

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni študij vodarstva in
komunalnega inženirstva

Kandidat:

Martin Pušnik

Ocena vplivov malih hidroelektrarn na vodotoke z uporabo večkriterijske analize

Diplomska naloga št.: 137

Mentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Somentor:

asist. dr. Nataša Smolar Žvanut

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Martin Pušnik** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje z uporabo večkriterijske analize«

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

Ljubljana, _____ 2010

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE:

Nalogo so si ogledali učitelji študija Vodarstva in komunalnega inženirstva:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004.42:504.4:556.53:627.8(043.2)
Avtor:	Martin Pušnik
Mentor:	prof. dr. Matjaž Mikoš
Somentor:	dr. Nataša Smolar Žvanut
Naslov:	Ocena vplivov malih hidroelektrarn na vodotoke z uporabo večkriterijske analize
Obseg in oprema:	94 str., 3 pregl., 22 sl.,
Ključne besede:	mala hidroelektrarna, večkriterijska analiza, programska oprema HYPSE

IZVLEČEK

Energetika je za okolje ena izmed najbolj obremenjujočih gospodarskih dejavnosti. Direktiva 2001/77/ES o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov od držav članic zahteva povečanje deleža obnovljivih virov do 22,1 % do leta 2010, okvirna direktiva o vodah (2000/60/EC) pa, da bi do leta 2015 dosegli zmanjšanje hidromorfoloških vplivov povezanih s proizvodnjo hidroenergije. Vplivi na hidromorfologijo, fizikalne in kemijske parametre, vodni in obvodni ekosistem in poseg v krajino se morajo opredeliti kvalitativno in kvantitativno. Strokovne podlage, z oceno naštetih vplivov, so najpomembnejši element odločitve za posege v vodotoke in oceno možnosti izgradnje malih hidroelektrarn. Med različnimi programskimi orodji, ki so na razpolago, je HYPSE (*HYdro Power Systems Evaluations – Vrednotenje hidroenergetskih sistemov*) programska oprema, razvita posebej za izvajanje večkriterijskega načina vrednotenja alternativnih projektov hidroelektrarn. Namenjena je tako projektantom, katerim ponuja orodje za oceno, kako na primer različne odločitve vplivajo na okolje ter kako izboljšati sprejemljivost male hidroelektrarne z okoljevarstvenega stališča, kot tudi upravnim organom, pristojnim za področje malih hidroelektrarn, ki morajo namero o gradnji dovoliti ali ustaviti. Na konkretnih primerih, desetih že izvedenih hidroelektrarn na področju severozahodne Slovenije, je prikazana uporabnost tega programa. Z določitvijo vrednosti kriterijev (tehnološki, ekonomski,

ekološki) lahko ocenimo, katera izmed desetih hidroelektrarn te najbolj izpolnjuje. S prikazanim postopkom tako ovrednotimo različne objekte. Enak postopek lahko uporabimo tudi za oceno posameznega objekta z uporabo različnih vhodnih podatkov. Na podlagi izbranih kriterijev je lahko končna ocena vplivov z uporabo takega programa enostavna in objektivna.

BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:504.4:556.53:627.8(043.2)
Author: Martin Pušnik
Supervisor: prof. dr. Matjaž Mikoš
Co-supervisor: dr. Nataša Smolar Žvanut
Title: Impacts of Small Hydropower Plants on streams
evaluated with multicriterial analyse
Notes: 94 p., 3 tab., 22 fig.,
Key words: smal hydropower plant, multicriterial analise,
HYPSE software

ABSTRACT

Power supply is one of the most burdening economic activity from the standpoint of environment. Directive 2001/77/ES about encouraging production of electric energy from renewable sources demands enlargement of it up to 22.1% till 2010 and Water Framework Directive about water (2000/60/EC) lowering of hydromorfological impacts connected with production of hydro energy until 2015. Influence on hydromorphology, physical and chemical parameters, water and riparian ecosystem and interventions in landscape should be defined quantitatively and qualitatively. Expert grounding with the assessment of these impacts is the key instrument of the final decision about interventions in streams and assessment of possibility of construction of small hydroelectric power stations. Between different software tools which are available HYPSE- (*HYdro Power Systems Evaluations*) software is developed especially for multicriterial evaluation by choosing one of the alternative projects of small hydroelectric power station. It is designed for planners, whom offers the tools for estimation how for example different decisions influence on ecology and which relieving and how to improve acceptability of small hydroelectric power station from the ecological standpoint, as also for authorities, which are competent for the field of small hydroelectric power station and have to allow the construction or stop it. By the concrete

