj novih storitev. Področje delimo na:

- mikroekonomske in makroekonomske analize delovanja in posledic iz tehnološkega področja, ki zajemajo več faz (analize v fazi sprejemanja odločitev, analize v fazi projekta in analize v fazi vrednotenja rezultatov po končanem projektu),
- razvoj inovativnih storitev.

Regulatorno področje določa okvir za motiviranje udeležencev v novih konceptih. Vloga udeleženca mora biti jasno opredeljena, inovacije morajo imeti podporo javnosti in najpomembneje, biti morajo tržno zanimive. Če imajo udeleženci ekonomski interes se bodo lažje odločili in prevzeli aktivno vlogo bodisi kot izvajalec storitev združevanja razpršenih virov, mikro proizvajalec ali mikrohranilnik električne energije. Na regulatornem področju je največja težava stopnja regulacije. Prevelika stopnja pomeni, da se regulatorni okvir ne bo zmožl dovolj hitro prilagajati tehnološkemu razvoju. V obratni situaciji, torej prenizki stopnji lahko pride do kaotičnega sistema in prvotne ideje lahko postanejo nedosegljive. Javna agencija Republike Slovenije za energijo na podlagi zastavljenih ciljev formira regulatorni okvir, vanj sodijo zakonski in podzakonski akti, ki določajo višino omrežnine in spodbud. Določajo tudi dolžnost in pravice udeležencev.

Neurejeno sociološko področje predstavlja eno glavnih ovir za uspešno delovanje zastavljenega koncepta. Le ta potrebuje ustrezen odziv uporabnikov na storitve, ki jih ponujajo pametna omrežja.

Postavljajo se vprašanja v zvezi z vzorci obnašanja porabe končnih uporabnikov, razmerja med ugodjem in ceno, razmerja med mobilnostjo in ceno za električna vozila in ustrezno medijsko obveščanje ter ozaveščanje v okviru šolske vzgoje (Kosmač, et al., 2011).

Vsako od omenjenih področij je nujno potrebno, če želimo, da bo koncept pametnih omrežij v praksi uspešen .

Največjo težavo v elektroenergetskem omrežju povzroča množična integracija razpršenih virov. Pri veliki razpršenosti obnovljivih virov energije se problemi v obratovanju kažejo kot neustrezni napetostni profili in nihanji napetosti. Klasičen način reševanja teh problemov nihanja , so dodajanje ojačitev omrežij, to pa pomeni precejšnje investicijske izdatke ob dejstvu, da je izkoriščenost celotne kapacitete omrežja relativno majhna. Če imamo dovolj vhodnih podatkov za analizo, lahko načrtujemo razvoj omrežja. Ker je pri klasičnem načrtovanju omrežja merilnih podatkov vzdolž omrežja premalo, se upošteva najtežja potencialna stanja in na tak način zagotovi varno obratovanje. Da bi se izognili visokim in nepotrebnim stroškom, bi morali vlagati v razvoj pametnih omrežij. Pri tem bi bilo potrebno širjenje merilne mreže, integracija sistemov podatkovno informacijskih skladišč in uporaba IKT tehnologij (Papič, et al., 2012).

5.2 Elementi pametnega omrežja

Pametna omrežja med seboj združujejo nove in že obstoječe elemente. Za učinkovito delovanje je pomembno, da se oboje združi v učinkovito celoto. Temelje novega pametnega omrežja tako tvorijo obstoječe elektroenergetsko distribucijsko omrežje skupaj z učinkovito informacijsko – komunikacijsko tehnologijo, IT sistemi in integracijska platforma.

Gradnike pametnih omrežij delimo na tri osnovne skupine (Papič in Omahen, 2013. str. 88):

osnovni gradniki sistema:

- informacijsko – komunikacijske tehnologije (IKT),
- geografsko informacijski sistem (GIS),
- standardizirana izmenjava podatkov,
- razpršeni viri.

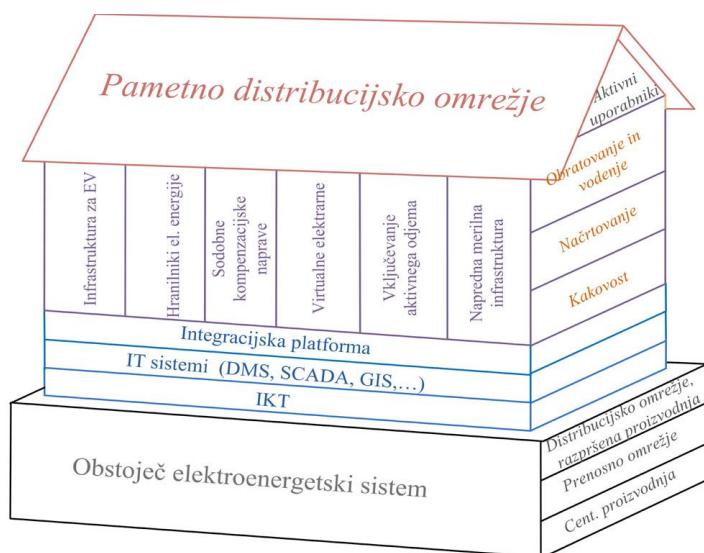
koncepti omrežja:

- načrtovanje,
- obratovanje in vodenje,
- kakovost.

nove tehnologije:

- napredno merjenje,
- vključevanje aktivnega odjema,
- virtualne elektrarne,
- sodobne kompenzacijske naprave,
- hranilniki električne energije,
- infrastruktura za električna vozila.

Osnovni gradnik delujočega sistema je infrastruktura in integracija informacijsko - komunikacijske tehnologije. Le te so nujno potrebne za vse nadaljnje aplikacije. IKT zagotavljajo povezljivost med inteligentnimi napravami in omrežji v konceptu pametnih omrežij.



Slika 10: Shematični prikaz pametnega distribucijskega omrežja (vir: Papič, et.al., 2012)

5.3 Razvojni scenarij

Slovenija se je v okviru EU zavezala da bo do leta 2020 po direktivi 2009/72/ES, 80 % gospodinjstev opremila z novimi naprednimi števci električne energije in zagotovila vsaj 25 % delež OVE v končni rabi energije.

Za izvedbo zadanih ciljev do leta 2020, bi bilo v pametna omrežja potrebno investirati okrog 320 milijonov EUR, od česa bi bilo 90 % vseh stroškov namenjenih za izvedbo projektov. Večina teh stroškov je potrebna za uvedbo naprednega merjenja, ki zaradi velikega števila odjemalcev (gospodinjstev) obsega največje število kosov opreme. Razvojni scenarij namreč postavlja zahtevo, da

se izvede zamenjava števec električne energije z naprednim sistemom merjenja do leta 2020, poleg tega se omogoči zniževanje investicijskih stroškov priključevanja OVE. Če bi števec zamenjali po ustaljeni poti, bi do leta 2030 dosegli menjavo le za 30 % vseh števec (Papič et al., 2012).

Prehod na koncept delovanja pametnega omrežja lahko poteka v več fazah (Kosmač et al., 2011):

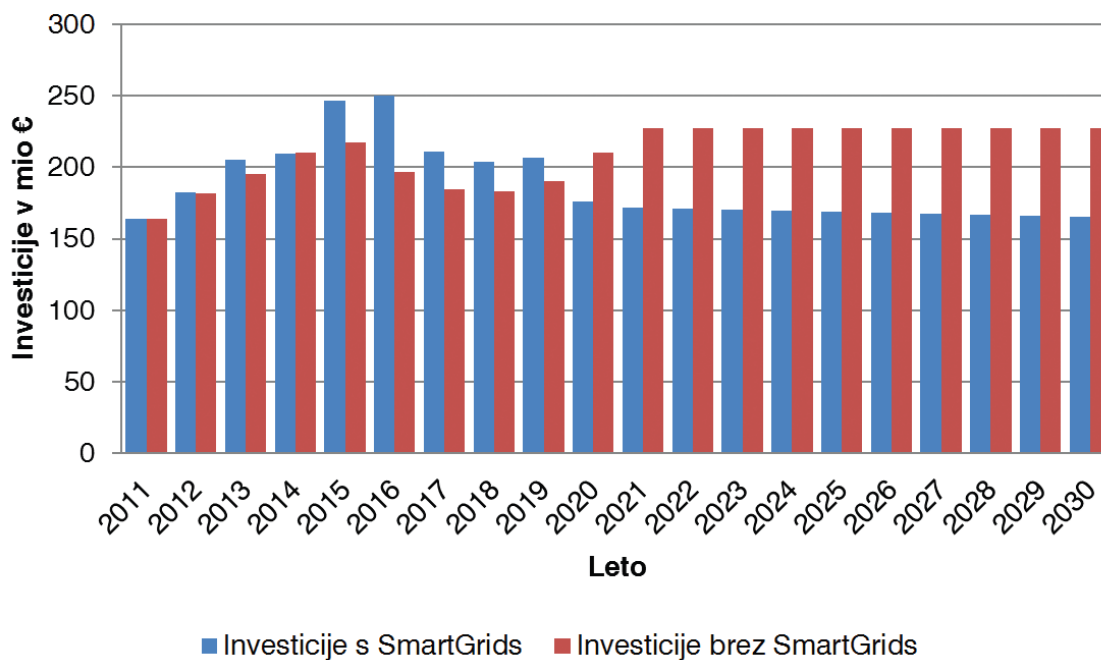
1. vpeljava tehnologij, ki so že na voljo
2. novo oblikovanje kriterijev načrtovanja omrežja
3. oblikovanje novega koncepta obratovanja, upoštevajoč vse nove elemente, ki so v sistemu
4. agregiranje razpršenih virov in ostalih elementov koncepta pametnega omrežja v virtualne elektrarne
5. postopno vključevanje novih tehnologij, npr. električna vozila in njihova možnost vračanja električne energije v EES prek hranilnikov in pametnih polnilnih mest.

Virtualne elektrarne veljajo za eno izmed orodij pametnih omrežij. Kot orodje omogočajo izvajanje storitev odjema ali razpršene proizvodnje, hkrati pa preprečujejo obremenitev v distribucijskem omrežju. Z njimi lahko znižujemo obremenitev omrežja brez dodatnih investicij v nove vire energije. Končni industrijski odjemalci, v primer da jim to dopuščajo njihove tehnološke in tehnične omejitve, sodelujejo v virtualni elektrarni s prilagajanjem obremenitve. Virtualne elektrarne pomenijo enostavno in zanesljivo ter tehnično zanesljivo rešitev za prilagajanje odjema, poleg tega omogočajo nadzor in pregled nad vključenimi deležniki in končnim učinkom (Habjan, 2014).

Temeljni cilj koncepta pametnih omrežij je aktivno vključevanje v odjema in proizvodnje v obratovanje omrežja. Razmere v omrežjih se bistveno spreminjajo z masovnim vključevanjem OVE in novih velikih porabnikov v gospodinjstvih. Konična proizvodnja je ponekod že višja od koničnih obremenitev. Ker do koničnih obremenitev prihaja le omejeno število ur v letu, lahko z vplivanjem na odjem in proizvodnjo v tem času prinese velike prihranke pri investicijah v primarno opremo.

Procese kratkoročnih napovedi odjema in proizvodnje, ter stanja v omrežju bo potrebno uskladiti z ukrepi aktivnega vključevanja odjema in proizvodnje (Papič in Omahen, 2013).

Naložbe v pametna omrežja na začetku ne bodo zmanjšale naložb v omrežje. Visoki investicijski stroški bodo predvsem na račun menjave naprednih števec. Analiza učinkov do leta 2030 kaže, da bi bila skupna investicijska vlaganja v scenariju brez pametnih omrežij bistveno višja. Na spodnji sliki po letu 2020 niso upoštevane nove naložbe v pametna omrežja, z namenom, da bi prikazali dolgoročne učinke iz prvega obdobja. Ker se tehnologije ves čas razvijajo, bodo vlaganja potrebna tudi po letu 2020. V primeru, da se izpolni cilje pametnih omrežij, se v celotnem obdobju do leta 2030 pričakuje skoraj 500 milijonov EUR prihrankov pri investicijskem vlaganju (Papič et al., 2012).



Slika 11: Višina vlaganj v omrežje z in brez pametnih omrežij po letih do leta 2030 po razvojnem scenariju (vir: Papič et al., 2012)

Razvoj pametnih omrežij predvideva tri ključne vrste prihrankov (Papič in Omahen, 2013):

- 5 % znižanje koničnih obremenitev,
- 50 % nižje investicije zaradi priključevanja novih OVE,
- 20 % nižji investicijski izdatki za zagotavljanje kakovosti električne energije.

Z vpeljavo pametnih omrežij največ pridobi Republika Slovenija. Z izpolnitvijo zahtev iz direktive 2009/72/ES, ji ne bo potrebno plačati kazni. V primeru, da slovenska industrija na račun pametnih omrežij obdrži ali celo poveča svoj položaj na globalnih trgih, bo to pomenilo nove prilive v državni proračun. Koncept pametnih omrežij prinaša tudi nova visokotehnološka delovna mesta. Če bodo cene električne energije z vpeljavo pametnih omrežij rasle počasneje kot brez njih, bodo imela gospodinjstva večjo kupno moč, domača industrija bo bolj konkurenčna in prilivi v državni proračun višji.

Pridobijo tudi odjemalci, v prvi vrsti z manjšo rastjo cen električne energije. Poleg natančnih računov o svoji porabi za pretekli mesec, pridobijo tudi večjo izbiro paketov oskrbe, možnost prilagajanja svoje porabe in učinkovitejši postopek menjave dobavitelja.

Prednost za sistemskega operaterja se kažejo z nižanjem konične obremenitve, razbremenjevanje sistema na račun vključevanja aktivnega odjema in proizvodnje in nudenje terciarne rezerve.

Proizvajalci električne energije z uvedbo koncepta pametnih omrežij pridobijo možnost natančnejšega

planiranja proizvodnje. Dobavitelji energije imajo bonus zaradi nižanja stroškov dela z odjemalci in s prihranki, ker imajo natančne podatke o porabi. To jim nadalje daje možnost ponudbe novih paketov oskrbe. Regulator pridobi preglednost in kakovost energetskega trga, na račun sistema naprednega merjenja, učinkovite informacijske podpore za natančno spremljanje kakovosti oskrbe z električno energijo in informacijske podpore za učinkovite postopke zamenjav dobavitelja.

Pametna omrežja pomenijo prednost tudi za druge distributerje energentov in vode, saj se lahko brez velike lastne investicije priklopijo na obstoječi sistem pametnih omrežij in si tako zagotovijo kakovostnejše storitve.

Industrija bo lahko svoje inovacije preizkusila v praksi in jih pripravila za tuje trge. Uspeh na domačem terenu je lahko ključnega pomena. Tudi operaterji IKT bodo lahko tržili svoje storitve in svojo infrastrukturo.

S pametnimi omrežji se zmanjša poraba električne energije, kar pozitivno vpliva na okolje. Zmanjšajo se izpusti CO₂ in obremenitev prostora z novimi elektroenergetskimi objekti (Papič et al., 2012).

Pametna omrežja ne omogočajo le prilagajanje proizvodnje električne energije trenutni porabi, velja tudi obratno, poraba električne energije se lahko prilagodi proizvodnji le te. Dvosmerna digitalna komunikacija med porabnikom in proizvajalcem, omogoča učinkovito rabo ter varčevanje z električno energijo, zmanjšajo se proizvodni stroški, povečata pa se tudi zanesljivost in preglednost nad celotnim sistemom (Rožman, 2013).

6 HIDROELEKTRARNE

Hidroelektrarne izkoriščajo kinetično in potencialno energijo, ki jo ima vodotok. Večji kot je pretok, večja je moč vode.

Moč vode določimo z izrazom:

$$P = g * \rho * Q * \eta_t * \eta_g * H_n$$

g gravitacijski pospešek (9,81 m/s²)

ρ gostota (kg/m³)

Q izmerjeni pretok vodotoka (m³/s)

H_nneto padec vodotoka (m)

η_tizkoristek turbine (-)

η_g izkoristek generatorja (-)

Za pridobivanje električne energije so najprimernejše reke, ki imajo skozi celo leto majhna nihanja pretokov in veliko zanesljivost predvidevanega pretoka. Za določitev instalirane moči je potrebno upoštevati diagram srednjih letnih pretokov (Rožman, 2012).

Količina pridobljene energije je odvisna od količine vode in višinske razlike vodnega padca. Za umestitev hidroenergetskega objekta v prostor, so najprimernejše lokacije, ki imajo velik padec ali velik pretok, najbolje pa kar oboje (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

Glede na način izkoriščanja vodne elektrarne delimo na pretočne, akumulacijske in črpalne.

- Pretočne hidroelektrarne

Pretočne hidroelektrarne nimajo možnosti zbiranja vode in lahko izkoriščajo le veliko količino vode z relativno majhnim padcem. Pomanjkljivost te vrste je v odvisnosti proizvodnje električne energije od trenutnega pretoka vodotoka. Pretoki so najmanjši ravno v zimskem času, ko so potrebe po električni energiji največje. Število in velikost turbin sta določena s srednjim pretokom (Orel et al., 2016).

V Sloveniji prevladujejo reke, ki se jim pretok med letom zelo spreminja, zato imajo pretočne hidroelektrarne več turbin. V primeru, da je pretok nizek deluje manj turbin, v primeru visokih voda pa je potrebno višek vode prelivati. V tem primeru hidroelektrarna deluje z manjšo močjo. Pretočne hidroelektrarne glede na način gradnje nadalje delimo na stebrski, kanalski in rečni tip (Rožman, 2012).

- Akumulacijske vodne elektrarne

Akumulacijske elektrarne imajo jez, za katerim nastane akumulacijsko jezero. Če je akumulacija dovolj velika, lahko zadrži vso vodo. Pri tem se dviga gladina jezera in povečuje se v zbiralniku nakopičena energija. Ko se pojavi potreba po električni energiji, vodo skozi turbine spustijo iz akumulacije. Akumulacijske vodne elektrarne omogočajo raznolike možnosti za izrabljanje vodne energije in pripomorejo do delne ali popolne izravnave vodnega toka (Orel et al., 2016).

- Pretočno-akumulacijske

Pretočno-akumulacijske vodne elektrarne imajo za pregrado jezero, ki je manjše kot pri akumulacijskih vodnih elektrarnah in shranjevanje vode je v njem mogoče le v nočnem času, ko so potrebe po električni energiji manjše (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

- Črpalne vodne elektrarne

Voda se v črpalnih vodnih elektrarnah zbira v dveh zbiralnikih, ki sta na različnih nadmorskih višinah. v času, ko je presežek električne energije, se zgornji rezervoar polni s pomočjo črpalk, ko pa se pojavi potreba pa energiji, spustijo vodo skozi turbine in poganja generator električne energije (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

Bruto in neto padec

Vse tekoče vode za svoj tok potrebujejo nagib terena. Voda mora ob svojem gibanju premagovati trenje ob dnu in ob bregovih. Zaradi premagovanja trenja je potrebna določena višinska razlika med spodnjim in zgornjim odsekom vodotoka. Ko govorimo o padcu, je ta mišljen na določenem odseku in ne padec od izvira do izliva. Padec med dvema presekom izbranega vodotoka imenujemo bruto padec.

Bruto padec pomeni višinsko razliko med vodnima gladinama na začetku in koncu merjenega odseka. Celotne vrednosti bruto padca ne moremo neposredno izkoristiti. S posegom v naravni tok vodotoka, skušamo tok spremeniti in celotno vrednost bruto padca doseči na tistem mestu, kjer nameravamo postaviti turbino (Šolc, 1981).

Zaradi trenja v toku vode, prihaja do izgub. Neto padec je vrednost bruto padca zmanjšan za izgube v dovodu in odvodu. Neto padec je dejavnik moči, ki določa obratovanje male hidroelektrarne. Približna ocena neto padca je 90 % do 98 % bruto padca. Manjša vrednost velja za dolge dovodne in odvodne naprave, večja pa za kratke (Šolc, 1981).