examples of ten small hydroelectric power stations in northwest Slovenia its applicability is shown. With the decision of criteria values (technologic, economic and ecologic), which of the ten small hydroelectric power stations fulfil them the most, can be estimated. With this procedure different solutions can be estimated. Estimation of a single solution with different involved data can also be done. On the ground of chosen criteria the final decision by the use of this system is simple and objective.

ZAHVALA

Prisrčna hvala mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu in somentorici Nataši Smolar-Žvanut za strokovno pomoč, usmerjanje in prijaznost pri nastajanju diplomske naloge.

Posebna zahvala gre družini, ker mi je omogočila izobraževanje in me vseskozi vzpodbujala ter podpirala. Hvala tudi ostalim, ki so kakorkoli pripomogli k nastanku tega diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lastnikom malih hidroelektrarn za posredovanje podatkov desetih malih hidroelektrarn.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	MALE HIDROELEKTRARNE	3
2.1	Kaj so male hidroelektrarne.....	4
2.2	Instalirana moč malih hidroelektrarn	5
2.2.1	Svet.....	5
2.2.2	Evropa	6
2.2.3	Slovenija.....	7
2.3	Upravni postopki	8
2.3.1	Pridobitev vodne pravice	9
2.3.2	Koncesijska pogodba za rabo vode v malih hidroelektrarnah	12
2.4	Vplivi malih hidroelektrarn na okolje	12
2.4.1	Vpliv malih hidroelektrarn na hidromorfologijo	13
2.4.2	Vpliv malih hidroelektrarn na fizikalne in kemijske parametre	17
2.4.3	Vpliv malih hidroelektrarn na vodni in obvodni ekosistem.....	17
2.4.4	Vpliv malih hidroelektrarn na krajino	19
2.5	Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje	20
2.5.1	Koraki študije vpliva na okolje.....	22
2.5.2	Ocena vplivov male hidroelektrarne na okolje.....	25
3	VEČKRITERIJSKA ANALIZA	26
3.1	Odločanje.....	26
3.1.1	Večparametrsko odločanje	29
3.2	Vrednotenje.....	31
3.2.1	Večkriterijski pristop vrednotenja	31
3.2.2	Objektivnost in osnovni principi večkriterijskega vrednotenja	33
3.3	Programska oprema HYPSE.....	35
3.3.1	Nastanek ideje	37
3.3.2	Večkriterijski pristop vrednotenja s programsko opremo HYPSE	37
3.3.2.1	Standardizacija vhodnih podatkov.....	39
3.3.2.2	Kriterijske prioritete	40
3.3.2.3	Analiza konkordance	41
3.3.2.4	Analiza občutljivosti.....	47

4	UPORABA PROGRAMA HYPSE	51
4.1	Osnovni koncepti.....	51
4.2	Koraki procesa vrednotenja.....	53
4.3	Izdelava evalvacijske matrike	54
4.3.1	Splošni podatki o hidroelektrarni.....	56
4.3.2	Območje zaježitve (gorvodno območje).....	59
4.3.3	Večnamenski učinki, posledice.....	61
4.3.4	Jez ali nasip.....	62
4.3.5	Strojnica.....	64
4.3.6	Rečni odsek dolvodno od zaježitve do vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (preusmeritveni odsek).....	65
4.3.7	Dovodni kanal.....	68
4.3.8	Odvodni kanal.....	69
4.3.9	Rečni odsek dolvodno od vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (dolvodno območje)	69
4.4	Upravljanje evalvacijske matrike.....	71
4.4.1	Spremembe lastnosti projekta.....	71
4.4.2	Spremembe lastnosti kriterijev	72
4.5	Izbor indeksov izračunavanja.....	74
4.6	Analiziranje končnih položajev alternativ.....	75
4.7	Upravljanje obtežitvenega sistema.....	76
4.8	Analiza občutljivosti	77
4.9	Uporaba programa HYPSE za primerjavo desetih malih hidroelektrarn v Sloveniji	78
4.9.1	Standardizacija podatkov.....	80
4.9.2	Eliminacija in selekcija alternativ.....	81
4.9.3	Analiza občutljivosti z dvema homogenima skupinama.....	84
4.9.3.1	Najboljše in najslabše alternative pri dveh homogenih skupinah	84
4.9.3.2	Predstavitev alternativ pri dveh homogenih skupinah	85
4.9.4	Analiza s tremi homogenimi skupinami	87
4.9.4.1	Najboljše in najslabše alternative pri treh homogenih skupinah.....	87
4.9.4.2	Predstavitev alternativ pri treh homogenih skupinah.....	88
5	ZAKLJUČEK	89
	VIRI	92

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Skupne instalirane moči mHE v EU.....	7
Preglednica 2: Prikaz emisije CO ₂ pri proizvodnji električne energije iz fosilnih goriv	56
Preglednica 3: Matrika ocenjevanja	83

KAZALO SLIK

Slika 1: Akumulacijska, pretočna in črpalna hidroelektrarna	4
Slika 2: Obravnava pobud za mHE	9
Slika 3: Odločitveno drevo za pridobitev Vodnega dovoljenja ali Koncesijske pogodbe	11
Slika 4: Večparametrski odločitveni model	30
Slika 5: Klasifikacija metod vrednotenja	33
Slika 6: Prazno okno programa HYPSE	52
Slika 7: Najpogosteje uporabljene funkcije	53
Slika 8: Programsko okno za izdelavo evalvacijske matrike	55
Slika 9: Urejevalnik projektov (Project Data)	72
Slika 10: Urejevalnik kriterijev (Criteria Data)	73
Slika 11: Pomožno okno Choose indexes	74
Slika 12: Pomožno okno za urejanje obtežitvenega sistema (Weights manager)	77
Slika 13: Evalvacijska matrika »Primerjava 10 mHE«	78
Slika 14: HYPSE izpis izbranih kriterijev	79
Slika 15: Prikaz standardiziranih vrednosti evalvacijske matrike	80
Slika 16: Matrika enostavnega diskonkordančnega indeksa ($d_{i,SD}$)	81
Slika 17: Matrika združenega diskonkordenčnega indeksa ($d_{i,AD}$)	82
Slika 18: Matrika združenega obteženega diskonkordančnega indeksa ($d_{i,AWD}$)	83
Slika 19: Prikaz najboljših in najslabših mHE; 2 homogeni skupini	85
Slika 20: Prikaz podrobnosti alternativ; 2 homogeni skupini	86
Slika 21: Prikaz najboljših in najslabših mHE; 3 homogene skupine	87
Slika 22: Prikaz podrobnosti alternativ; 3 homogene skupine	88

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prispevek celin k svetovni instalirani moči mHE	6
Grafikon 2: Instalirana moč mHE v EU-25, EU-10, CC, na Norveškem in v Švici	6
Grafikon 3: Instalirana moč mHE v državah v EU-25 in CC.....	7

1 UVOD

Energija je ena najpomembnejših usmerjevalnih sestavin razvoja vsake družbe, energetika pa gospodarska dejavnost, ki je za okolje ena izmed najbolj obremenjujočih. Sedanji vzorci potrošnje energije v svetu zahtevajo drastične spremembe zaradi uničujočih vplivov na praktično vse elemente okolja, zdravje in blaginjo prebivalstva. Kot ena od rešitev za zmanjševanje obremenjevanja se omenja povečanje deleža obnovljivih virov energije (OVE). Rast končne porabe električne energije presega vsa pričakovanja in resno ogroža dolgoročno zanesljivost oskrbe z energijo, zato se povečuje okoljsko manj primerna proizvodnja iz premoga ter uvoz električne energije. Razloge gre iskati v neizvajanju ukrepov za usmerjanje porabe električne energije, neustrezni cenovni politiki, slabi energetske učinkovitosti oziroma velikih transformacijskih izgubah pri pretvorbi iz primarne v končno energijo in v evropskem merilu v visoki energetske intenzivnosti gospodarstva – povezani s strukturo gospodarstva, ki se le počasi spreminja v prid energetske manj intenzivnih panog.