6.1 Malih hidroelektrarne n njihove prednosti

Najprimernejše merilo za ocenjevanje velikosti hidroelektrarn je moč njenih agregatov (Šolc, 1981). Evropsko združenje za male hidroelektrarne (European Small Hydropower Association –ESHA) kot zgornjo mejo postavlja 10 MW instalirne moči. Moč kapacitete se od države do države razlikujejo. Na Kitajskem je ta meja pri 25 MW, v Indiji 15 MW in na Švedskem 1,5 MW (Bockman et al., 2006).

Tudi male hidroelektrarne izkoriščajo potencialno energijo tekočih voda. Pri izbiri lokacije je potrebno paziti, da imamo zadosten hidravlični padec, primerno padavinsko območje in območje, kjer je vode dovolj skozi vse leto. Male hidroelektrarne imajo največjo proizvodnjo v spomladanskih in jesenskih mesecih. Hidrologija, kot naravni dejavnik pri proizvodnji električne energije, je spomladi odvisna od taljenja snega, v jesenskih mesecih pa od padavin. Obratovanje je odvisno od količine vode v vodotoku, saj večina malih hidroelektrarn nima svoje akumulacije. Tako se pri visokih vodah veliko vode preliva preko naprav, pri nizkih vodah v sušnih obdobjih pa je delovanje naprav zelo omejeno (Papler in Basej, 2014).

Prednosti malih hidroelektrarn:

- izkoriščanje obnovljivih virov vodotokov,
- ne onesnažujejo okolja in ne zahtevajo gradnje velikih infrastrukturnih objektov,
- povečujejo kvaliteto elektroenergetskega sistema z izboljševanjem napetostnih razmer elektroenergetskega omrežja in zmanjšujejo izgube električne energije v omrežju,
- če so ustrezno opremljene povečujejo zanesljivost napajanja regionalnih uporabnikov pri redukcijah in izpadih elektroenergetskega sistema,
- objekti imajo dolgo življenjsko dobo,
- gradbena dela in opremo izdelujejo ter opravijo domači izvajalci,
- prispevajo k razvoju podeželja in odročnih krajev (Jerkovič, 1996).

Proizvodnja električne energije se je v malih hidroelektrarnah zelo povečala po letu 1985. Takrat se je v Sloveniji spodbujalo grajenje malih hidroelektrarn po programu splošne ljudske obrambe. Investitorji so imeli z uveljavitvijo energetskega zakona in sprejemom podzakonskih aktov status kvalificiranih proizvajalcev in zagotovljen odkup električne energije (Papler in Basej, 2014).

6.2 Vrste malih hidroelektrarn

Po načinu izkoriščanje vode med seboj ločimo:

- pretočne male hidroelektrarne, ki sproti izkoriščajo tisto količino vode, ki priteče po vodotoku,
- akumulacijske male hidroelektrarne, ki imajo zbiralnike vode in jo lahko izkoristijo v tistih delih dneva, ko je poraba električne energije večja.

Po načinu obratovanja:

- elektrarne, ki obratujejo paralelno z distributivnim omrežjem,
- elektrarne, ki obratujejo za točno določene uporabnike.

Po načinu upravljanja:

- ročno upravljanje,
- polavtomatsko upravljanje,
- avtomatske upravljanje (Škantar, 1989).

Po načinu kako vodo dovajamo na turbine pa razlikujemo:

- hidroelektrarne z odprtim odvodom,
- hidroelektrarne z zaprtim dovodom,
- hidroelektrarne z delno odprtim dovodom.

Zadnja delitev je pomembna, ker določa splošno zasnovo male hidroelektrarne, opremo dovoda vode ter vrsto in konstrukcijsko izvedbo turbine (Šolc, 1981).

6.3 Sestavni objekti malih hidroelektrarn

Vsaka mHE ima objekte in naprave za:

- dovod vode,
- pretvorbo vodne energije v električni energijo,
- upravljanje in nadzor mHE,
- odvod električne energije,
- odvod vode iz strojnice nazaj v strugo.

6.3.1 Zajetje

Zajetje so vsi gradbeni objekti, ki vodo odvzemajo iz vodotoka. Zajetja so sestavljena iz:

- jezu,
- vtoka z grobo rešetko in zapornico,
- peskolova z izpiralno zapornico in prelivom ter kanala po katerem se plavine vrača nazaj v vodotok,
- goste rešetko pred vtokom v dovodni kanal,
- vtok v dovodni kanal ali cevovod.

Samo zajetje mora biti načrtovano tako, da se prilagodi terenskim razmeram, zagotovi ekološko sprejemljiv pretok in varen pretok v primeru visokih voda (Jerkovič, 1995).

6.3.2 Dovodni objekti

To so objekti, ki vodo dovajajo iz zajetja do strojnice. Ločimo dovode s prosto gladino, dovode pod tlakom in dovode katerih del je s prosto gladino, drugi del pa pod tlakom. Način dovoda določa več dejavnikov: instalirani pretok, teren in padec (Šolc, 1981).

6.3.3 Hidromehanska oprema

Hidromehanska oprema na dovodnem sistemu zajema rešetke, naprave za čiščenje rešetk, sisteme za odplakovanje nečistoč in zapornice (Jerkovič, 1995).

6.3.4 Vodne turbine

V strojnici mHE sta glavna sestavna dela vodna turbina in generator, s skupnim imenom hidroagregat ali agregat. V veliki večini imajo mHE samo en agregat.

Turbine so hidravlične naprave v katerih tok vode oddaja energijo gonilniku (Medved in Novak, 2000, p. 185). Razvitih je bilo več vrst turbin, ker so parametri padcev in pretokov za posamezne hidroelektrarne med seboj zelo različni. Izkoristek turbine je vrednost ki nam pove kolikšen del vodne moči turbina pretvori v koristno moč. Današnje turbine imajo izkoristek med 0,75 in 0,85. Različne turbine različno odreagirajo na spremembe instaliranega pretoka. Impulzne turbine delujejo z visokim izkoristkom tudi pri močno nižjih pretokih, reakcijske pa so na take spremembe veliko bolj občutljive (Medved in Novak, 2000).

Malim hidroelektrarnam z višjim padcem in manjšim pretokom bolj ustreza Peltonova turbina, za večje pretoke in nizke padce propelerska turbina in srednje padce Francisova turbina (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

Za izbiro najprimernejšega tipa turbine se uporablja izraz za specifično hitrost:

$$Ns = n \times \sqrt{\frac{P}{H_n^2 \times \sqrt{H_n^2}}}$$

Nsspecifična hitrost [-]

n število vrtljajev gonilnika [min^{-1}]

P moč turbine [kW]

H_nneto padec vodotoka [m]

Če upoštevamo $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ in $g = 10 \text{ m/s}^2$ zgornji izraz lahko poenostavimo. Pretok vode skozi turbino določimo z zmnožkom hitrosti toka vode na vstopu v turbino v_v in vstopne površine $\pi \times r^2$.

$$N_s \approx n \times \frac{\sqrt{10 \times Q \times H_n}}{\sqrt{\left(\frac{v_v^2}{20}\right)^2 \times \sqrt{\frac{v_v^2}{20}}} \approx n \times \frac{\sqrt{10 \times v_v \times \pi \times r_g^2 \times H_n}}{\sqrt{\left(\frac{v_v^2}{20}\right)^2 \times \sqrt{\frac{v_v^2}{20}}} \rightarrow N_s \approx n \times 53 \times \frac{r_g^2}{v_v}$$

r_gpolmer gonilnika [m]

v_vhitrost toka vode na vstopu v gonilnik [m/s]

Število vrtljajev gonilnika n je enako razmerju hitrosti lopatic in obsega gonilnika:

$$n = 60 \times \frac{v_g}{2 \times \pi \times r_g}$$

v_ghitrost lopatic gonilnika [m/s]

Z upoštevanjem zgornjega izraza je torej specifična hitrost turbine enaka:

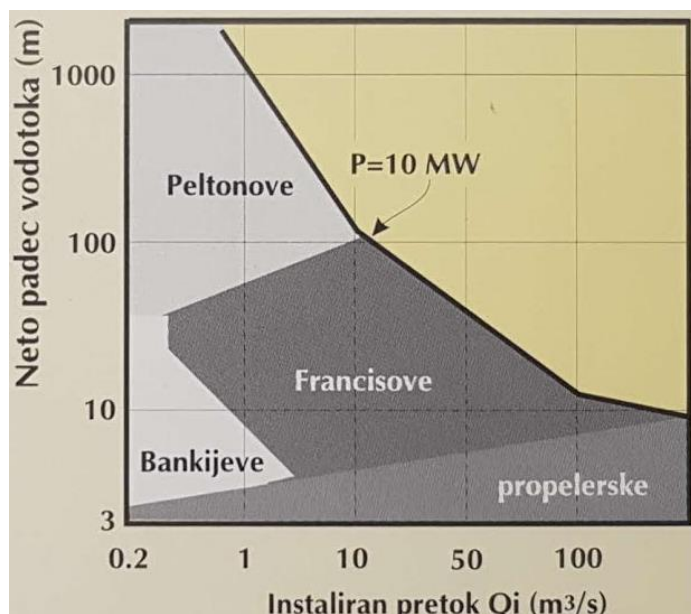
$$N_s \approx n = 60 \times \frac{v_g}{2 \times \pi \times r_g} \times 53 \times \frac{r_g}{v_v} = 500 \times \left(\frac{r_v}{r_g}\right) \times \left(\frac{v_g}{v_v}\right)$$

Tip turbine	N_s (-)
Francisova	70 - 500
Propelerska	600 - 900
Kaplanova	350 - 1000
Peltonova	10 - 35
Bankijeva	20 - 90

Slika 12: Vrednost specifičnih lastnosti za posamezne turbine (Medved in Novak, 2000)

S določitvijo specifične hitrosti izberemo tip turbine, velikost turbine izberemo glede na pričakovano moč. Pričakovano moč določimo na osnovi razpoložljivega pretoka neto padca vodotoka.

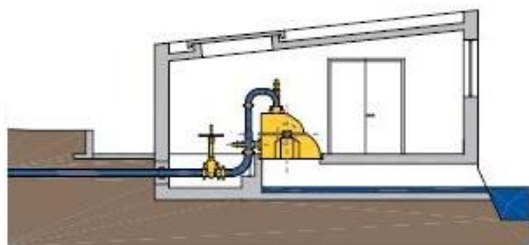
Instalirani pretok je pretok pri katerem določimo moč turbine. Osnovo za njegovo določitev dobimo iz krivulje trajanja pretoka vodotoka. Če želimo, da mala hidroelektrarna z visokim izkoristkom deluje skozi vse leto, je potrebno instalirani pretok izbrati blizu dvanajstmesečnega pretoka za reakcijske turbine. (Medved in Novak, 2000).



Slika 13: področja uporabnosti različnih tipov turbin v odvisnosti od instaliranega pretoka in neto padca vodotoka (Medved in Novak, 2000)

Peltonova turbina

Peltonova turbina je lahko izdelana s horizontalno ali vertikalno cevjo. Pri vertikalni izvedbi se lahko na en gonilnik namesti več šob. Njihova prednost je v tem, da ne potrebujejo veliko prostora, da so primerne za uporabo pri velikih spremembah pretokov, da imajo večjo izbiro načinov regulacije števila vrtljajev. Turbina se mora vrteti v zraku, paziti je potrebno, da je ne doseže spodnja voda. Uporabljajo se za velike padce in majhne pretoke (Štular et al., 1986).



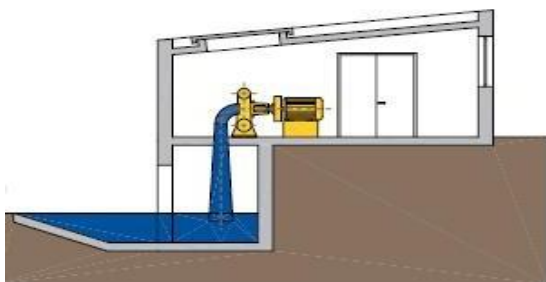
Slika 14: Peltonova turbina (vir: Hydro-Hit, 2016)

Francisova turbina

Francisova turbina je nadtlačna turbina radialno-aksialnega tipa. Primerna je za srednje pretoke in srednje padce. Pretok vode in smer toka glede na lopatice gonilnika določajo moč turbine (Podgoršek in Vrtačnik, 2011).

Pri Francisovih turbinah poznamo turbine v jašku z navpično gredjo in spiralne turbine z vodoravno gredjo. Pri prvih vodo dovajamo k turbini v odprtem kanalu. Voda v turbino vstopi skozi vodilnik. Odda svojo moč gonilniku in se po sesalni cevi spusti v spodnjo vodo. Vrtilna hitrost teh turbin je navadno majhna in ima velike gonilnike, da manjši padec nadomestijo z velikim pretokom. Pri spiralnih turbinah z vodoravno močjo voda do turbine priteče po cevovodu. Prednost je, da je turbina na suhem in dostopna od vseh strani (Jerkovič, 1996).

Ta tip turbine je v praksi najpogosteje uporabljen tip turbin v malih hidroelektrarnah (Štular et al., 1986)



Slika 15: Francisova turbina (vir: Hydro-Hit, 2016)

Propelerska turbina

Propelerske turbine so primerne za majhne padce, kjer je za moč turbine pomemben le pretok. Za male hidroelektrarne so najprimernejše propelerske turbine v cevni izvedbi z izvlečeno cevno gredjo, imenujejo jo tudi S-turbina s (Jerkovič, 1996).

Oblika gonilnika je podobna ladijskemu propelerju s tremi do petimi lopaticami. Pri malih hidroelektrarnah se ponavadi uporabljajo turbine z nepremičnimi vodilnimi lopaticami in z nepremičnimi lopaticami na gonilniku. To pomeni da možnosti regulacije pretoka skozi turbino ni. Turbina lahko deluje samo pri polni obremenitvi in v primeru da vode ni dovolj se ustavi (Štular et al., 1986).

Bankijeva turbina

Po delovanju so zelo podobne Peltonovim turbinam. Voda do turbine priteka po cevovodu, ki se konča s šobo, kjer voda pridobi na svoji hitrosti in jo zapusti s curkom pravokotnega preseka. Curek poševno pada na gonilnik, kjer odda svojo moč. Turbino reguliramo s spreminjanjem izstopnega preseka šobe. Bistvena prednost Bankijevih turbin je enostavnost izdelave (Štular et al., 1986).

Imajo ugoden izkoristek že pri majhnih obremenitvah. Druga prednost je široka možnost njihove uporabe, saj deluje pri padcih od 2 do 150 m in pretokih 20 do 2500 l/s (Jerkovič, 1996).

Kaplanova turbina

Se ne uporablja za male hidroelektrarne. Uporabljajo se za majhne padce (do 70m) in velike količine vode. Obratuje na območju nad 160 vrtljajev na minuto in ima lahko gibljive ali fiksne rotorske palice. V zadnjem obdobju se vgrajujejo horizontalnim vtokom vode na lopatice (Rožman, 2012).

6.4 Postopki izgradnje male hidroelektrarne

Posamezniki ali podjetja se zaradi različnih razlogov odločijo investirati v izgradnjo proizvodnih naprav za pridobivanje električne energije iz obnovljivih virov. Nekateri v tem vidijo poslovno priložnost, drugi energetska neodvisnost, tretji zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov, vsi pa morajo skozi dolge in zapletene postopke pridobivanja dovoljenj in soglasij iz najrazličnejših področij.

Postopki za izgradnjo male hidroelektrarne (ApE et al., 2012):

1. **KORAK** preden se investitor odloči za gradnjo potrebuje ustrezne informacije.
 - **Lokacijska informacija** – za potencialnega investitorja ni obvezna, je pa priporočljiva. Lokacijska informacija določa pogoje in merila za načrtovanje naložbe. Izda jo občina v skladu s predpisi o upravnem postopku, investitor mora zato plačati upravno takso
 - **Pridobitev mnenja o možnosti vključitve v omrežje** – pred odločitvijo o gradnji je priporočljivo pridobiti mnenja o možnosti, da se načrtovana naprava lahko priključi na javno elektrodistribucijsko omrežje. Upravljevec elektrodistribucijskega omrežja tako poda osnovne pogoje za priključitev proizvodne naprave v skladu z izračunanimi parametri omrežja.
 - **Analiza primernosti lokacije** – investitor lahko s pomočjo strokovnjakov na izbrani lokaciji izvede meritve, ki podajo oceno primernosti lokacije. Analiza je zelo priporočljiva, saj je ekonomska upravičenost načrtovanega projekta odvisna od naravnih danosti na izbrani lokaciji.

- **Idejna zasnova, projekt in študija izvedljivosti** – z vsemi tremi utemeljimo namero izgradnje projekta iz tehničnega, ekonomskega in okoljskega vidika. Te analize opredeljujejo optimalno rešitev proizvodne naprave s pripadajočo opremo, način priključitve, moč naprave in ekonomski vidik projekta. Za investitorja je pomemben ekonomski del, ki predstavlja vračilno dobo investicije, interno stopnjo donosa in neto sedanjo vrednost, ki investitorju omogoča odločitev o primernosti objekta. Čeprav izdelava idejne zasnove, projekta in študija izvedljivosti pomenijo dodatne stroške, je postopek smiseln za zahtevnejše projekte in za pridobitev posojil pri bankah.
- **Odločitev o gradnji** – na podlagi zgoraj opisanih analiz in informacij, se investitor lahko lažje odloči o smiselnosti svoje naložbe.