Hydroenergijo uvrščamo med čiste in obnovljive vire energije, saj njena pretvorba v električno energijo ne onesnažuje okolja in skrbi za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Če je elektrarna skrbno načrtovana, je možno vodno energijo označiti kot obnovljivo in trajno. Prav tako pa je njen izkoristek 90 %, kar je najvišje v primerjavi z drugimi viri energije. Tako je vodna energija trenutno najpomembnejša svetovna in evropska tehnologija za proizvodnjo električne energije s področja obnovljivih virov po instalirani moči in pridobljeni energiji.

Gradnja mHE bi morala biti veliko bolj načrtovana, saj cele vrste relevantnih podatkov običajno za izbrano lokacijo mHE sploh ni na voljo, posebej tistih, za katere potrebujemo meritve skozi več let. Ocena in presoja vplivov na okolje morata biti nujna usklajena pogoja za kakršenkoli poseg v vodotoke. Vpliv gradnje mHE na okolje je tem večji, čim večji delež povprečnega letnega oziroma najnižjega pretoka je izkoriščen. Pri končni odločitvi o možni gradnji mHE moramo iskati potreben konsenz tudi lokalne skupnosti ter vseh zainteresiranih skupin. Zavedati se moramo, da so strokovne podlage najpomembnejši element, zato jih je potrebno pripraviti skrbno in z argumenti podpreti pozitivne rešitve kot tudi zavrniti neustrezne. Slovenija je sprejela dve direktivi, ki imata popolnoma različne cilje: Direktivo

2001/77/ES o spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov in Okvirno direktivo o vodah (2000/60/EC). Prva od držav članic zahteva, da določijo okvirne cilje za proizvodnjo elektrike iz obnovljivih virov energije do leta 2010, skladne s celotnim okvirnim ciljem Skupnosti, ki je 22,1 %. Večina držav mora, poleg drugih virov, povečati tudi proizvodnjo hidroenergije. Na drugi strani pa vodna direktiva od držav članic zahteva, da izboljšajo ekološko stanje vodnih teles, da bi do leta 2015 dosegle »dobro stanje«, kar med drugim vključuje tudi zmanjšanje hidromorfoloških vplivov, povezanih s proizvodnjo hidroenergije.

Na podlagi Evropske strategije za raziskave, razvoj in prikaz obnovljivih virov energije iz mHE (European Strategy of Research, Development and Demonstration for Renewable Energy from Small Hydropower) bi morali ustvariti orodje za pomoč projektantom, za ocenjevanje različnih možnosti okoljskih vplivov, tako da se lahko določijo ukrepi, ki jih je treba sprejeti, da bi izboljšali sprejemljivost mHE iz okoljskega vidika. V tem pogledu je ena izmed možnosti uporaba programske opreme HYPSE (*HYdro Power Systems Evaluations – Vrednotenje hidroenergetskih sistemov*), s katero lahko na podlagi več kriterijev presojava vplive mHE na okolje.

Večkriterijska analiza je preveč kompleksna metoda, da bi jo uporabljali brez specifičnega programa za izračune. Večina kriterijev, ki se uporabljajo pri natančni raziskavi okoljskih problemov pri izvedbi mHE, potrebuje program, ki projektantom in ocenjevalcem olajša analizo primera.

Naloga je sestavljena iz treh delov. V prvem delu so prikazane osnove z vplivi mHE na okolje, v drugem programska oprema HYPSE, v tretjem pa primer njene uporabe.

2 MALE HIDROELEKTRARNE

Hidroelektrarne (HE) so objekti, v katerih se potencialna energija vode pretvarja v električno energijo. Potencialno energijo vode je mogoče pretvoriti v uporabne oblike zaradi njenega gibanja, ki je posledica gravitacije. Količina pridobljene energije je odvisna tako od količine vode kot od višinske razlike vodnega padca. Izračun moči HE (P):

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta_n \cdot Q \cdot h; (kW)$$

ρ	...	gostota vode (kg/m^3)
g	...	težnostni pospešek (m/s^2)
η_n	...	izkoristek naprav (%)
Q	...	pretok (m^3/s)
h	...	padec (m)

Dejanska moč, ki jo elektrarna doseže, je odvisna še od izkoristkov naprav, pri čemer so odločilni turbina, generator in transformator. O energiji, ki jo HE tekom leta proizvede, odloča trajanje pretoka vode.

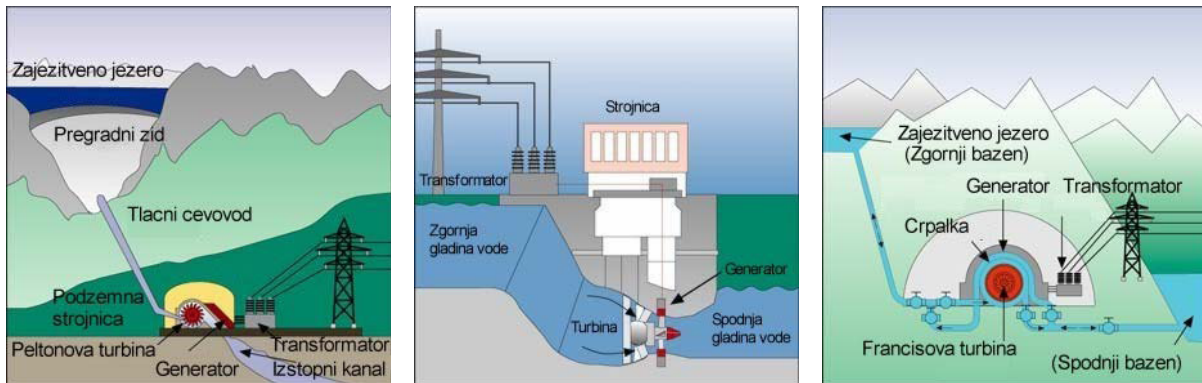
V smeri toka vode je HE sestavljena na splošno iz (Jerkovič, 1996):

- zajetja,
- dovodnega objekta,
- hidromehanske opreme,
- zgradbe strojnice, v kateri se nahaja agregat, sestavljen iz turbine in generatorja,
- upravljalnega sistema ter povezave z distribucijskim omrežjem in
- odvodnega objekta.

Tipi hidroelektrarn:

Akumulacijska HE, ki je običajno velik hidroenergetski sistem, uporablja pregrado za shranjevanje vode v zajezitvi. V zajezitvi HE se lahko shrani zelo velika količina vode, ki jo lahko uporabljajo preko daljšega časovnega obdobja. **Pretočne HE** lahko nepretrgano proizvajajo električno energijo, samo dokler je na razpolago tekoča voda. To je najpogostejši tip elektrarne v Sloveniji. Ko je povpraševanje po elektriki majhno, **črpalna HE** shrani

energijo s črpanjem vode iz nižje v višjo zaježitev. V času velikega povpraševanja po elektriki se za proizvodnjo električne energije voda spusti nazaj v nižjo zaježitev.



*Slika 1: Akumulacijska, pretočna in črpalna hidroelektrarna
(<http://www.cipra.org/> (26.01.2010))*

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

Po splošnem veljavnem načelu delimo hidroenergetski potencial na (MOP, 2007):

- teoretični hidroenergetski potencial,
- tehnično izkoristljiv hidroenergetski potencial,
- ekonomsko upravičen hidroenergetski potencial in
- ekološko sprejemljiv hidroenergetski potencial.

2.1 Kaj so male hidroelektrarne (mHE)

V Evropski uniji (EU) ni enotnega zakona, ki bi definiral, kaj je mHE. Osnovna delitev HE je na podlagi instalirane moči. Zgornja meja moči mHE se sicer razlikuje od države do države (1,5 do 25 MW), vendar se v zadnjem času uveljavlja 10 MW kot splošno priznana meja, ki jo uporablja tudi Evropsko združenje za mHE (ESHA; European Small Hydropower Association). Seveda pa ta kategorizacija nima fiksnih meja in definicij, saj služi predvsem za

lažjo predstavo, o kakšnem tipu HE je govora. V nadaljevanju povzemam eno od možnih delitev (Koželj, 2004).