2. KORAK zajema postopke o pridobivanju dovoljenj.

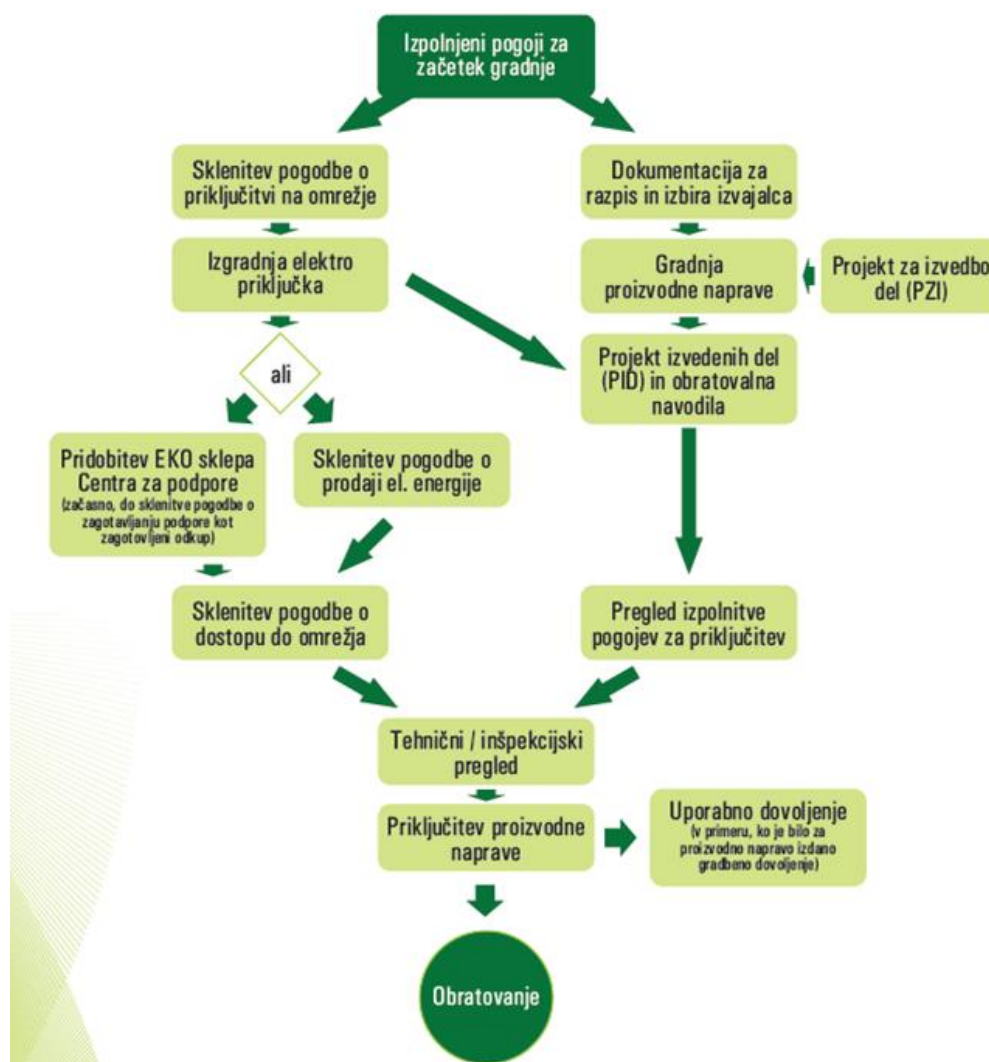
- **Energetsko dovoljenje** – naprave do 1MW nazivne moči po Energetskem zakonu ne potrebujejo energetskega dovoljenja. Za močnejše naprave energetsko dovoljenje izda Ministrstvo za infrastrukturo, v njem pa predpiše pogoje in vsebino vloge za izdajo energetskega dovoljenja. Energetsko dovoljenje mora investitor pridobiti pred gradbenim dovoljenjem, vsebuje pa vrsto objekta, lokacijo, območje, način in pogoje opravljanja energetske dejavnosti ter obveznosti imetnika energetskega dovoljenja.
- **Specifična dovoljenja** – v primeru hidroelektrarne, ki bo priključena na javno elektrodistribucijsko omrežje, Zakon o vodah določa pridobitev koncesije za energetsko izrabo vodotoka. Če hidroelektrarna ne bo priključena na javno električno omrežje je potrebno pridobiti vodno dovoljenje. Pridobitev, oziroma izdana koncesijska pogodba je pogoj za začetek postopka pridobivanja projektnih pogojev (informacije o pogojih gradnje, ki vplivajo na vodni režim), vodnega soglasja in gradbenega dovoljenja. Kadar je za investicijo potrebno izvesti obvezno presojo vplivov na okolje, mora investitor pridobiti okoljevarstveno soglasje. Presoja vplivov na okolje je potrebno izvesti za proizvodne naprave za hidroenergijo z nazivno močjo večjo od 1 MW. Potrebno dokumentacijo lahko izdelajo le za to področje specializirane institucije. Na podlagi predložene dokumentacije o presoji vplivov na okolje, Agencija RS za okolje izda okoljevarstveno soglasje.
- **Vloga in pridobitev projektnih pogojev** – projektne pogoje izda pristojno elektrodistribucijsko podjetje v imenu Systemskega operaterja distribucijskega omrežja (SODO). Projektni pogoji morajo biti določeni za objekte, ki se pri umeščanj v prostor približujejo varovalnemu pasu obstoječih elektroenergetskih omrežij. Vloga mora vsebovati tudi grafični prikaz predvidene umestitve proizvodne naprave v prostor.

- **Vloga in pridobitev soglasja za priključitev proizvodne naprave na elektrodistribucijsko omrežje** – pristojno elektrodistribucijsko podjetje v imenu Sistemskega operaterja distribucijskega omrežja izda soglasje za priključitev po upravnem postopku na podlagi vloge investitorja. V vlogi mora biti tehnična dokumentacija za gradnjo proizvodne naprave, ki bo vsebovala vse potrebne podatke, na osnovi katerih bo SODO v soglasju za priključitev določil načine vključevanja proizvodne naprave in tehnične pogoje. Zakon o upravnem postopku določa, da se soglasje za priključitev glede na zahtevnost načina priključitve lahko izda po skrajšanem ali ugotovitvenem postopku. Pri ugotovitvenem postopku je potrebno sklicati javno obravnavo, kamor so poleg investitorja vabljeni vse morebitne stranke v postopku določene s strani Sistemskega operaterja distribucijskega omrežja.
- **Gradbeno dovoljenje** – Zakon o graditvi objektov obsega gradnjo novih objektov, odstranitev objektov, rekonstrukcij in spremembe namembnosti. Glede na zahtevnost objektov se ti delijo na zahtevne, manj zahtevne, nezahtevne in enostavne objekte.
- **Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja** – v primeru, da je za gradnjo proizvodne naprave potrebno gradbeno dovoljenje, mora projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja izdelati za to pooblaščenno podjetje. Izdelani projekt skupaj z vsemi soglasji investitor vloži na pristojno upravno enoto.
- **Dokazilo o razpolaganju z zemljiščem** – investitor mora predložiti dokazila o lastništvu ali služnosti zemljišča, na katerem je načrtovana proizvodna naprava za pridobivanje električne energije.



Slika 16: Shema pridobitve potrebnih dovoljenj in soglasij za izgradnjo proizvodnih naprav (vir: ApE, Borzen, SODO, 2012)

3. KORAK je postopek izgradnje proizvodne naprave.



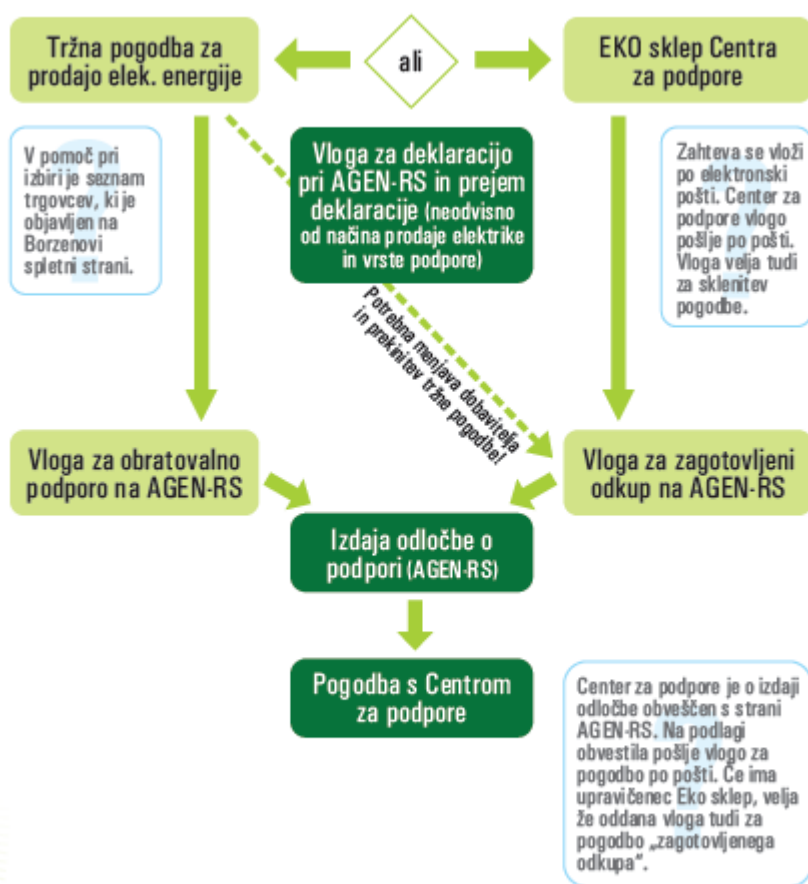
Slika 17: Shema izgradnje proizvodne naprave in priključitev na omrežje (vir: ApE, 2012)

- **Dokumentacija za razpis in izbira izvajalca** – pri izbiri ponudnika opreme in izvajalca del je priporočljivo izdelati razpisno dokumentacijo, v kateri so navedeni vsi podatki, ki jih ponudnik potrebuje za izdelavo ponudbe. Te podatke kasneje potrebujemo za primerjavo več ponudb med seboj in sklenitev pogodbe za izvedbo.
- **Strokovno usposabljanje za upravljanje energetskih naprav** – Pravilnik o strokovnem usposabljanju in preizkusu znanja za upravljanje energetskih naprav (UL RS, št. 41/2009) določa, da morajo upravljalci vodnih turbin z nazivno močjo več kot 500 kW opraviti strokovno usposabljanje in strokovni izpit. Za manjše naprave morajo upravljalci poznati navodila za varno in tehnično pravilno obratovanje, ukrepe za racionalno rabo energije in tehnične predpise za napravo.

- **Sklenitev pogodbe o priključitvi na omrežje** - investitor in pristojno elektrodistribucijsko omrežje skleneta pogodbo o priključitvi, v kateri se opredeli lastništvo priključka, način neposrednih povprečnih stroškov, vzdrževanje priključke ter morebitno povračilo stroškov povezanih z ojačitvijo distribucijskega omrežja.
- **Projekt za izvedbo** – predstavlja osnovo na kateri bo izvajalec del gradil proizvodno napravo, projekt vsebuje načrte podrobnejših tehničnih rešitev in detajlov.
- **Gradnja proizvodne naprave** – čas gradnje je določen v pogodbi. Izvajalec mora na osnovi projektnih pogojev in soglasja za priključitev izvesti merilno-ločino mesto, izdati navodila za obratovanje in izdelati projektno dokumentacijo.
- **Izgradnja priključka** – vsaj osem dni pred začetkom del na priključku, mora izvajalec obvestiti pristojno elektrodistribucijsko podjetje, ki mora izvajati nadzor nad izgradnjo priključka.
- **Projekt izvedenih del in obratovalna navodila** – je nujno potreben za pridobitev uporabnega dovoljenja. V obratovalnih navodilih so napotki za obratovanje in vzdrževanje v obdobju obratovanja naprave.
- **Pogodba o nakupu in prodaji električne energije ali sklep Centra za podpore o vstopu v Eko skupino** – aktivnosti za prodajo električne energije v omrežje mora investitor opraviti že pred samo priključitvijo v omrežje. Lahko se odloči za zagotovljen odkup ali prodajo električne energije na trgu.
- **Vloga in pregled izpolnitve za priključitev**- vlogo investitor odda elektrodistribucijskemu podjetju. Zraven priloži vse sklenjeno pogodbo o nakupu in prodaji električne energije, vse zahtevane priloge ali sklep o vstopu v bilančno skupino Centra za podpore. V primeru enostavne naprave, za katero ni bilo potrebno gradbeno dovoljenje, mora investitor vlogi priložiti izpolnjen obrazec, določen v Prilogi 2 Uredbe o elektroenergetski infrastrukturi. V njem investitor poda izjavo, da gre za enostavno napravo in da so bile pri montaži upoštevane zahteve 23/a člena Uredbe o elektroenergetski infrastrukturi.
- **Sklenitev pogodbe o dostopu do elektroenergetskega omrežja** – elektrodistribucijsko omrežje pregleda in uskladi vezavo, nastavitve merilno-krmilnih naprav, pri trifaznih priključkih pa še smer vrtilnega polja. Ko so vsi pogoji izpolnjeni in pregled naprave ter priključka uspešno opravljen, se sklene pogodba o dostopu do elektrodistribucijskega omrežja.
- **Tehnični inšpekcijski pregled** – po vlogi investitorja pristojni inšpektor izvede tehnični ali inšpekcijski pregled. Ob pregledu morajo biti prisotni izvajalci del in predstavnik elektrodistribucijskega podjetja. Na koncu se izdelata zapisnik z vso potrebno dokumentacijo.

- **Uporabno dovoljenje** – za tiste naprave, za katere je potrebno gradbeno dovoljenje, upravni organ na osnovi tehničnega pregleda proizvodne naprave izda uporabno dovoljenje.
- **Priključitev na elektrodistribucijsko omrežje** – elektrodistribucijsko podjetje priključi proizvodno napravo na omrežje in investitorja ustno opozori, da bo naprava pod napetostjo.

4. KORAK je postopek pridobitve podpore. Podporo lahko prejme nekdo, ki mu je bila dodeljena odločba o dodelitvi podpore.



Slika 18: Shema postopka pridobitve podpore (vir: ApE, Borzen, SODO, 2012)

Upravičenec se lahko odloči za več vrst podpor.

- Obratovalno podporo, pomeni prodajanje električne energije po tržni ceni.
- Zagotovljeni odkup pomeni, da ima upravičenec te vrste podpore zagotovljen odkup in lahko elektrodistribucijskemu podjetju izstavlja račun po ceni zagotovljenega odkupa.

- Pridobitev Sklepa o vstopu v bilančno skupino Centra za podpore (Eko sklep), kjer mora upravičenec v vlogi za pridobitev odločbe o prejemanju podpore obvezno izbrati zagotovljen odkup.

Upravičenec lahko prejema le eno vrsto podpore hkrati. Pravico do podpore zagotovljenega odkupa ali obratovalne podpore imajo naprave za pridobivanje električne energije iz obnovljivih virov do moči 1 MW, večje lahko prejemajo samo obratovalno podporo.

Spremembe načina zagotavljanja podpore, določanje višine podpore in spreminjanje višine podpore ureja Agencija za energijo Republike Slovenije.

7 VPLIV ZAJEZITEV IN ODVZEMOV VODA NA VODNE EKOSISTEME

Ko človek s svojimi posegi zajezi ali odvzame vodo iz vodotoka, lahko pride do izgube dristišč in drugih življenjskih prostorov, izgublja se pestrost obrečne in vodne vegetacije, spreminja se odtočni režim, ki je odvisen tudi od količine odvzete vode za proizvodnjo električne energije in ne več od naravnih procesov taljenja snega, poplav in suš. Prihaja do sprememb v pretočnih režimih vode, do nihanja nivoja vode, prekinejo se migracijske poti za ribe in druge vodne organizme, prekine se naravni transport sedimentov, spremenijo se fizikalno-kemijski parametri vode, prekine se prenos hranilnih snovi, izginjajo naravni habitati, v nekaterih primerih je lahko ogrožen obstoj posamezne vrste (Smolar-Žvanut et al., 2008).

Sledijo še spremembe strukture plavin, oblike struge in spremembe v združbi fitobentosa in makrofítov. Če so spremembe v naravnem okolju zelo velike in se zgodijo v kratkem času, se lahko ravnotežje v vodnem ekosistemu podre in nepovratno spremeni. Ob teh spremembah je najbolj prizadet litoralni del, ki ima glavno vlogo pri samočistilni sposobnosti vodotokov (Smolar-Žvanut et al., 2005).

Najizrazitejše okoljske spremembe v strugi vodotoka, dolvodno od jezua, za malo hidroelektrarno so:

- gladina v strugi se zniža,
- hitrost vodnega toka se zmanjša,
- povečano odlaganje proda in mulja,
- večja obremenitev vodotoka z odpadnimi vodami,
- povečajo se temperaturni ekstremi,
- spremeni se vsebnost kisika v vodi,
- vplivi na rečno in obrežno krajino,
- zniža se nivo podtalnice,
- kvantitativna in kvalitativna sprememba flore in favne (Medved in Novak, 2000).

7.1 Vpliv odvzemov voda na hidrologijo, hidravliko in morfologijo

Odvzemi vode ne vplivajo samo na količino in dinamiko vodnega toka, vplivajo namreč tudi na morfološke spremembe, predvsem na spreminjanje globine in širine struge, spremembe v strukturi in substratu struge vodotoka ter strukture obrežnega pasu. Zaradi zajezitve ali odvzema voda se prekine vzdolžna povezanost vodotoka, s tem je onemogočen prehod za ribe in ostale vodne organizme ter prekinjen je transport plavin in plavja. Morfološke spremembe lahko vodijo v spremembe strukture in funkcije vodnih in obvodnih ekosistemov, poleg tega onemogočajo doseganje ciljev upravljanja z vodami (MOP, 2014).

Na hitrost, globino in širino vodnega toka vplivajo padec dna struge, hrapavost struge ter oblika in velikost prereza struge. Hitrost vode se z večanjem padca dna povečuje in z večjo hrapavostjo dna zmanjšuje. Večja kot je moč vode, z večjo hitrostjo in večjo globino toka, večje delce lahko odnaša s seboj. Zgradba rečnega korita je odvisna od hitrosti toka in turbulence, ki povzročata izplakovanje podlage, premikanja proda, odlaganja peska, glin in organskega blata (Tarman, 1992).

V vodotoku potekata dva osnovna geomorfološka procesa: erozija in sedimentacija. Z zaježitvijo vodotoka prekinemo dotok plavin iz zaledij v dolinske vodotoke. Prekinjen dotok plavin ali dotok neustrezne zrnastostne sestave iz povirij, onemogoča vzpostavljanje naravnega ravnovesja strug in povzroča delno ali celo popolno nezasičene vodne tokove. Prekinjen dotok plavin onemogoča obnavljanje dna strug, to pa zmanjšuje samočistilno sposobnost vodotoka. Pomembna negativna posledica prekinjenega dotoka plavin je zamuljevanje dna struge. Prihaja namreč do povečanega dotoka drobnozrnatih plavin, ki se ob zmanjšani hitrosti toka usedajo na dno. Če se zamuljena plast vsaj občasno ne spere, pride do prekinitve povezave med površinskimi in podzemnimi vodami. Stalna povezava med površinskimi in podzemnimi vodami je zelo pomembna za obstanek in razvoj vodnih in obvodnih ekosistemov (Mikoš, 1995).

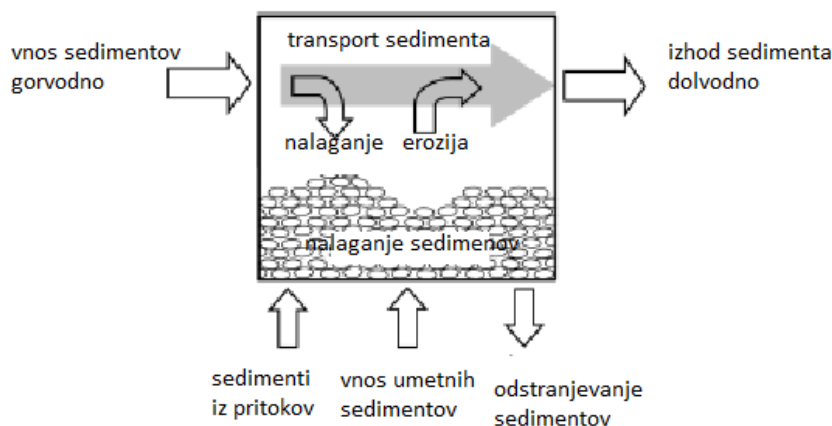
Gorvodno se hitrost vode z zaježitvijo močno zmanjša, kar povzroči usedanje sedimentov, zmanjša se turbulentnost in s tem količina kisika v vodi. Nalaganje sedimentov gorvodno od pregrad je odvisno od topografije, hidrologije, geologije, vegetacijskega pokrova in tudi od podnebnih sprememb, ki vplivajo na hitrost erozije. Sedimentacija vpliva na zmanjšanje prostornine akumulacije, v določenih primerih pa tudi na delovanje male hidroelektrarne. Pomembna elementa za oceno hitrosti sedimentacije v akumulacijah sta učinkovitost njihovega polnjenja in prostorski ter časovni razvoj sedimentacije v njih. V vzdolžni smeri se v akumulaciji oblikujejo tri značilne sedimentacijske cone. V zgornjem odseku se nalagajo bolj grobozrnati sedimenti, v srednjem delu se velikosti zrn plavin zmanjšujejo, v spodnjem delu, tik ob sami konstrukciji se nalagajo najbolj drobnozrnati sedimenti (Papež et al., 2015).

Zaradi vzdrževanja prostornine akumulacije, je potrebno sedimente odstranjevati. Pri manjših in srednje velikih akumulacijah, je najučinkovitejši način izpiranje sedimentov. Postopek ni zahteven, izguba količine vode v akumulaciji pa ni velika. Se pa zaradi izpusta večjih količin sedimentov poveča hitrosti vodnega toka in erozija brežin dolvodno od zaježitve. Če premostitvena zmogljivost ni dovolj velika, se začnejo sedimenti kopičiti na dnu struge in v plitvinah, kar pa negativno vpliva na habitate pod pregrado (Kolman et al., 2010).

Priporočila za doseganje čim manjših negativnih posledic v alpskih rekah so (Papež et al., 2015):

- redno izpiranje ob visokih pretokih (med poletnim časom, ne pozimi, ko je že tako nizek pretok in ne med sezonami drstenja ali takoj po njih,)

- upoštevanje naravne motnosti,
- izboljševanje transporta sedimentov na obstoječih in načrtovanih hidroelektrarnah,
- spremljanje in nadzor raztopljenih snovi.



Slika 19: Dejavniki in procesi, ki vplivajo na proces sedimentacije (vir: Papež et al. 2015)

Pod pregrado ali za odvzemom vode za delovanje male hidroelektrarne se spremenjen hidrološki režim odraža v zmanjšanem pretoku vode, hitrosti vodnega toka, globini vode in v spremenjeni krivulji trajanja pretokov.

V primeru rezervoarja je njegov učinek na vodni tok odvisen od volumske kapacitete rezervoarja in načina delovanja male hidroelektrarne. Z oddaljevanjem od pregrade se negativni učinki zaježitve zmanjšujejo. Hidrološke spremenljivke pretoka, vključno z obsegom, trajanjem in pogostostjo so ključnega pomena, za preživetje vodnih in obvodnih organizmov pod pregrado. Selitev nevretenčarjev in rib potoku navzdol, omogočajo manjši poplavni dogodki. Poplave omogočajo ustvarjanje in ohranjanje različnih habitatov. Naravni pretoki omogočajo večjo raznolikost rečnih ekosistemov, ti pa se precej razlikujejo od tistih, ki so prilagojeni na pretoke reguliranih vodotokov (Bergkamp et al., 2000).

Problem sedimentacije pod pregrado je ravno obraten, kot nad njo. Ob spuščanju vode se sprošča veliko energije in ker je sedimentov malo ali jih sploh ni, se višek sproščene energije porabi za erozijo posteljice dna. V alpskih rekah sta poglobljanje dna in oženje, struge prevladujoča posledica prekinitev premeščanja sedimentov. Študije na rekah v Toskani (Rinaldi, 2003) in drugih italijanskih rek (Surian in Rinaldi, 2003) so to tudi potrdile. Magnituda poglobljanja je odvisna od načina delovanja hidroelektrarne, lastnosti brežin, velikosti zrn v posteljici dna in zaporedja poplav po izgradnji prečne

pregrade na vodotoku. Poglobljanje dna je najbolj izrazito v rekah z drobnozrnato posteljico in kjer so vplivi poplavnih valov relativno majhni (Williams and Wolman, 1984).

Sedimentacija postopno spremeni lastnosti vode in substrata. Na spremembe vplivajo specifične lastnosti porečja, začetna volumska zmogljivost rezervoarja, karakteristike vtoka in ravnanja z odloženimi sedimenti. Porazdelitev sedimentov v akumulaciji je lahko zelo različna. Dejanski vzorec vode lahko vpliva na gibanje vode v rezervoarju, s tem posledično na stratifikacijo in kakovost vode (Bergkamp et al., 2000). Substrat ima veliko vlogo pri kroženju snovi v vodnih ekosistemih. Sodeluje pri izmenjavi snovi z vodo, vpliva na transport nutrientov in odpadnih snovi. Velikost in vrsto substrata poleg hidroloških razmer določajo tudi erozijski procesi (Urbanič in Toman, 2003).

7.2 Vpliv odvzemov na fizikalno-kemijske parametre

Temperatura vode je pomemben regulator fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov. Pri tekočih vodah je bilanca vode najbolj odvisna od geomorfoloških značilnosti vodotoka (globina, širina, oblika dna). Nižje temperature vplivajo na boljše raztapljanje kisika v vodi. Poleg tega temperatura določa biokemične in fiziološke procese vodnih mikroorganizmov, vpliva na sorbcijo organskih snovi na raztopljene delce in izhlapevanje. Temperatura je nižja pri izviri in se po toku navzdol povečuje, v zimskem času je stanje lahko obratno (Tarman, 1992).

Najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na temperaturo vode, je razmerje med površinsko in podtalno vodo. Površinsko vodo segreje sonce, medtem ko podtalna ostaja hladna, na nivoju povprečne temperature prispevne površine. Največje temperaturne spremembe so v poletnem času, pozimi vodotoki ponavadi oddajajo toploto. Ko se z okoljem vzpostavi temperaturno ravnotežje, je temperaturna bilanca odvisna le od vpadne in oddajne radiacije (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008). Zaradi odstranjene obrežne vegetacije in s tem posledično manjšega senčenja, se temperatura površinske vode poveča. Višje temperature vode, erozije bregov in povečan vnos drobnega substrata s prispevnih površin, povzročajo izgube obrežnih habitatov (MOP, 2014).

Fizikalno strukturo vode, poleg temperature določa tudi svetloba. Globina do katere prodre svetloba, je odvisna od barve in motnosti vode (Urbanič in Toman, 2003). Svetloba pomembno vpliva na stopnjo primarne produkcije. Ločimo fotično (presvetljeno) cono, v kateri je pozitivna stopnja primarne produkcije in afotično (brez svetlobe) cono, v kateri potekata samo poraba in razgradnja organskih snovi (Toman, 2008).

Kemijski parametri, kot so vsebnost kisika v vodi, vsebnost nitratov, nitritov in amonija, ogljikov dioksid, fosfor ter dušik, so pomembni pokazatelji stanja pri vrednotenju kakovosti vodotokov.

Koncentracija prostega kisika je odvisna od fizikalnih, kemijskih in biotskih procesov v vodi. Njegova količina se spreminja v odvisnosti od temperature, atmosferskega tlaka, turbulence, slanosti, fotosintezne aktivnosti in porabe kisika aktivnih združb v vodi. Z višanjem slanosti in temperature se

vsebnost prostega kisika v vodi zmanjšuje. V vodah iz akumulacij, ki so onesnažene, je veliko hranilnih snovi. Zaradi večje mikrobne aktivnosti, koncentracija kisika pade. Kadar je koncentracija kisika izredno nizka, se pojavijo anoksične razmere (Urbanič in Toman, 2003). V letih 1998 in 1999 so na reki Soči na območju odzema za HE Doblar in HE Plave ocenjevali vpliv na odvzem vode v času nizkih pretokov. Zaradi zmanjšane hitrosti je bila izmerjena temperatura pod pregrado kar za 6,7 °C višja kot na primerjalnem odvzemnem mestu (Smolar-Žvanut et al., 2001).

Dušik, ogljik in fosfor so nutrienti, ki odločilno vplivajo na primarno produkcijo v vodnih ekosistemih (Tome, 2006). Zmanjšana količina vode povečuje vpliv onesnaženja, ker so koncentracije onesnaževal v manjših količinah vode večje (MOP, 2014).

7.3 Vpliv odvzemov na alge in vodne rastline

Fitobentos je s prisotnostjo in odsotnostjo določenih vrst, zelo uporaben pokazatelj prizadetosti vodnih ekosistemov. Poleg tega, je fitobentos pogosto uporabljen za vrednotenje kakovosti ekološkega stanja voda, ker je njegovo vzorčenje enostavno, predvidljivo in hkrati zelo hitro reagira na spremembe kakovosti vode (MOP, 2016). Raziskave na reki Soči, v času nizkih voda, so pokazali, da je zaradi odvzema vode pod pregrado Podsela prišlo do spremembe v pogostosti in vrstni sestavi perifitonskih alg. Velikosti sprememb v združbi perifitonskih alg pomenijo, da pod pregradami ni bil zagotovljen Qes (Smolar-Žvanut et al., 2001).

Makrofiti so vodne rastline, ki jih v vodi vidimo s prostim očesom. Delimo jih glede na način pritrjevanja in sicer na potopljene, plavajoče in emerzne makrofite. V rekah z velikim številom makrofitov, so večje in bolj raznovrstne nevretenčarske populacije, v primerjavi s tistimi odseki vodotokov, kjer makrofitov ni. Makrofiti predstavljajo zaščito ribam in nevretenčarjem, na rečnih bregovih omogočajo gnezdenje velikemu številu ptic, s svojimi koreninami utrjujejo strugo in brežine vodotokov, upočasnjujejo vodni tok in s tem pomagajo pri samočiščenju vodotoka (strupene snovi, hranila in tudi bakterije se v delih s počasnejšim vodnim tokom usedajo in se tu zadržijo ali celo razgradijo), vplivajo na kemizem vode (podnevi sproščajo kisik in porabljajo ogljikov dioksid, ponoči je proces ravno obraten). Makrofiti imajo v uravnoveženih vodnih sistemih zelo pomembno vlogo in so nepogrešljivi (Germ, 2009).

Makrofiti so biološki element vključen v sistem klasifikacije ekološkega stanja površinskih voda (Germ et al., 2009). Ko v vodnem telesu pride do sprememb, se makrofitska združba nanje odzove s spremembo vrstne sestave in pogostosti posamezne vrste. Gostota vrstne sestave se lahko spremeni razmeroma hitro, spremembe vrstne sestave so počasnejše. Odsotnost določenih vrst, ni nujno povezana s človeškimi posegi v vodni ekosistem, lahko je le posledica naravnih omejitev (pomanjkanje svetlobe, globina vode, hitrost vodnega toka, kalnost in drugih) (MOP, 2016).

7.4 Vpliv odvzemov voda na vodne živali

Odvzemi in zajezitve voda za potrebe hidroenergije, so povezani z vrsto posegov v vodne in obvodne ekosisteme. Zmanjša se število habitatov, lahko pride do uničenja posameznih habitatov, prekinejo se selitvene poti za ribe in druge vodne organizme (Kolman, 2010).

Ribe so pokazatelj stanja vodnega okolja, saj so različne vrste različno občutljive na spremembe življenjskega okolja. Ovrednotenje vodnega okolja s pomočjo poznavanja ribjih populacij je mogoče, ker ribe naseljujejo različne vodne habitate, živijo več let, njihov življenjski prostor je na daljšem odseku in so zelo opazna komponenta vodne združbe (Povž in Kryžanowski, 2006).

Migracije rib so vedenjski vzorec in aktivno gibanje rib med dvema različnima habitatoma. Ponavadi se pojavljajo redno, vsako leto, ob točno določenem času. Ob posegih v vodni prostor, je po nekaterih ocenah prizadetih 18 % evropskih ribjih vrst (Povž, 2005). Ribe lahko zaradi sprememb v hitrosti toka, zaradi pregrade ali odvzema, izgubijo orientacijo. Spremenjeno razmerje med širino in globino vodotoka, zmanjša število habitatov in s tem spremeni sestavo vrst (Papež, 2015).

Združbo bentoških nevretenčarjev predstavljajo organizmi večji od 1 mm. Najznačilnejši predstavniki skupine so polži, školjke, vrtinčarji, maloščetinci, pijavke, raki in žuželke. Bentoške nevretenčarje pogosto uporabljamo pri vrednotenju kakovosti voda, ker odražajo celotne ekološke razmere obravnavanega vzorčnega mesta, vključno s fizikalnimi lastnostmi. So pokazatelj organskega in anorganskega onesnaženja, toksičnosti, kislosti, morfoloških sprememb vodnih habitatov in pokazatelj zmanjšane količine vode. Prednost združbe bentoških nevretenčarjev pred ostalimi vodnimi vrstami je predvsem v velikem številu vrst, ki so različno občutljive na onesnaževala, v tem, da so prisotni v vseh tipih voda, da so relativno pogosti, njihovo vzorčenje in določanje višjih taksonov je enostavno ter imajo relativno dolgo življenjsko dobo (Urbanič in Toman, 2003). Posledice zmanjšane pretoka zaradi odvzema vode in nizke kakovosti vode, se kažejo kot velik primanjkljaj skupin vodnih nevretenčarjev (Smolar – Žvanut, et al., 2003).

Pod pregrado ali za odvzemom, pride do poglobljanja in oženja struge, kar posredno in neposredno vpliva na raznolikost nevretenčarjev, rib, ptic in sesalcev. Zmanjšanje količine vode, pomeni zmanjšanje populacij. Nekatere vrste obdobja nizkih pretokov preživijo v pritokih ali rečnih bazenih. Zaradi plitvejšee globine in majhnega življenjskega prostora, se njihovo preživetje zmanjša na račun plenilcev (Bergkamp et al., 2000).

7.5 Ukrepi za zmanjšanje vplivov na okolje

Vodna direktiva zahteva nadzor nad odvzemanjem tako površinske kot podzemne vode in nadzor nad zajezevanjem površinskih vodotokov. V skladu z vodno direktivo je potrebno vzpostaviti nadzor, ki zagotavlja, da so hidromorfološki parametri vodotokov, v skladu z doseganjem zahtevanega ekološkega stanja (MOP, 2014).

Med ukrepe za zmanjšanje negativnih vplivov na okolje spadajo ohranjanje strug in vodnih režimov v naravnih vodotokih, zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka, ohranjanje ali obnova migracijskih poti (tako v strugi kot tudi z obrežno vegetacijo), vzdrževanje voda in brežin na sonaraven način, odvzem naplavin na osnovi prodne bilance in na mestih, kjer odvzem ne ogroža obstoja habitatov in ne ogroža obstoja posameznih vrst (MOP, 2014).

7.5.1 Ekološko sprejemljiv pretok

Ekološko sprejemljiv pretok (Qes) je tista količina vode, ki še zagotavlja ohranitev ekološkega ravnotežja v in ob vodnem svetu. Zadostna količina vode omogoča preživetje in razmnoževanje vodnih organizmov v vodnih habitatih (Smolar-Žvanut et al., 2008).

Ekološko stanje vodotokov po Direktivi vrednotimo na podlagi bioloških parametrov (fitobentos, fitoplankton, makrofiti, bentoški nevretenčarji in ribe), na podlagi hidromorfoloških parametrov in na podlagi fizikalno kemijskih parametrov (Urbančič et al, 2015). Določitev in zagotavljanje Qes je ena izmed najpomembnejših zaščit vodotoka, v primeru odvzema vode in eden izmed poglavitnih ukrepov za izboljšanje stanja, v okviru načrta upravljanja voda (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008). Na strukturo vodnih in obvodnih združb organizmov močno vplivajo tudi ekstremni dogodki. Visoke vode ob poplavnih dogodkih omogočajo selitve vodnih organizmov po toku navzdol in omogočijo povezanost s habitatimi poplavnih ravnin. Ekološko sprejemljiv pretok pomeni ohranjanje vodnega in obvodnega ekosistema, zato samo upoštevanje hidroloških parametrov ni dovolj. Določevanje Qes mora potekati interdisciplinarno na podlagi hidravličnih, hidroloških, ekoloških, bioloških, morfoloških in fizikalno kemijskih parametrov. Za določevanje je na voljo več metod. Določeno metodo izberemo na podlagi razpoložljivih podatkov in tipa problema, ki ga obravnavamo. Za določanje Qes večina držav Evropske unije, nima zakonsko opredeljenih metodologij, z izjemo Slovenije, Avstrije ter Bosne in Hercegovine. (Urbančič et al, 2015).

Slovenija ima zelo raznolike tipe vodotokov: nižinske, kraške, alpske in hudourniške. V donavsko porečje spada 80 % vodotokov, preostalih 20 % pa v jadranskega. Dolžina površinskih vodotokov meri več kot 26000 km, brez upoštevanja 7700 km aktivnih hudourniških kanalov. Ocenjeno je, da je na slovenskih vodotokih več kot 37000 odzjemov za pitno vodo, 440 za hidroenergijo, 290 za ribogojništvo, 40 za namakanje in 80 v industrijske namene. Večina odzjemov je za majhne vodotoke, za katere ni podatkov o pretokih. Zaradi tega je določevanje Qes zelo težko ali celo nemogoče. Od leta 1994 dalje, so se v Sloveniji začeli določevati ekološko sprejemljivi pretoki tako za tiste, ki so jim dovoljenja pretekla in so morali zaprositi za nova, kot za nove prosilce. Stroške določevanja je v višini 80 % pokrilo Ministrstvo za okolje in prostor, ostalih 20 % pa porabniki vode (Smolar-Žvanut et al., 2008).

Na podlagi Zakona o vodah, se Q_{es} določi v koncesijski pogodbi, vodnem dovoljenju ali v vodnem soglasju, na podlagi strokovnega mnenja. Določevanje poteka na podlagi metodologije določene v Uredbi o kriterijih za določitev ter načinu spreminjanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/09), izdelava jo pooblaščen oseba na stroške investitorja. V Uredbi se Q_{es} določi na podlagi hidroloških izhodišč, značilnosti odvzema vode, hidromorfoloških, hidroloških ter bioloških značilnosti in na podlagi podatkov o varstvenih režimih. Vrednosti srednjega in srednjega malega pretoka se pridobijo iz podatkov državnega monitoringa, ki ga izvaja ARSO (Urbančič, et al, 2015).

Q_{es} se na podlagi hidroloških parametrov določa po formuli :

$$Q_{es} = f \times sQ_{np}$$

Q_{es}ekološko sprejemljiv pretok (m^3/s)

sQ_{np}srednji mali pretok (m^3/s)

Določitev faktorja f (-) je odvisna od povratnega ali nepovratnega odvzema. Poleg tega je faktor f odvisen od dolžine oz. količine odvzema vode, velikosti prispevne površine (pri velikih prispevnih površinah na mestu odvzema vpliva tudi sQ_{np}), razmerja med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom. Q_{es} se lahko določi tudi na podlagi študije, ki jo potrdi Inštitut za vode Republike Slovenije, njena vsebina pa je opredeljena z Uredbo o Q_{es} . Študija je bolj celovita in ne temelji samo na hidroloških izhodiščih (Uradni list, 2009).

Na slikah 20 in 21 so prikazane vrednosti faktorja f (-) pri nepovratnem in povratnem odvzemu.

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

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

Slika 20: Vrednost faktorja f za izračun Q_{es} pri nepovratnem odvzemu (Uradni list, 2009)

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

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

Slika 21: Vrednost faktorja f za izračun Qes pri povratnem odvzemu (Uradni list, 2009)

7.5.2 Ribje steze

Vse ribe potrebujejo omogočeno gibanje med različnimi habitati v svojem življenjskem okolju. Vz dolžna povezanost vodotoka, ribam omogoča iskanje hrane, zavetja in dostop do drstišč. Ob gibanju posameznih vrst, poteka izmenjava genskega materiala, kar je pomembno za ohranjanje in razvoj vrst in prilagajanje posameznih vrst na spremembe (Kolman in Mikoš, 2010).

Ribje steze so omilitveni ukrep, ki zmanjšuje negativne vplive prekinjenih pretokov na ribe. V uporabi so različni tipi ribjih prehodov: ribja steza, ribje dvigalo, obtočni kanal. Potrebno je izbrati tak način, ki ustreza vsem ribjim vrstam, tudi tistim najmanjšim in najšibkejšim. Pomembno je izbrati primeren vhod v ribjo stezo, poiskati možnosti, za privabljanje rib za migriranje gorvodno po toku, upoštevati pretok v času selitve rib in proučiti vedenjske vzorce ribjih vrst (Kolman et al., 2010).

Tip ribje steze se izbere na podlagi podatkov o značilnostih območja, na podlagi bioloških podatkov in na hidroloških ter hidravličnih značilnostih vodotoka. Ribja steza je prehod vode okoli ali čez oviro na tak način, da so zagotovljeni ustrezni hidravlični pogoji in da ribe lahko pridejo čez oviro brez zadržkov, stresa in poškodb (Kolman in Mikoš, 2010).

7.5.3 Sonaravne ureditve

Sonaravne ureditve vodotokov so tisti ureditveni posegi, ki upoštevajo ekološke vidike. Cilj sonaravnega urejanja je doseči stanje vodotoka, ki v splošnem kaže pogoje, ki bi jih imel tudi brez vpliva človeškega posega v vodni in obvodni prostor. Zaradi pestrosti postopkov sonaravnega urejanja, je tak način ureditve primeren za skoraj vse vodotoke. Poleg tega, da upošteva ekološka načela urejanja, je pri sonaravnih ureditvah večja možnost izravnavanja odtokov voda, medsebojne povezave površinskih in podzemnih voda, s čimer se izboljša varstvo pred visokimi vodami. Poveča se tudi samočistilna sposobnost vodotokov. Sonaravno urejanje vodotokov zahteva manjšo porabo materialov, manjše gradbene stroške in potrebuje manj sredstev za vzdrževanje (Mikoš, 2007).

Tehnike sonaravnega urejanja izbiramo na tak način, da z ureditvijo lahko vzpostavimo določene funkcije in vrednote ekosistema. Osnovni namen je namreč ustvarjanje ekosistemskih pogojev za življenje določenih organizmov, združb in habitatov. Pri urejanju upoštevamo naravno stanje rečnih odsekov v bližini. Pri sonaravnem urejanju želimo vzpostaviti stanje, ko se bodo zgrajene strukture same vzdrževale. Umetne materiale uporabimo le v izjemnih pogojih (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Sonaravno urejen vodotok naj bi zagotavljal naslednje kriterije (Mikoš, 2007):

- različne pretočne globine vode,
- različne hitrosti vodnega toka,
- različne pretočne prereze,
- različne velikosti zrn plavin,
- obnovljene stare opuščene struge, rokavi in obrast,
- pestra vrstna sestava rastlinske vegetacije,
- pestra vrstna sestava dreves.

8 VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE IN PROGRAMSKA OPREMA HYPSE

V Evropski uniji sta v veljavi dve direktivi, ki sta si na področju voda v navzkrižju. Direktiva 2009/28/ES o OVE in glavna direktiva s področja urejanja voda Direktiva 2000/60/EC. Cilj prve je povečati proizvodnjo električne energije iz OVE, v kateri imajo pomembno vlogo prav hidroelektrarne, cilj Okvirne vodne direktive je ohranjanje in doseganje dobrega stanja voda in vodnih ekosistemov. Usklajevanje med različnimi interesi uporabnikov vodnih pravic, je zahtevno in večkrat neučinkovito. Strokovnjaki zato razvijajo metode, s katerimi bi cilje lažje, preglednejše in učinkovitejše usklajevali med seboj (Šantl, 2012).

8.1 Odločanje

Odločanje je izbira med več variantami oz. možnostmi, ko želimo med različnimi alternativami izbrati tisto, ki je najbližje doseganju naših ciljev. Odločitveni proces obsega več aktivnosti:

- spoznavanje z odločitvenim problemom,
- zbiranje dostopnih informacij in njihovo preverjanje,
- identifikacija alternativ,
- predvidevanje posledic, ki jih prinesejo sprejete odločitve,
- odločitev oz. alternativa se izbere na osnovi presoje, ta pa je posledica izbranih informacij,
- po izbiri odločitve je potrebno navesti razloge zanjo,
- odločitev je potrebno vrednotiti.

Znanstveno tehnična področja se ukvarjajo s problemi odločanja. Delimo jih na odločitvene sisteme (ukvarjajo se predvsem z odločanjem računalniških sistemov) in odločitvene znanosti (zajemajo človeško odločanje). Najpomembnejša področja podpore določanja so:

- operacijske raziskave,
- odločitvena analiza,
- sistemi za podporo odločanju,
- sistemi, ki podatke analizirajo (Bohanec, 2006).

8.2 Faze odločitvenega procesa

Pri odločanju in sprejemanju odločitev se moramo nenehno soočati z nasprotujočimi cilji in nezanesljivostjo. Odločanje je težavno kadar:

- se pojavlja veliko število dejavnikov, ki vplivajo na odločitve,
- je definiranje odločitvenega problema zahtevno,
- je opredeljevanje ciljev pomanjkljivo,
- prevelikega števila možnosti in alternativ,

- premajhnega števila možnosti in alternativ,
- omejenega časa za izvedbo odločitvenega procesa (Jurančič in Rajkovič, 2001).

Proces odločanja je razdeljen na več faz v katerih so zajete vse aktivnosti v odločitveni analizi.

1. Prva faza je identifikacija odločitvenega procesa. V tej fazi želimo problem čim bolje spoznati, definirati in razumeti. Oblikovati je potrebno odločitveno skupino in narediti načrt faz, ki sledijo.
2. Naslednja faza je identifikacija alternativ. V tem koraku je potrebno spoznati, evidentirati in oblikovati alternative.
3. Tretja faza je razgrajevanje odločitvenih problemov na podprobleme. V tej fazi je potrebno zgraditi model, pri čemer je zaželeno v strukturo odločitvenega problema v čim večji meri zajeti kriterije, preference in negotovosti.
4. V četrti fazi je potrebno z modelom ovrednotiti in analizirati alternative.
5. V zadnji fazi se izbrana odločitev tudi realizira (Bohanec, 2006).

8.3 Večparametrsko odločanje

Pri izbiri najboljše alternative, odločitve delimo na enokriterijske in večkriterijske. Pri enokriterijskih odločitvah je pomemben en sam kriterij. Večina odločitev, ki jih je potrebno sprejeti je večkriterijskih. Značilnost večkriterijskih odločitev je, da hkrati spremljamo in ocenjujemo več kot eno lastnost alternativ. Za vsak parameter je potrebno določiti pogoje ali kriterije, ki jim mora izbrana alternativa ustrezati (Bohanec, 2006).

Končno oceno alternative dobimo s postopkom združevanja. Vrednotenje variant oz. alternativ pri večkriterijskem odločanju, temelji na osnovi večparametrskega odločitvenega modela. To je model, ki ga sestavljajo tri komponente:

- vhod v model predstavljajo parametri,
- funkcija koristnosti, po kateri se posamezne vrednosti parametrov združijo v spremenljivko Y , ki določa koristnost variante ali končno oceno,
- na osnovi vrednosti posameznih variant, funkcija koristnosti določi končno oceno posamezne variante.

Najboljša je tista varianta, ki na koncu dobi najboljšo oceno (Jereb et al., 2003).

8.4 Uteži parametrov

Večkriterijsko odločanje temelji na modelu vrednotenja, v katerem za vsak parameter določimo utež. Utež nam definira prioritete postavljenih kriterijev.

HYPSE ima kriterije določene v programu. Razdeljeni so v tri skupine: ekonomski, ekološki in tehnični kriteriji. Uteži kriterijev so določene, obstaja pa možnost spreminjanja teže izbrane uteži po lastni presoji ali glede na cilje, ki smo si jih v projektu zastavili.

8.5 HYPSE

Prednost računalniške podpore v procesu odločanja, je v povečanem številu obdelanih informacij in zmanjšanem številu pristranskih odločitev. Računalniški model lahko velike količine informacij, ki jih vnesemo v izbrani program ustrezno procesirajo. Dodatne prednosti so še:

- boljša preglednost dobljenih rezultatov,
- možnost opozarjanja na pomembne faktorje odločanja,
- možnost izvajanja analiz kako zelo so sprejete odločitve izvedljive,
- zagotovljena je boljša sledljivost in vodenost procesa odločanja,
- poljubna stopnja spreminjanja zornega kota pogledov na posamezne faze v odločitvenem procesu,
- dokumentiranje preteklih odločitev.

Računalniška podpora je pomoč pri sprejemanju odločitev. Sistemi za podporo določanja morajo izpolnjevati naslednje zahteve:

- vsem odločitvam računalniškega procesa mora biti zagotovljena celovitost računalniške podpore,
- uporaba mora biti enostavna,
- možnost uporabe različnih modelov vrednotenja,
- možnost izvajanja podpore pred in po odločitvenih analizah,
- možnost odločanja na podlagi v naprej pripravljenih vzorcih,
- možnost izdelave načina izvajanja odločitev,
- preverjanje izvajanja odločitev (Jurančič in Rajkovič, 2001).

Program HYPSE je bil razvit za izvajanje večkriterijskih metod odločanja pri umeščanju hidroelektrarn v prostor. Projektant se mora v fazi zasnove projekta odločati med velikim številom možnih variant reševanja problemov in kriterijev, med katerimi so si nekateri lahko nasprotujoči. Cilj je bil zato razviti metodo, ki bi zagotovila objektivno primerjavo različnih rešitev načrtovanja.

Ideja za program je nastala leta 1998, ko so v severnem delu Italije dokončali malo hidroelektrarno Rino, ki je nameščena znotraj naravnega parka Adamello. Program je namenjen tako projektantom, kot pristojnim organom, ki se srečujejo s problemi pri gradnji malih hidroelektrarn. HYPSE je programsko orodje, ki pomaga ovrednotiti vplive na okolje in omogoča večjo preglednost pri sprejemanju odločitev vseh vpletenih v projekt načrtovanja mHE.

HYPSE uporablja večkriterijski pristop vrednotenja (VPV). Metoda večkriterijskega pristopa vrednotenja je konkordančna analiza, ki v uporabo vstopi, ko so vsi alternativni projekti izdelani. Metoda VPV vključuje analizo občutljivosti vektorjev uteži in zagotavlja grafične prikaze za razlago dobljenih rezultatov. Ob tem je potrebno poudariti, da je HYPSE orodje za vrednotenje in ne za načrtovanje. Osnova VPV je evalvacijska matrika, njeni elementi odražajo značilnosti podanih alternativ in so določeni z vrednostmi podanih kriterijev (Pušnik, 2010).

9 PRIMERJAVA IZBRANIH MALIH HIDROELEKTRARN

Med seboj smo primerjali šest različno velikih malih hidroelektrarn (mHE) na Savi in njenih pritokih. Zanimalo nas je, kako količina letno proizvedene energije v izbranih mHE vpliva na sprejemljivost posamezne mHE za okolje.

Izbrane mHE so razvrščene glede na letno proizvodnjo energije od tiste, ki letno proizvede najmanj, do tiste, ki proizvede največ električne energije.

- mHE1 tip mHE: pretočna derivacijska
srednja letna proizvodnja energije: 0,589 GWh/leto
instalirani pretok: 1,8 m³/s
neto padec: 12 m
- mHE2 tip mHE: pretočna derivacijska
srednja letna proizvodnja energije: 1,467 GWh/leto
instalirani pretok: 5,3 m³/s
neto padec: 6,9 m
- mHE3 tip mHE: pretočna akumulacijska
srednja letna proizvodnja energije: 2,801 GWh/leto
instalirani pretok: 0,77 m³/s
neto padec: 115,4 m
- mHE4 tip mHE: pretočna derivacijska
srednja letna proizvodnja energije: 3,184 GWh/leto
instalirani pretok: 9 m³/s
neto padec: 26,9 m
- mHE5 tip mHE: pretočna kanalska
srednja letna proizvodnja energije: 12,713 GWh/leto
instalirani pretok: 34 m³/s
neto padec: 6 m
- mHE6 tip mHE: pretočna derivacijska
srednja letna proizvodnja energije: 20,65 GWh/leto
instalirani pretok: 3 m³/s
neto padec: 219,8 m

9.1 Izdelava evalvacijske matrike

V programu HYPSE so privzeti kriteriji zajeti v devet tematskih področij. Glede na podatke, ki jih imamo označimo tista tematska področja, ki jih bomo uporabili v večkriterijski analizi. V diplomski nalogi smo glede na razpoložljive podatke o mHE, uporabili sedem tematskih področij (slika 22) . V

vsakem izbranem tematskem področju smo označili samo tiste kriterije, ki smo jih uporabili v analizi. V tako nastavljeno matriko smo vnesli vrednosti in sicer med minimalno in maksimalno vrednostjo kriterija, ki jo določi program HYPSE.

Vhodni podatki v posameznih tematskih področjih programa HYPSE so prikazani v nadaljevanju, vrednosti vnesene v evalvacijsko matriko v programu HYPSE za izbranih šest mHE na Savi in njenih pritokih pa na sliki 23.

Splošni podatki o mHE

- EnPro - proizvedena energija
Ima pozitiven učinek na okolje in je nastavljen kot prednost mHE. Učinek lahko merimo z GWh/leto ali katero koli drugo enoto za merjenje energije na čas.
- EmisAv – zmanjšanje emisij CO₂
Tudi ta učinek je pozitiven, saj pomembno vpliva na zmanjševanje toplogrednih plinov.
- Inv – investicija za izvedbo
Je lahko pozitiven strošek ob predpostavki, da višja investicija pomeni več delovnih mest. Kot mersko enoto lahko navedemo evro.
- InvPow - specifična investicija (instalirana moč)
Predstavlja pomemben specifičen kriterij, ki dobro pokaže izvedljivost pobude. Manjša kot je vrednost specifične investicije, večji je dobiček.
- InvEne - specifična investicija (proizvedena energija)
Njen pomen je drugačen v primerjavi s specifično investicijo za instalirano moč. Da bi elektrarno lahko pravilno definirali je potrebno uporabiti oba parametra skupaj.
- LgtTrLines - dolžina novega daljnovoda
Predstavlja okoljski strošek, na oddaljenih področjih je gradnja daljnovodov lahko pozitivna za kasnejši razvoj omenjenega opodročja. Merska enota je kilometer ali meter.
- LgtNwRds – dolžina nove dovozne poti
Tudi dolžina nove dovozne poti predstavlja okoljski strošek in dodaten strošek pri investiciji. Pozitivna je za razvoj oddaljenih naselij na območju mHE, v primeru da so te težko dostopne.

Območje zaježitve

- BckWVel – hitrost vode (srednji pretok)
Hitrost vode je abiotski dejavnik okolja, ki pomembno vpliva na biotske dejavnike. Uporaben je zaradi lažjega merjenja v primerjavi z biotskimi kazalci, kljub temu pa z njim lahko podamo določeno oceno vpliva na okolje.

- BckLgt – dolžina gorvodnega območja (v času srednjega pretoka)
Meri učinek preusmeritvenih struktur na vodotok. Večja kot je dolžina gorvodnega območja, večji so negativni vplivi na okolje. Zaželeno so take oblike preusmeritvenih struktur, ki ne povzročajo velikih gorvodnih učinkov.
- BckWRipR,L – dolžina kamnite zložbe ali obrežnega nasipa gorvodno
Parameter je mišljen kot pozitiven učinek, ker povečuje varnost okoliških območij. Lahko ima negativen vpliv na okolje.
- BkwLngt – dolžina gorvodnega območja, maksimalna širina gorvodno
Predstavlja razmerje med celotno dolžino in maksimalno širino gorvodnega območja. Vrednost je med nič in sto ali celo več. Vrednost nič imajo reke s preusmeritvenimi strukturami, ki gorvodno nimajo vpliva, vrednost nad sto pa visoke zaježitve na ozkih rečnih odsekih. Negativnost ali pozitivnost učinka se določi glede na določeno situacijo.

Jez ali nasip

- AncDamhgt – višina zgornjega premičnega dela jezua
Jezovi imajo za preusmeritev vode za potrebe mHE premične in nepremične elemente, kot so lopute, fiksne in drsne zapornice ter napihljivi jezovi za uravnavanje količine vode. Učinek jezov je merjen v metrih čez greben jezua.
- DmHgt – višina nepremičnega dela jezua
Obravnavati ga moramo skupaj z višino zgornjega premičnega dela jezua. Pogosto je to najpomembnejši kriterij pri ocenjevanju vpliva na okolje. Učinek je praviloma negativen že zaradi samega izgleda, poleg tega predstavlja nevarnost poplav v primeru poškodovanega ali uničenega jezua.

Strojnica

- AreaPow – površina strojnica
Velikost in oblika objekta s strojnico sta povezana s padcem in instairanim pretokom na turbini, z izbrano vrsto turbine in številom agregatov. Površina strojnica prdstavlja negativen učinek zaradi samega objekta v prostoru in morebitnega padca površin v neposredni bližini.
- AreaAdd – površina dodatnih konstrukcij
Ali gre za negativne ali pozitivne učinke je odvisno od prostora v katerem se nahaja mHE. V naravnih parkih je to negativen učinek.

Rečni odsek dolvodno od zaježitve do vtoka odvzete vode nazaj v vodotok

- DivLng – dolžina preusmeritvenega odseka
V tem parametru so zbrani vsi učinki, ki jih prinese preusmeritev vodnega toka.

➤ ResFlow – ekološko sprejemljiv pretok

Z odvzemom vode iz naravne struge, se voda kot del ekosistema spremeni v ekonomsko dobrino. Ker je razkorak med različnimi interesi zelo velik, je ohranjanje naravnih procesov v vodotokih nujno. Določitev in zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka ja ena izmed najpomembnejših zaščit vodotoka v primeru odvzema vode (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Dovodni kanal

➤ PercINTPnstH - % podzemnega dovodnega kanala

Dovodni kanal, ki poteka pod zemljo, pomeni pozitiven učinek, ker ne ovira uporabe zemljišča in zmanjšuje vizualni učinek mHE. Zaradi teže dostopnosti podzemnih dovodnih kanalov, je njihovo vzdrževanje oteženo. Okoljska korist je višja od stroškov, povezanih s hidro geološkim tveganjem in težavami, ki se lahko pojavijo v delovanju.

➤ HeadEarthCh - % zemeljskega dovodnega kanala

Zemeljski kanali so bolj zaželeni od betonskih dovodnih kanalov, ker imajo manj umetnih elementov v naravi. Zemeljski dovodni kanali se uvrščajo med koristne kriterije.

➤ HeadConCh - % betonskega dovodnega kanala

Parameter je dvojna vrednost odstotka zemeljskega dovodnega kanala. Če gledamo samo iz hidravličnega stališča, bi imel betonski dovodni kanal prednost, ker omogoča večje pretoke ob istem hidravličnem radiju, poleg tega pa imajo manj tveganja za proženje plazov in prinašajo manj problemov s puščanjem vode. Parameter se uvršča med okolju koristne parametre.

Odvodni kanal

➤ PercINTPnstH - % podzemnega odvodnega kanala

➤ HeadEarthCh - % zemeljskega odvodnega kanala

➤ HeadConCh - % betonskega odvodnega kanala

Dovodni in odvodni kanali prinašajo enake okoljske probleme (Pušnik, 2010).

			mHE1	mHE2	mHE3	mHE4	mHE5	mHE6	
I. Splošni podatki:	EnPro	Proizvedena energija - povprečje	GWh/leto	0,589	1,467	2,801	3,184	12,713	20,65
	EmisAv	Zmanjšanje emisij CO2	t/leto	534,311	1330,789	2540,927	2888,366	11532,598	18732,648
	Inv	Investicija za izvedbo HE	EUR	2128875	3453123	5261226	2550452	13124575,51	16839246
	InstPow	Instalirana kapaciteta HE	kW	150	316	1968	780	1588	3080
	InvPow	Specifična investicija	EUR/kW	14192,5	10927,604	2673,387	3269,81	8264,846	5467,288
	InvEne	Specifična investicija	EUR/kWh	3,614	2,354	1,878	0,801	1,032	0,815
	LgtTrLines	Dolžina novega daljnovoda	m	73	10	60	0	40	148
	LgtNwRds	Dolžina nove dovozne ceste do HE	m	80	20	5	0	0	224
II. Gorvodno območje:	BckWVel	Hitrost vode - srednji pretok	m/s	0,298	0,288	0,199	0,233	0,254	0,18
	BckLgt	Dolžina gorvodnega območja	m	11	173	20	30	610	30
	BckWRipR	Dolžina kamnitega temelja in obrežnega nasipa D	m	55	0	0	0	0	0
	BckWRipL	Dolžina kamnitega temelja in obrežnega nasipa L	m	13	0	0	0	0	6
	BkwLngt	Dolžina gorvodnega območja / maksimalna širina	%	0,17	7,86	0,8	2,5	6,7	1,76
IV. Jez ali nasip:	AncDamhgth	Višina zgornjega premečnega dela jeza	m	0	0	0	0	0	0
	DmHgt	Višina nepremičnega dela jezu	m	5	4,4	4,5	2,7	6,5	0
V. Strojnice:	AreaPow	Površina strojnice	m2	172	225	177	98	100	660
	AreaAdd	Površina dopolnilnih konstrukcij	m2	325	585	200	97	1900	340
VI. Preosmeritveni odsek	DivLng	Dolžina preosmeritvenega odseka	m	135	64	1080	1070	780	2760
	ResFlow	Ekološko sprejemljiv pretok	l/s	50	200	70	0	2830	367
VII. Dovodni kanal:	PerclntPnstH	Odstotek podzemnega dovodnega kanala	%	60	50	100	0	0	100
	HeadEarthCh	Odstotek zemeljskega dovodnega kanala	%	0	0	0	0	80	0
	HeadConCh	Odstotek betonskega dovodnega kanala	%	40	50	0	0	20	0
VIII. Odvodni kanal:	PerclntPnstT	Odstotek podzemnega odvodnega kanala	%	0	20	100	0	0	100
	HeadEarthCh	Odstotek zemeljskega odvodnega kanala	%	0	0	0	0	90	0
	HeadConCh	Odstotek betonskega odvodnega kanala	%	100	80	0	0	10	0

Slika 22: Podatki pripravljeni za vnos v matriko v programu HYPSE

Criteria	Measure	Weight	mHE1	mHE2	mHE3	mHE4	mHE5	mHE6
EnPro	GWh/year	12,50	0,59	1,47	2,80	3,18	12,71	20,65
EmisAv	tons/year	2,50	534,31	1.330...	2.540...	2.888...	11.53...	18.73...
Inv	Currency ...	12,50	2.128...	3.453...	5.261...	2.550...	13.12...	16.83...
InvPow	Currency ...	12,50	14.19...	10.92...	2.637...	3.269...	8.264...	5.467...
InvEne	Currency ...	12,50	3,61	2.354...	7,88	0,80	1,03	0,81
LgtTrLines	m	2,50	73,00	10,00	60,00	0,00	40,00	148,00
LgtNwRds	m	2,50	80,00	20,00	5,00	0,00	0,00	224,00
BckWVel	m/s	2,50	0,30	0,29	0,20	0,00	0,25	0,18
BckLgt	m	2,50	11,00	173,00	20,00	30,00	610,00	30,00
BckWRipR	m	2,50	55,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BckWRipL	m	2,50	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00
BkwLngt	%	2,50	0,17	7,86	0,80	2,50	6,70	1,76
AncDamhgth	m	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DmHgt	m	2,50	5,00	4,40	4,50	2,70	6,50	0,00
AreaPow	m2	2,50	172,00	225,00	177,00	98,00	100,00	660,00
AreaAdd	m2	2,50	325,00	585,00	200,00	97,00	1.900...	340,00
DivLng	m	2,50	135,00	64,00	1.080...	1.070...	780,00	2.760...
ResFlow	l/s	2,50	50,00	200,00	70,00	0,00	2.830...	367,00
PerclntPnst	%	2,50	60,00	50,00	100,00	0,00	0,00	100,00
HeadEarthCh	%	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00
HeadConCh	%	2,50	40,00	50,00	0,00	0,00	20,00	0,00
PerclntPnst	%	4,17	0,00	20,00	100,00	0,00	0,00	100,00
HeadEarthCh	%	4,16	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00	0,00
HeadConCh	%	4,17	100,00	80,00	0,00	0,00	10,00	0,00

Slika 23: Vrednosti izbranih kriterijev za vseh šest mHE v evalvacijski matriki

Kadar imajo spremenljivke različne merske enote in so si po vrednostih zelo različne med seboj, je običajno, da se uporabi normalizacija. Normalizacija poskrbi, da se vrednosti vseh spremenljivk nahajajo na istem intervalu, med 0 in 1. S tem preprečimo, da bi bili rezultati analize odvisni samo od spremenljivk z visokimi številskimi vrednostmi.

Program HYPSE izvaja normalizacijo na tri načine in sicer z vektorsko normalizacijo, linearno normalizacijo in min-max normalizacijo. Vektorska normalizacija je izvedena na osnovi predpisanega normativa, kjer vrednosti za posamezen kriterij v stolpcu matrike, delimo z normativom za ta kriterij (Pušnik, 2010).

V diplomski nalogi je uporabljena vektorska normalizacija.

Analyses Data

File Edit View Evaluations Help

Criteria and Weights			Projects and Impacts					
Criteria	Measure	Weight	mHE1	mHE2	mHE3	mHE4	mHE5	mHE6
EnPro	GWh/year	12,50	0,0239	0,0596	0,1135	0,1289	0,5153	0,8372
EmisAv	tons/year	2,50	0,0239	0,0595	0,1135	0,1291	0,5154	0,8371
Inv	Currency ...	12,50	0,9054	0,8466	0,7662	0,8867	0,4168	0,2517
InvPow	Currency ...	12,50	0,3377	0,4900	0,8769	0,8474	0,6143	0,7449
InvEne	Currency ...	12,50	0,9985	0,0019	0,9967	0,9997	0,9996	0,9997
LgtTrLines	m	2,50	0,6092	0,9465	0,6788	1,0000	0,7859	0,2077
LgtNwRds	m	2,50	0,3345	0,0836	0,0209	0,0000	0,0000	0,9367
BckWVel	m/s	2,50	0,9806	0,9813	0,9871	1,0000	0,9838	0,9884
BckLgt	m	2,50	0,9827	0,7279	0,9685	0,9528	0,0407	0,9528
BckWRipR	m	2,50	0,9090	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
BckWRipL	m	2,50	0,7978	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3682
BkwLngt	%	2,50	0,0147	0,6816	0,0694	0,2168	0,5810	0,1526
AncDamhgh	m	2,50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DmHgt	m	2,50	0,5388	0,5942	0,5849	0,7510	0,4005	1,0000
AreaPow	m2	2,50	0,7715	0,7011	0,7649	0,8698	0,8672	0,1233
AreaAdd	m2	2,50	0,1581	0,2847	0,0973	0,0472	0,9245	0,1654
DivLng	m	2,50	0,9585	0,9803	0,6677	0,6708	0,7600	0,1507
ResFlow	l/s	2,50	0,0175	0,0699	0,0245	0,0000	0,9886	0,1282
PercIntPnst	%	2,50	0,3526	0,2938	0,5876	0,0000	0,0000	0,5876
HeadEarthCh	%	2,50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9870	0,0000
HeadConCh	%	2,50	0,5910	0,7387	0,0000	0,0000	0,2955	0,0000
PercIntPnst	%	4,17	0,0000	0,1398	0,6990	0,0000	0,0000	0,6990
HeadEarthCh	%	4,16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,9913	0,0000
HeadConCh	%	4,17	0,7764	0,6211	0,0000	0,0000	0,0776	0,0000

Groups : ECO :50,00 ENV :50,00 Selected Project : mHE6

Normalization use VectorNormalization

Slika 24: Matrika normiranih vrednosti izbranih kriterijev za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

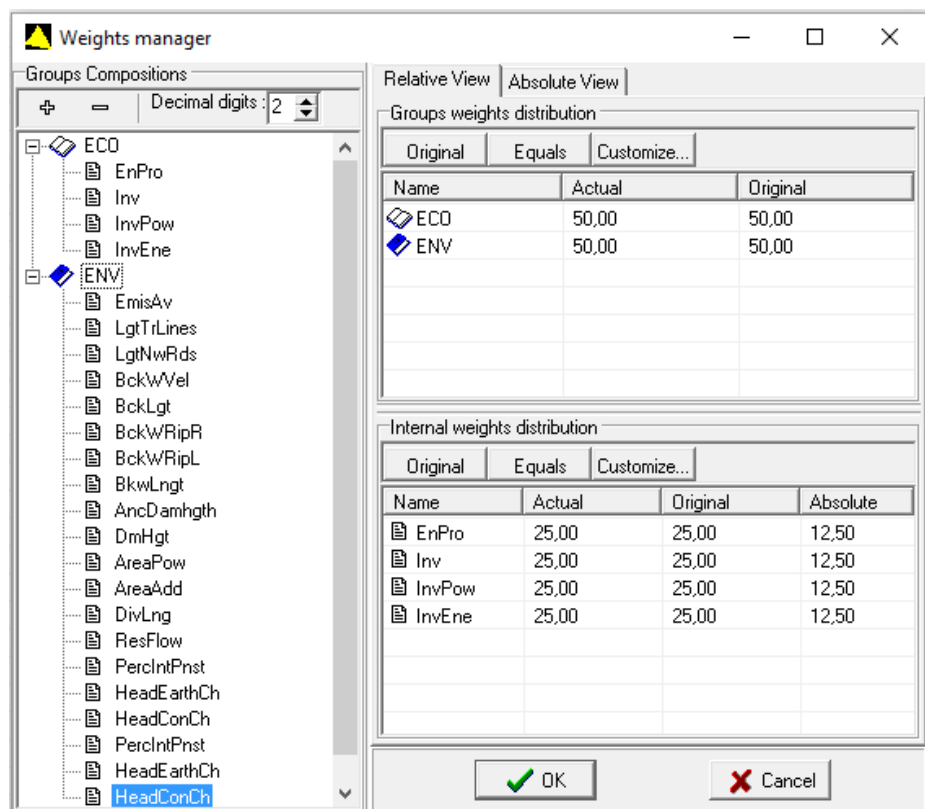
9.2 Določanje uteži parametrov

Uteži so vrednosti, ki nam definirajo prioritete kriterijev. Pred spreminjanjem vrednosti, so vsi kriteriji obteženi enako. Pri določanju uteži lahko spreminjamo vrednosti absolutnih uteži, vrednosti uteži skupine ali relativnih uteži, to je delitev uteži znotraj skupine. HYPSE ponuja dve možnosti:

- relativni pogled za vhodne vrednosti uteži, ki omogoča vnos relativnih in skupinskih uteži znotraj skupine, program sam potem na podlagi vnesenih vrednosti, izračuna absolutne uteži,
- absolutni pogled za neposredni vnos absolutnih uteži, ki omogoča vnos za vsak kriterij posebej, program kot posledico absolutnega vnosa izračuna vrednosti skupinskih in relativnih uteži znotraj vsake skupine (Sila, 2010).

HYPSE ima kriterije razdeljene v tri skupine ekonomski, ekološki in tehnični kriteriji. Uteži kriterijev so določene, obstaja pa možnost spreminjanja teže izbrane uteži po lastni presoji ali glede na cilje, ki smo si jih v projektu zastavili.

Uporabili smo dve skupini kriterijev: ekonomsko in ekološko skupino kriterijev, njihova teža je enakomerno porazdeljena med obe skupini.




Slika 25: Nastavitve vrednosti uteži parametrov v programu HYPSE

9.3 Analiza rezultatov primerjave izbranih mHE

Osnovna tehnika večkriterijskega pristopa vrednotenja, je analiza konkordance. Temelji na tehniki razvrščanja učinkov kriterijev odločitve, ki so povezani z nizom različnih alternativnih načrtov. Cilj je predvideti uporabo vhodnih podatkov in utežnega vektorja. Uvedba utežnega vektorja pomeni, da se za vsak par (v našem primeru mHE) posebej, lahko oblikujeta konkordančna in diskonkordančna analiza.

9.3.1 Konkordančna analiza

Konkordančni niz zajema vse kriterije, kjer je prva alternativa bolj zaželena od tiste, s katero jo primerjamo. Predstavlja pozitiven vidik alternativ (Pušnik, 2010).

 Results

Indexes	ConcordanceDominance						WeightedDiscordance	A_W_Discordance
	mHE1	mHE2	mHE3	mHE4	mHE5	mHE6	Columns	Final
mHE1	0,000	0,400	0,450	0,350	0,325	0,300	1,8250	-0,7500
mHE2	0,475	0,000	0,325	0,175	0,325	0,275	1,5750	-1,0750
mHE3	0,425	0,500	0,000	0,250	0,375	0,350	1,9000	-0,3500
mHE4	0,525	0,650	0,550	0,000	0,500	0,500	2,7250	1,3500
mHE5	0,575	0,525	0,475	0,300	0,000	0,325	2,2000	0,1250
mHE6	0,575	0,575	0,450	0,300	0,550	0,000	2,4500	0,7000
Rows	2,575	2,650	2,250	1,375	2,075	1,750		

Slika 26: Matrika konkordančnega indeksa za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

Končna vrednost - indeks konkordančne dominacije, pomeni razliko vsot vseh vrednosti v vrstici in vrednosti v stolpcu.

Končni konkordančni rezultat je primerjava izbrane mHE z vsemi ostalimi. Ker gre pri konkordančni analizi za pozitiven vidik, največje pozitivno število pomeni, da je mHE najprimernejša. V našem primeru je torej najprimernejša mHE4, ki doseže vrednost 1,35.


Preferenčni vrstni red dobimo tako, da vse ostale alternative razvrstimo v padajoče zaporedje.

9.3.2 Diskonkordančna analiza

Diskonkordančni niz vsebuje tiste kriterije, za katere velja, da je primerjana možnost bolj zaželena od izbrane alternative. Diskonkordančna analiza predstavlja negativni vidik alternativ, v kateri proučujemo, v kakšni meri je izbrana alternativa slabša od tiste, s katero jo primerjamo. Za različne namene uporabe, je možnost izbire več vrst diskonkordančnih indeksov:

- enostaven diskonkordančni indeks,
- obtežen diskonkordančni indeks,
- enostaven združen diskonkordančni indeks,
- združen obtežen diskonkordančni indeks (Pušnik, 2010).

Med vsemi naštetimi je združen obtežen diskonkordančni indeks najprimernejši za uporabo, ker povezuje uteži in povprečne razlike.

 Results

Indexes	ConcordanceDominance						WeightedDiscordance	A_W_Discordance
	mHE1	mHE2	mHE3	mHE4	mHE5	mHE6	Columns	Final
mHE1	0,0000	0,0366	0,0563	0,0633	0,1211	0,1300	0,4091	-0,0277
mHE2	0,1175	0,0000	0,1200	0,1236	0,1700	0,2020	0,7350	0,4565
mHE3	0,0563	0,0400	0,0000	0,0220	0,0970	0,0970	0,3148	-0,0244
mHE4	0,0540	0,0333	0,0133	0,0000	0,0910	0,1020	0,2949	-0,0816
mHE5	0,0980	0,0666	0,0733	0,0770	0,0000	0,0920	0,4091	-0,1657
mHE6	0,1090	0,1000	0,0750	0,0890	0,0930	0,0000	0,4684	-0,1571
Rows	0,4366	0,2789	0,3390	0,3766	0,5740	0,6250		

Slika 27: Matrika združenega obteženega diskonkordančnega indeksa za izbrane MHE na Savi in njenih pritokih

Po združenem obteženem diskonkordančnem nizu je najprimernejša mHE5, ker ima najnižjo vrednost -0,1657. Mala HE2 se z vrednostjo 0,4565 izkaže za najmanj primerno po negativnem vidiku.

9.3.3 Globalni sintetični indeks

Končna odločitev temelji na globalnem sintetičnem indeksu, ki ga dobimo z algebrskim združevanjem indeksa konkordance in z združenim diskonkordančnim indeksom. Vrednost globalnega sintetičnega indeksa dobimo po enačbi:

$$G_{si} = C_i - d_{i,Awd} (-)$$

G_{si} globalni sintetični indeks (-)

C_i indeks konkordance (-)

$d_{i,wd}$ združen indeks diskordance (-)

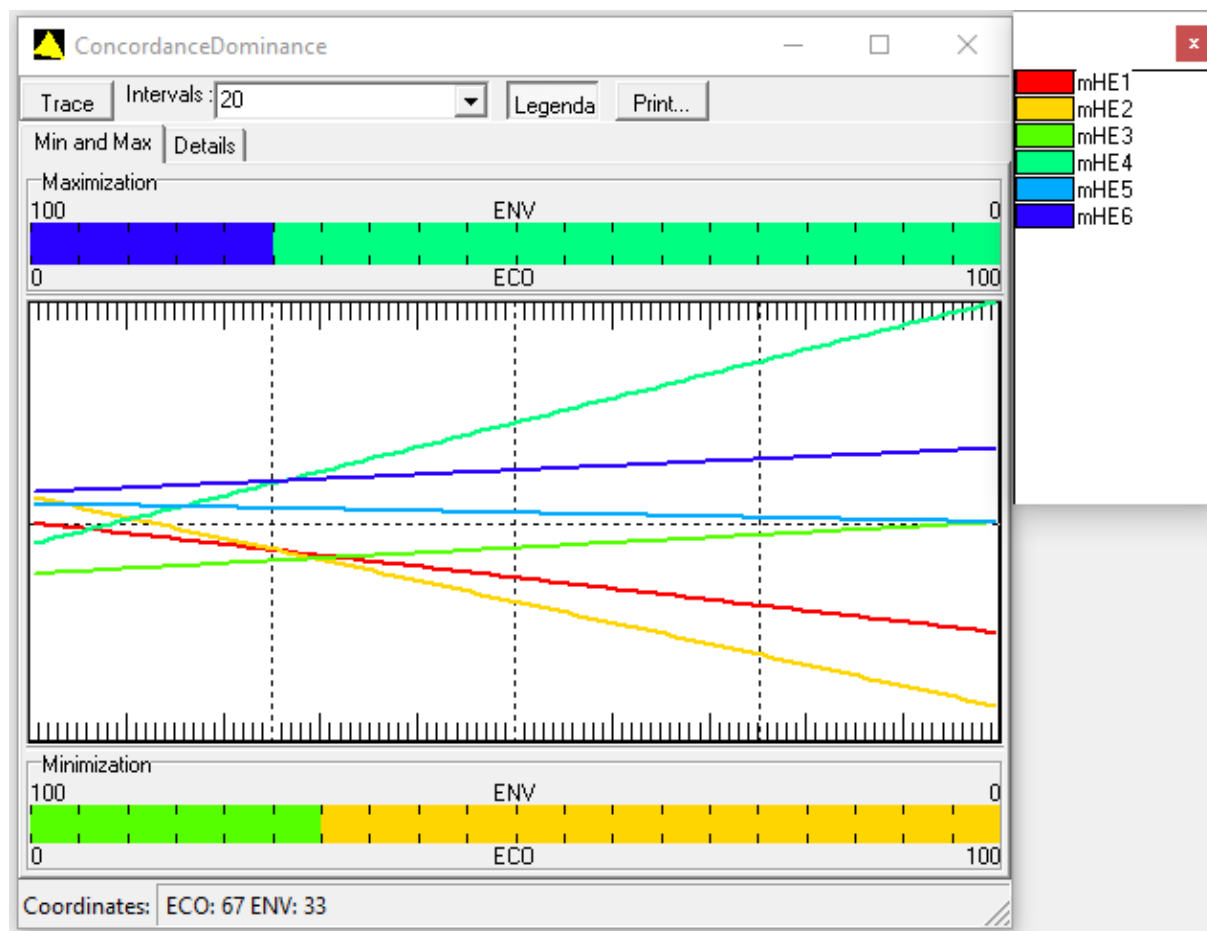
Pri sprejemanju odločitev je potrebno upoštevati $G_{si} > 0$.

Indexes	ConcordanceDominance	WeightedDiscordance	A_W_Discordance		
		ConcordanceDominance	WeightedDiscordance	A_W_Discordance	
				Syntetic	
mHE1		-0,7500	0,0035	-0,0277	-0,7223
mHE2		-1,0750	3,5199	0,4565	-1,5315
mHE3		-0,3500	-0,9421	-0,0244	-0,3256
mHE4		1,3500	-1,1937	-0,0816	1,4316
mHE5		0,1250	-0,4159	-0,1657	0,2907
mHE6		0,7000	-0,9717	-0,1571	0,8571

Slika 28: Globalni sintetični indeks za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

Po pozitivnem vidiku je najboljša mHE4, po negativnem pa mHE5, vendar so razlike v negativnem vidiku tako majhne, da pozitivni vidik prevlada in je mHE4 po končnem kriteriju najustrežnejša.

9.4 Razlaga grafičnih prikazov

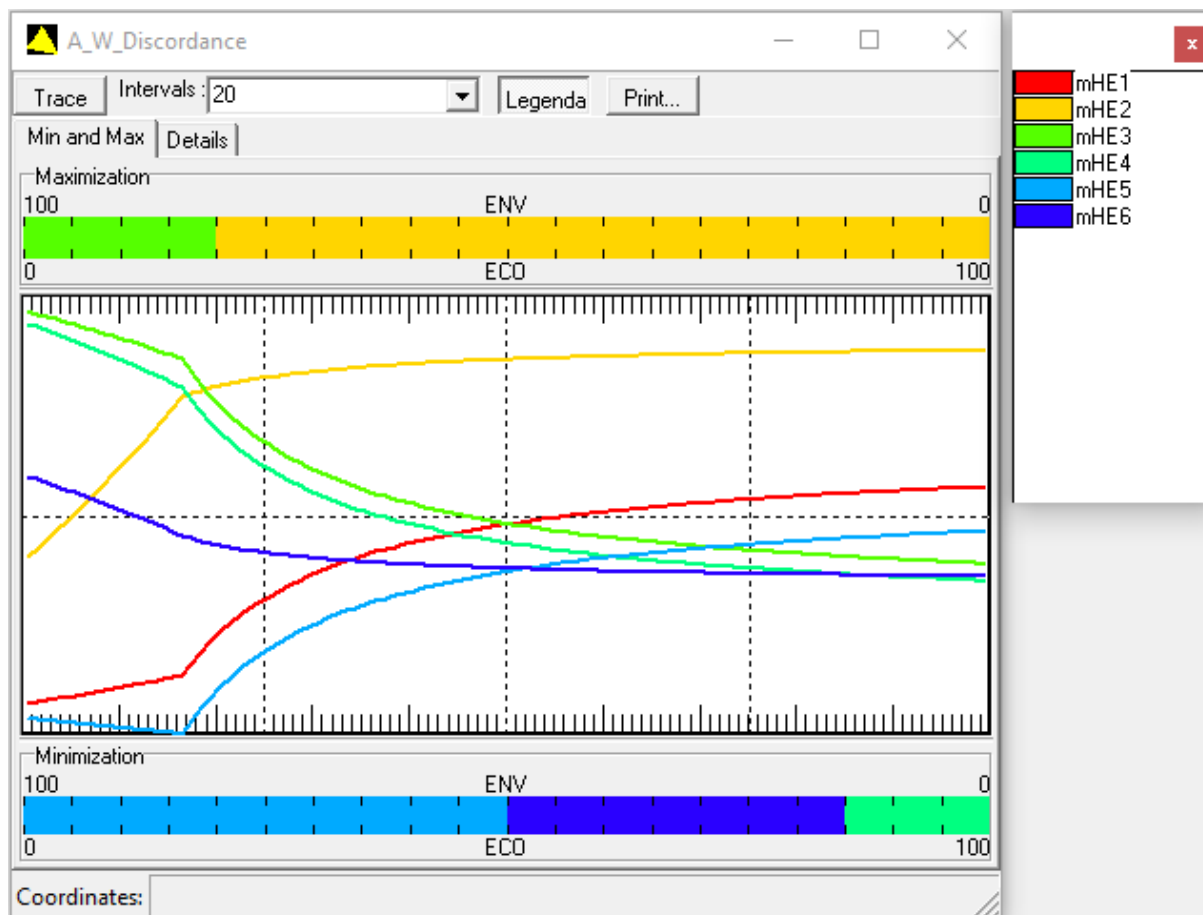


Slika 29: Grafični prikaz konkordančnega niza za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

Po konkordančnem nizu je najprimernejša mHE4. Graf prikazuje konkordančni niz (slika 29) za vse možne porazdelitve vrednosti uteži med Eco (ekonomijo) in Env (okoljem). Na grafu je opaziti, da zelena črta, ki predstavlja mHE4 prevladuje (ima najvišjo vrednost) na intervalu med 0 % in 75 % za utež Env oz. med 100 % in 25 % za utež Eco.

Program sam naredi analizo za vse možne vrednosti uteži. Tako npr. lahko razberemo, da je mHE6 najbolj primerna izbira na intervalu med 75 % in 100 % za Env oz. med 25 % do 0 % za Eco.

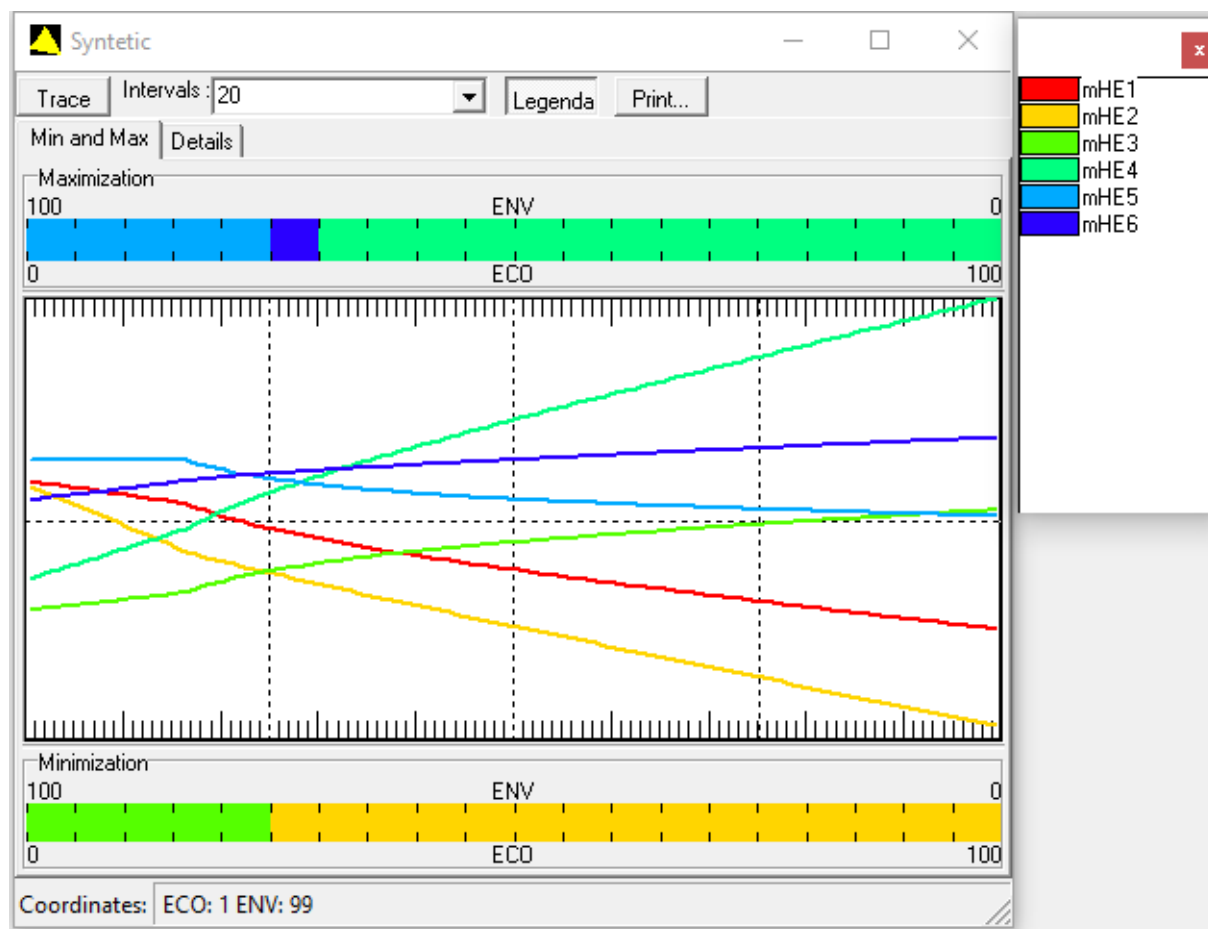
Najmanj primerna po konkordančnem nizu je mHE2, ki se za najmanj ugodno izbiro izkaže na intervalu uteži med 0 % in 70 % za Env oz. med 100 % in 30 % za Eco.



Slika 30: Grafični prikaz diskonkordančnega niza za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

Grafični prikaz združenega obteženega diskonkordančnega indeksa pokaže (slika 30), da je najmanj primerna mHE2. Rumena barva, ki ponazarja mHE2, prevladuje (ima najvišjo vrednost) na intervalu med 0 % in 80 % za Env oz. za Eco na intervalu med 100 % in 20 %. Druga najmanj primerna je mHE3, ki prevladuje na intervalu med 80 % in 100 % za Env oz. med 20 % in 0 % za Eco.

Po tem nizu je najprimernejša mHE5, ki prevladuje na intervalu med 50 % in 100% za Env oz. med 50 % in 0 % za Eco. Na manjših intervalih se kot primerni izkažeta tudi mHE6 in mHE4. Pri nastavljanju uteži med 15 % in 50 % za Env oz. med 85 % in 50 % za Eco je primernejša mHE6, pri uteži Env med 0 % in 15 % oz. Eco med 100 % in 85 % pa mHE4.

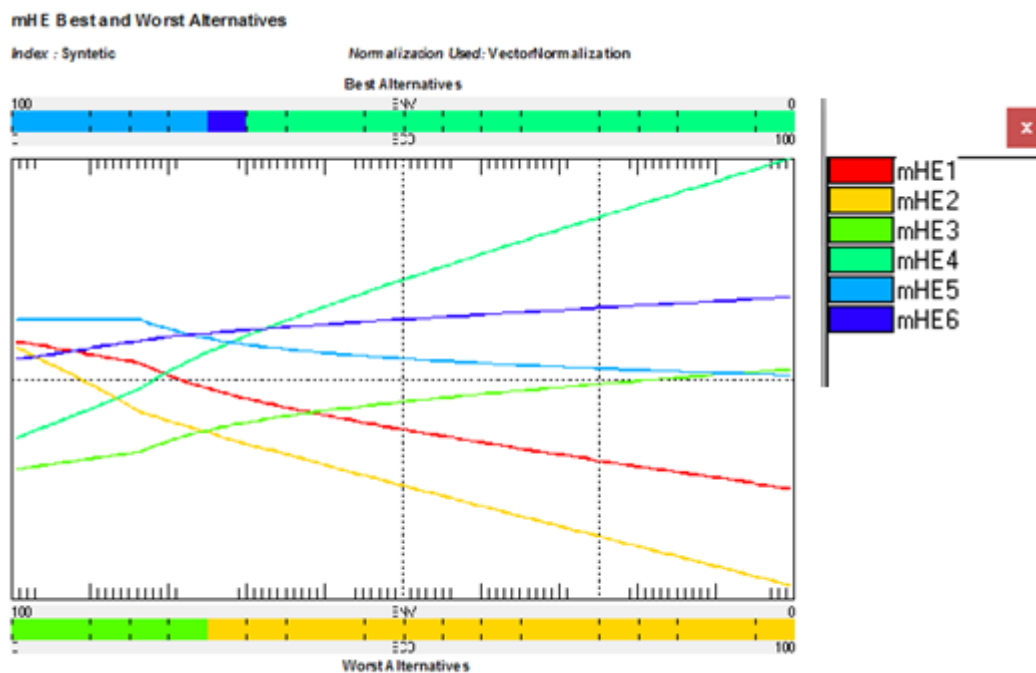


Slika 31: Grafični prikaz rezultatov globalnega sintetičnega indeksa za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

Graf globalnega sintetičnega indeksa združuje konkordančni indeks in združen obtežen diskonkordančni indeks (slika 31). Za najprimernejšo se izkaže mHE4 na intervalu med 0 % in 70 % za Env oz. med 100 % in 30 % za Eco. Če bi uteži kriterijev postavili na interval med 70 % in 75 % za Env oz. med 30 % in 25 % za Eco bi bila najprimernejša izbira mHE6. Na intervalu med 75 % in 100 % za Env oz. med 25 % in 0 % za Eco pa mHE5.

Kot negativna izbira globalnega sintetičnega indeksa se izkaže mHE2 na intervalu med 0 % in 75 % za Env in med 25 % in 0 % za Eco. Manjši interval, vendar še vedno negativna izbira, je med 75 % in 100 % za Env ter med 25 % in 0 % za Eco, mHE3.

Po analizi dobljenih rezultatov se izkaže, da mHE z najmanjšo količino proizvedene električne energije na leto, ne pomenijo nujno najboljše izbire, če ob okoljskem vidiku enakovredno upoštevamo tudi ekonomski vidik.



Slika 32: Najboljše in najslabše alternative za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

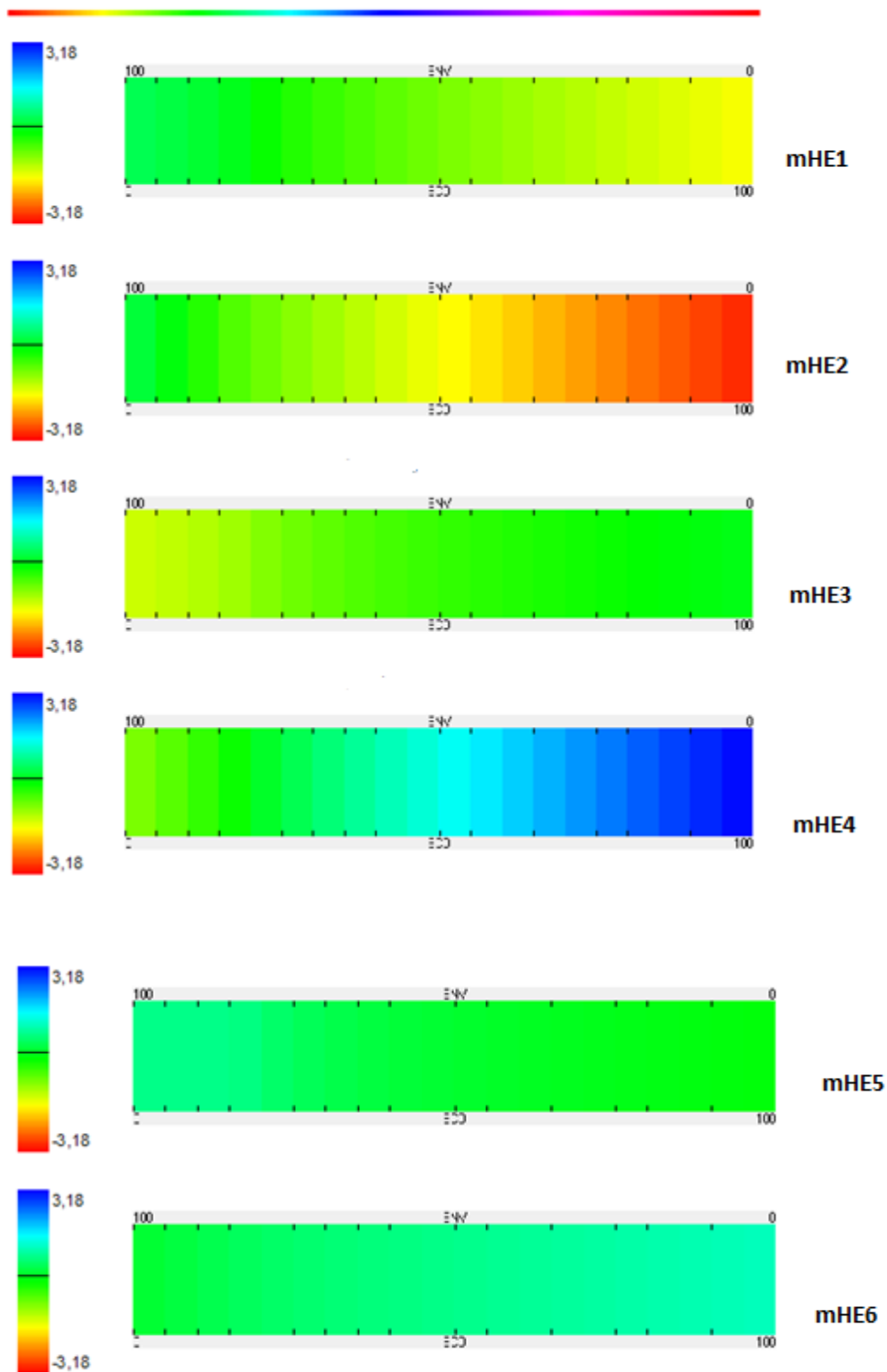
Najboljše in najslabše alternative so grafični prikaz izračunov, ki jih opravi HYPSE. Grafični prikaz na sliki 32, je v primerjavi z matričnim izpisom rezultatov bolj uporaben in lažje razumljiv.

Na sliki 33 so rezultati prikazani z barvno lestvico, ki prikazuje gradient izbranega indeksa. Vidi se, da pri mHE4 prevladuje modra barva, pri mHE2 pa je največ rdeče barve med vsemi izbranimi malimi hidroelektrarnami. Temno modra barva predstavlja najbolj pozitiven vidik, rdeča pa najbolj negativnega.

mHE Behaviour of each alternatives

Index: Syntetic

Normalization used: VectorNormalization



Slika 33: Prikaz podrobnosti pri dveh homogenih skupinah za izbrane mHE na Savi in njenih pritokih

9.5 Povzetek rezultatov analize

Male hidroelektrarne, ki so bile zajete v analizo, so bile izbrane glede na letno količino proizvodnje električne energije. Zanimalo nas je, če večja letna proizvodnja električne energije pomeni večji negativen vpliv na okolje. Po tej tezi, bi morala biti najmanj primerna mHE6 z največ proizvedene energije letno (20,65 GWh/leto) in najbolj primerna mHE1 (0,589 GWh/leto).

Pri konkordančni analizi, ki predstavlja pozitiven vidik alternativ, se za najprimernejšo izkaže mHE4. Konkordančni niz zajema vse kriterije, kjer je prva alternativa bolj zaželeno od tiste, s katero jo primerjamo. Naslednja najprimernejša je mHE6 in še naslednja mHE5. Male hidroelektrarne mHE4, mHE5 in mHE6 so tiste, ki letno proizvedejo več električne energije kot preostale tri mHE zajete v analizo.

Pri diskonkordančni analizi želimo ugotoviti, v kakšni meri je izbrana alternativa slabša od tiste s katero jo primerjamo. Diskonkordančna analiza predstavlja negativen vidik obravnavanih alternativ. Za najmanj primerno se izkaže mHE2 z največjo izračunano vrednostjo, za najbolj primerno pa mHE5, ki v diskonkordančni analizi dobi najnižjo vrednost. Tudi v tej analizi mHE1, kot tista z najmanj proizvedene energije ne dobi ocene najprimernejša.

Končna odločitev večkriterijske analize v programu HYPSE temelji na globalnem sintetičnem indeksu, ki združuje rezultate konkordančne in diskonkordančne analize. Po končnem kriteriju je mHE4 najprimernejša med izbranimi mHE. Druga najprimernejša je mHE6 in tretja mHE5. Po rezultatih lahko vidimo, da če enakomerno obtežimo ekonomski in okoljski kriterij, boljšo oceno v večkriterijski analizi dobijo večje mHE, oz. tiste, ki letno proizvedejo več energije.

10 ZAKLJUČEK

V Sloveniji izkoriščamo manj kot polovico teoretičnega vodnega potenciala, ki nam je na voljo. Tehnično izkoristljiv potencial je okoli 9000 GWh, pri upoštevanju okoljskih in ekonomskih kriterijev, se ta vrednost zmanjša na 6500 GWh. Ocenjeno je, da bi lahko 10 % od tega proizvedli v malih hidroelektrarnah. S pravilno energetske politiko in združevanjem strokovnjakov z različnih področij, bi lahko z gradnjo mHE na okoljsko, ekonomsko in tehnično ustreznih območjih, več kot podvojili trenutno letno proizvodnjo električne energije iz OVE (Gospodjinački, 2016).

Slovenija je že bila močna gospodarska sila na področju hidroenergije in izvoznica kakovostne opreme za velike in male hidroelektrarne. Z bogato dediščino izkoriščanja voda na naših tleh v preteklosti, nam je uspelo razviti visoko raven znanja in izkušenj pri načrtovanju in gradnji hidroelektrarn, izvedbi celotnih gradbenih del, proizvodnje in montaže vodnih turbin, transformatorjev, stikalne opreme, regulacijske opreme in hidromehanske opreme. V času močne mednarodne konkurence in majhnega povpraševanja po gradnji mHE in HE je panoga sicer v zatonu, potenciala, izkušenj in znanja pa je še vedno dovolj. Slovenija bi to prednost lahko izkoristila in izrabila razvoj zelene tehnologije kot pomoč pri izhodu iz gospodarske krize.

Razvijajo se nove tehnologije, ki spodbujajo rast obnovljivih virov energije. OVE povečujejo energetske varnost in zmanjšujejo odvisnost od uvoženih virov energije, povečujejo konkurenčnost domače industrije, ustvarjajo nova delovna mesta in omogočajo razvoj podeželja. Seveda tudi OVE niso brez vplivov na okolje, vsako delovanje človeka na tak ali drugačen način posega v naravni prostor. Negativni vplivi na okolje se pojavijo ob sami gradnji hidroenergetskih objektov, toda s pravilnim načrtovanjem, pristopom in doslednim izvajanjem zastavljenih ciljev, so ti vplivi lahko kratkotrajni. Z zagotavljanjem ekološko sprejemljivega pretoka in ribjimi stezami za prehod vodnih organizmov po toku navzgor, lahko negativne vplive močno omilimo.

Program HYPSE je bil razvit za izvajanje večkriterijskih metod vrednotenja in kot pomoč načrtovalcem in investitorjem pri umeščanju hidroelektrarn v prostor. Na ta način lahko med več idejnimi variantami lažje izberemo tisto, ki ima najmanj negativen vpliv na okolje. Pri uporabi programa HYPSE, je potrebno zajeti čim večje število vplivov. Dobljeni rezultati so pri izbranih kriterijih in določenih utežeh zagotovo objektivni, ker gre pri analizi za matematično operacijo, to pa še ne pomeni, da z nepravilno izbiro kriterijev in uteži ne moremo vplivati na končen rezultat.

Zaradi problemov pri pridobivanju podatkov, je uporabnost in delovanje programa HYPSE prikazana na šestih že delujočih malih hidroelektrarnah. S podatki, ki so nam bili na razpolago smo poskusili najti povezavo med količino proizvedene energije in vplivi na okolje. Izbrane mHE smo razvrstili glede na letno količino proizvedene električne energije, od najmanjše do največje. V vseh analizah, ki jih ponuja program HYPSE, se mHE1 nikoli ne pojavi kot najprimernejša izbira. Po globalnem

sintetičnem indeksu na katerem temelji končna odločitev projektanta oz. investitorja, se pri analizi z dvema homogenima skupinama, kjer oba kriterija tako ekonomski kot okoljski zavzemata enakomeren del uteži, za najprimernejšo izkaže mHE4. Sledita ji mHE6 in mHE5. V večkriterijski analizi in s podatki, ki so nam bili na voljo, so mHE z več proizvedene električne energije na leto, za okolje primernejše. Po teh rezultati gre sklepati, da mHE1 z 0,589 GWh letno proizvedene električne energije ne pomeni najmanjšega vpliva na okolje. Ker sta pri analizi ekonomski in ekološki kriterij enakovredna, je končna ocena, da so ob upoštevanju obeh kriterijev, primernejše tiste mHE, ki letno proizvedejo več električne energije.

Postavljeni cilj, da do leta 2020 dosežemo 25 % delež OVE je dosegljiv, potrebna pa bo sprememba miselnosti. Pametna omrežja in učinkovita raba energije ponujajo veliko, potrebujejo pa vlaganja ter podporo javnosti in politike.

11 VIRI

Agencija za energijo. 2016a. *Prenosno omrežje*.

<http://www.agen-rs.si/prenosno-omrezje> (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

Agencija za energijo. 2016b. *Distribucijsko omrežje*.

<http://www.agen-rs.si/distribucijsko-omrezje1> (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

ARSO. *Povprečna letna višina padavin*.

<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/karte/karta4028.html> (Pridobljeno 7. 6. 2016.)

Ambrožič, Š. 2008. *Kakovost voda v Sloveniji*. Ljubljana, Agencija RS za okolje.

ApE, Borzen, SODO. 2012. *Koristni nasveti za izgradnjo manjših elektrarn za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije in so proizvodnjo toplote in električne energije*. Ljubljana in Maribor, Borzen d.o.o. in SODO d.o.o.

Bergkamp, G., McCartney, M., Dugan, P., McNeely, J., Acreman, M. 2000. *Dams, Ecosystem Functions and Environmental Restoration*. WCD Thematic Review Environmental Issues II.1 Prepared for the World Commission on Dams (WCD), Final Version: November 2000.

Bockman, T., Fleten, E., Juliussen, E., Langhammer, H., Revdal, I. 2006. *Investment timing and optimal capacity choice for small hydropower projects*. Norwegian University of Science and Technology.

https://mpa.ub.uni-muenchen.de/2693/1/MPra_paper_2693.pdf (Pridobljeno 30. 5. 2016.)

Bohanec, M. 2006. *Odločanje in modeli*. Ljubljana, DMFA založništvo.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. *Osnove hidrologije*. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Germ, M. 2009. *Makrofiti ali vodne rastline*.

<http://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-YDD9UISY/2725f3e5-5b1f-49c2-a618-905b8aa656b6/PDF> (Pridobljeno 29. 7. 2016.)

Germ, M., Gaberščik, A., Kuhar, U. 2009. *Klasifikacija ekološkega stanja vodnih teles z biološkim (pod)elementom makrofiti in sodelovanje v procesu interkalibracije*.

http://nfpsi.eionet.europa.eu:8980/irc/Download/kheWA5J_mmG5fY1KNPeSKt_xCZ3QpBpIV_NBhUwjhAH1o7PflfOqTJu-ytjVNJc8ZVK9C5jHiL-5pHuTcR5R978bRspj26NU/t-5yH/5_2009.pdf (Pridobljeno 3. 8. 2016.)

Gospodjinački, M. 2016. *Naložbe v male hidroelektrarne so naložba v prihodnost*. Činkole, Kristan, E., Rajer, B. 2016. *Obnovljivi viri energije v Sloveniji: Prerez časa in prostora*. Ljubljana, Borzen d.o.o. 59-63.

Habjan, V. 2014. *Dobre izkušnje virtualne elektrarne skupine Elektra Ljubljana*. Naš stik, revija slovenskega gospodarstva.

<http://www.nas-stik.si/1/Novice/novice/tabid/87/ID/2449/Dobre-izkusnje-virtualne-elektrarne-skupine-Elektra-Ljubljana.aspx> (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

HYDRO-HIT. 2016. *Hydropower engineering*.

http://hydro-hit.si/tipi_elektrarn/ (Pridobljeno 3. 7. 2016.)

Jereb, E., Bohanec, M., Rajkovič, V. 2003. *Računalniški program za večparametrsko odločanje*. Kranj: Moderna organizacija.

Jerkovič, B. 1996. *Male hidroelektrarne*. Maribor, Javno podjetje EGS razvoj in inženiring d.d..

Jordan, R. 2013. *Energetsko podnebni paket EU, usmeritve do leta 2020 in razvoj po letu 2020*.

Volfand, J. URE, energetika in okolje. Celje: Fit media. 8-13.

Jurančič, A., Rajkovič, V. 2001. *Moč in nemoč računalniške podpore odločanja*. Prispevek na konferenci.

www.drustvo-informatika.si/fileadmin/dsi2001/.../jurancic_rajkovic.doc (Pridobljeno 25. 6. 2016.)

Kazalci okolja v Sloveniji. 2010. *Kritični vnosi in prekomerne obremenitve ekosistemov z dušikom in žveplom*.

http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=576&lang_id=302 (Pridobljeno 29. 7. 2016.)

Kazalci okolja v Sloveniji. 2013. *Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov energije*.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=647 (Pridobljeno 18. 6. 2016.)

Kazalci okolja v Sloveniji. 2015a. *Proizvodnja in raba električne energije*.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=722 (Pridobljeno 18. 6. 2016.)

Kazalci okolja v Sloveniji. 2015b. *Učinkovitost sistema proizvodnje, prenosa in distribucije električne energije in toplote*.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=723 (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

Kolman, G., Mikoš, M. 2010. Tipi ribjih prehodov in pregled razmer v Sloveniji. *Acta hydrotechnica* 24/41. 1-26.

<ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a41gk.pdf> (Pridobljeno 4. 8. 2016.)

Kolman, G., Mikoš, M., Povž, M. 2010. *Ribji prehodi na hidroenergetskih pregradah v Sloveniji*. Varstvo narave, 24. 85-96.

http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2010/Kolman_Mikos_povz_2227.pdf (Pridobljeno 31. 7. 2016.)

Kosi, G. 2011. *Fitobentos – alge rečnega in jezerskega dna*. Svet ptic, letnik 17, številka 3.

<http://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-Y7ZZ77UE/8d9f6356-d1a6-4914-ae05-d47c4a04c52e/PDF> (Pridobljeno 2. 8. 2016.)

Kosmač, J., Omahan, G., Souvent, G., Papič, I. 2011. *Koncept razvoja Smartgrids v Sloveniji*. 10. Konferenca slovenskih energetikov – Ljubljana 2011.

http://www.cigre-cired.si/Images/files/documents/10_konferenca_Ljubljana_2011/2011-CIGRESKD3-01.pdf (Pridobljeno 20. 6. 2016.)

Kozelj, D. 2016. *Obratovanje malih hidroelektrarn*"

www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Download/Voda/Kozelj.doc (Pridobljeno 30. 5. 2016.)

Marinšek, Z., Vižintin, J., Zupančič, D., Butala, V., Dervarič, E., Gubina, F., et al. 2015. *Stališča IAS do razvoja energetike v Sloveniji do leta 2030 s pogledom do 2050*. Ljubljana : Inženirska akademija Slovenije.

[http://www.ias.si/data/upload/Staliska_IAS_do_razvoja_energetike_v_Sloveniji\(1\).pdf](http://www.ias.si/data/upload/Staliska_IAS_do_razvoja_energetike_v_Sloveniji(1).pdf) (Pridobljeno 24. 7. 2016.)

- Medved, S., Arkar, C. 2009. *Energija in okolje: obnovljivi viri energije*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta in projekt Concerto Remining-Lowex.
- Medved, S., Novak, P. 2000. *Varstvo okolja in obnovljivi viri energije*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
- Merc, U. 2009. *Fotovoltaika – najsodobnejši elektroenergetski vir*. Volfand, J. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji. Celje: Fit media. 61-71.
- Merše, S. 2016. *Pogled stroke na obnovljive vire energije – strateška vloga obnovljivih virov energije v Sloveniji*. Činkole, Kristan, E., Rajer, B. 2016. Obnovljivi viri energije v Sloveniji: Prerez časa in prostora. Ljubljana, Borzen d.o.o. 20-26.
- MI. 2016. *Učinkovita raba energije*.
http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/ucinkovita_raba_energije/ (Pridobljeno 22. 6. 2016.)
- MI. 2016. Izhodišča in usmeritve nacionalne politike na področju obnovljivih virov energije. Činkole, Kristan, E., Rajer, B. 2016. Obnovljivi viri energije v Sloveniji: Prerez časa in prostora. Ljubljana, Borzen d.o.o. 5-14.
- Mikoš, M. 1995. *Soodvisnost erozijskih pojavov v prostoru*. Gozdarski vestnik 53. 342-351.
- Mikoš, M. 2007. *Urejanje vodotokov*. Skripta, verzija 2007. Ljubljana: FGG.
- MonitorPRO. 2016. IT v elektroenergetiki? Pestro bo.
<http://www.monitorpro.si/41607/trendi/it-v-elektroenergetiki-pestro-bo/> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- MOP. 2014. *Pregled pomembnih zadev upravljanja voda na vodnih območjih Donave in Jadranskega morja*.
http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/nuv_II/PZUV.pdf (Pridobljeno 31. 7. 2016.)
- MOP. 2016. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi fitobentosa in makrofitov.
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/ekolosko_stanje/metod_vredn_ekoloskega_stanja_vodotokov_fitobentosa_makrofitov.pdf (Pridobljeno 3. 8. 2016.)
- Nemac, F. 2013. *Z učinkovito rabo in obnovljivimi viri iz gospodarske krize*. Volfand, J. URE, energetika in okolje. Celje: Fit media. 65-69.
- Orel, B. 2016. *Hidroelektrarne*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko.
www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Download/Voda/Orel.doc (Pridobljeno 28. 6. 2016.)
- Papež, J., Mazzarona, B., Vianello, A., Cesca, M., Habersack, H. 2015. *WP6 Report , Interactions with structures*. Project SedAlp.
- Papič, I., Blažič, B., Pantoš, M., Gubina, A., Imširović, D., Zlatar, I., et.al. 2012. *Program razvoja pametnih omrežij v Sloveniji*. Ljubljana in Maribor, UL FE., EIMV, d.o.o., SODO, d.o.o.
http://www.sodo.si/files/434/pametna_omrezja_2012_pop7.pdf (Pridobljeno 12. 6. 2016.)

Papič, I., Omahen, G. 2013. Pametna Omrežja – temeljni gradnik za učinkovito rabo električne energije. Volfand, J. URE, energetika in okolje. Celje: Fit media. 86-92.

Papler, D., Basej, J. 2014. Sanacija in učinki mehkega jezua HE Sava. Konferenca VIVUS, November 2014, BC Naklo.

<http://www.bc-naklo.si/uploads/media/49-Papler-Basej-Z.pdf> (Pridobljeno 2. 6. 2016.)

Plavčak, V.P., Raner, D., Žebeljan, D. 2009. *Možnost izrabe lesene biomase v manjših večgeneracijskih objektih v Sloveniji*. Volfand, J. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji. Celje: Fit media. 81-89.

Podgoršek, J., Vrtačnik, Š. 2011. *Tehnologije obnovljivih virov energije*. Ljubljana: Zavod IRC.

http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_256NARAVOVARSTVO_Tehnologije_Podgorsek.pdf (Pridobljeno 21. 6. 2016.)

Portal Energetika. 2016. *Energetski koncept Slovenije*.

<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/energetski-koncept-slovenije/> (Pridobljeno 25. 7. 2016.)

Povž, M. 2005. Vpliv akumulacij in visokih pregrad na sladkovodne ribe. Slovenski vodar 16.

http://www.drustvo-vodarjev.si/SLIKE/04_SLOVENSKI_VODAR/SV16.pdf (Pridobljeno 1. 8. 2016.)

Povž, M., Kryžanowski, A. 2006. *Ribje steze kot naravovarstveni ukrep za ohranjanje biodiverzitete na Savi*. Kryžanowski, A., Sedej, A., 7. posvetovanje Slocold, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige HE na spodnji Savi, zbornik prispevkov. Ljubljana: Slovenski nacionalni komite za velike pregrade. 65-76.

http://www.slocold.si/zbornik/Z_7.pdf (Pridobljeno 1. 8. 2016.)

Predin, A., Virtič, P., Biluš, I. 2009. *Vetrna energija v Sloveniji in svetu*. Volfand, J. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji. Celje: Fit media. 102-106.

Pušnik, M. 2010. *Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje z uporabo večkriterijske analize*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, FGG.

Rman, N., Lapanje, A., Rajver, D. 2009. *Geotermalna energija kot »obnovljiv« in »trajnosten« vir energije*. Volfand, J. Obnovljivi viri energije (OVE) v Sloveniji. Celje: Fit media. 95-101.

Rožman, R. 2012. *Proizvodnja električne energije*. Krško, Nevidunum.

Rožman, R. 2013. *Prenos električne energije*. Krško, Nevidunum.

Sijarić, A., Pantoš, M. 2016. *Vključevanje OVE zahteva razvoj in posodobitev omrežja*. Činkole, Kristan, E., Rajer, B. 2016. Obnovljivi viri energije v Sloveniji: Prerez časa in prostora. Ljubljana, Borzen d.o.o. 83-87.

Sila, M. 2010. *Večkriterijska analiza variant gradnje HE Učja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, FGG.

- Smolar - Žvanut, N., Krušnik, C., Kosi, G., Vrhovšek, D. 2003. *Uporaba perifitona in večjih vodnih nevretenčarjev pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka na reki Rižani, Slovenija*. Ljubljana: Acta hydrotechnica 21/35. 129-144.
<ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a35ns.pdf> (Pridobljeno 10. 8. 2016.)
- Smolar - Žvanut, N., Maddock, I., Vrhovšek, D. 2008. *Evaluation and Application of Environmental Flows for Running Waters in Slovenia*. Water Resources Development, vol.24, No.4, 609-619.
- Smolar-Žvanut, N., Mikoš, M., Vrhovšek, D. 2001. *Vpliv odvzemov vode iz reke Soče na vodni ekosistem*. Mišičev vodarski dan 2001. 43-47.
<http://mvd20.com/LETO2001/R7.pdf> (Pridobljeno 10. 8. 2016.)
- Surian, N., Rinaldi, M. 2003. *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy*. Geomorphology, 50, 307–326.
- Šantl, S., Kompare, K., Skroza, A., Kotelj, D. 2012. *Orodja in metode za načrtovanje hidroenergetske rabe voda in doseganje dobrega stanja voda in vodnih ekosistemov*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Vodnogospodarski inštitut.
- Škantar, M. 1989. *Sestavni deli male hidroelektrarne*. Kenda, M. Male hidroelektrarne (izobraževanje upravljalcev). Ljubljana, Elektrotehniška zveza Slovenije. 21-24.
- Šolc, L. 1981. *Zgradimo majhno hidroelektrarno*. Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo.
- Štular, C., Anžej, M., Renko, S. 1986. *Postopek pri gradnji malih hidroelektrarn s praktičnimi navodili*. Kranj, Občinska raziskovalna skupnost Kranj.
- Tarman, K. 1992. *Biologija 6 – Ekologija*. Ljubljana, DZS.
- Toman, M.J. 1995. *Osnove ekologije celinskih voda*. Biologija v šoli, IV, 1. Ljubljana, 4-14.
- Toman, M.J. 2008. *Vodno ekosistemi – struktura in funkcija*. Strgulc, S., Vičar, M. Ekosistemi – povezanost živih sistemov, Mednarodni posvet biološka znanost in družba. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo. 50-56.
- Tome, D. 2006. *Ekologija: organizmi v prostoru in času*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Uradni list. 2009. *Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka*.
https://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-097-04256-OB~P003-0000.PDF#!/pdf (Pridobljeno 1. 8. 2016.)
- Urbančič, G., Smolar-Žvanut, N., Pavlin Urbanič, M., Kosi, G., Podgornik, S., Anzeljc, D., et al. 2015. *Elementi stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka – predstavitev ciljnega raziskovalnega projekta*. 26. Mišičev vodarski dan, 2015.
<http://mvd20.com/LETO2015/R37.pdf> (Pridobljeno 4. 8. 2016.)
- Urbančič, A., Stančić, D., Petelin Visočnik, B. 2013. *Akcijski načrt za učinkovito rabo energije za obdobje 2011-2016*. Volfand, J. URE, energetika in okolje. Celje: Fit media. 21-30.

Urbanič, G., Toman, M.J. 2003. *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana, Študentska založba.

Vendramin, M. 2013. *Cilji energetske politike in njihovi učinki na narodno gospodarstvo*. Volfand, J. URE, energetika in okolje. Celje: Fit media. 15-20.

Vlada RS. 2009. *Uredba o kriterijih za določitev ter načini spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka*. Ur. L. RS št. 97-121919/2009.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=94816> (Pridobljeno 7. 6. 2016.)

Vodušek, M. 2013. *Načrt razvoja distribucijskega omrežja električne energije v Republiki Sloveniji za desetletno obdobje od leta 2013 do 2022*.

http://www.sodo.si/files/668/NRO_2011_2020_SODO_soglasje.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

Vrhovšek, D., Vovk Korže, A. 2008. *Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov*.

Ljubljana : Limnos ; Maribor : Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije.

Williams, G.P., Wolman, M.G. 1984. *Downstream effects of dams on alluvial rivers*. *U.S. Geological Survey Professional Paper*.

<http://pubs.usgs.gov/pp/1286/report.pdf> (Pridobljeno 6. 6. 2016.)

Žumbar Klopčič, A., Srnovršnik, T., Kegel, M., Vučina Vršnak, A., Drevenšek, S. 2012. *Pametna omrežja – iz teorije v prakso*. Ljubljana: Energetika.Net.