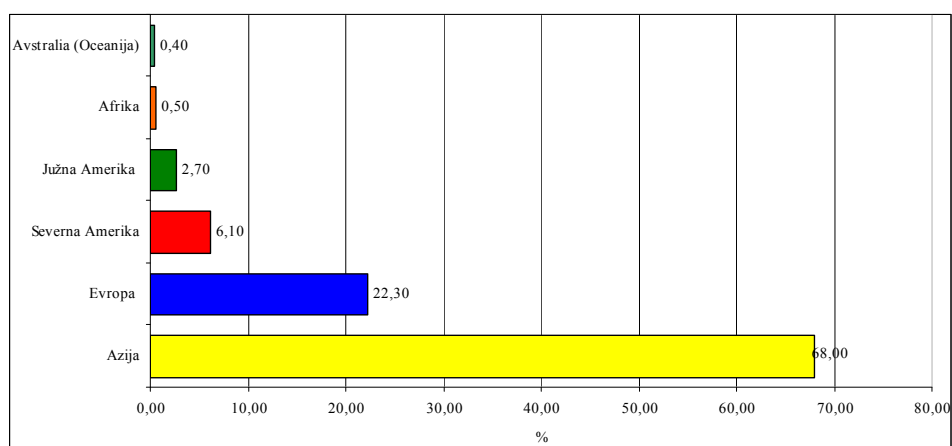
- Po skupni instalirani moči ločimo:
 - Male hidroelektrarne:
 - mikro (do 125 kW),
 - mini (125 do 1000 kW),
 - male (1 - 10 MW).
 - Systemske elektrarne:
 - srednje (10 - 100 MW) ,
 - velike HE (nad 100 MW).

- Glede na padec poznamo:
 - HE z velikim padcem – visokotlačne (100 m in več),
 - HE s srednjim padcem – srednjetlačne (od 30 do 100 m) in
 - HE z majhnim padcem – nizkotlačne (od 2 do 30 m).

2.2 Instalirana moč malih hidroelektrarn

2.2.1 Svet

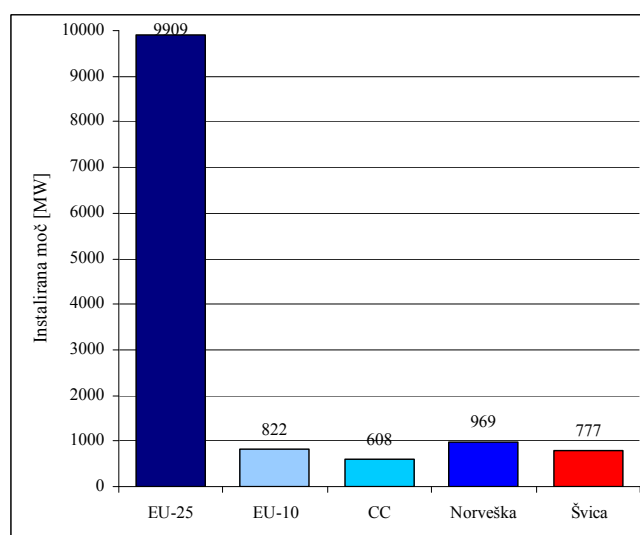
Svetovni Energijski Svet (WEC; The World Energy Council) je ocenil, da se bo skupna instalirana moč mHE do 2010 povečala na 55 GW. Leta 2000 je bila skupna instalirana moč mHE približno 37 GW (<http://www.esh.a.be> (16.02.2010)).



*Grafikon 1: Prispevek celin k svetovni instalirani moči mHE
(<http://www.esha.be> (16.02.2010))*

2.2.2 Evropa

MHE v EU imajo, s skupno 11.643,5 MW instalirane moči (do leta 2005), pomembno vlogo znotraj evropskega elektrosistema (Grafikon 2). Vodilne države na področju mHE ostajajo Italija (2.592 MW), Francija (2.040 MW), Španija (1.788 MW), Nemčija (1.584 MW), Avstrija (994 MW) in Švedska (823 MW). Instalirane kapacitete v teh državah predstavljajo skupno 84,3 % vseh instaliranih kapacitet mHE v EU.



Grafikon 2: Instalirana moč mHE v EU-25 (države, ki so bile članice EU po 1. maju 2004), EU-10 (države, ki so v EU vstopile leta 2004), CC (države kandidatke leta 2005), na Norveškem in v Švici (<http://www.esha.be> (16.02.2010))

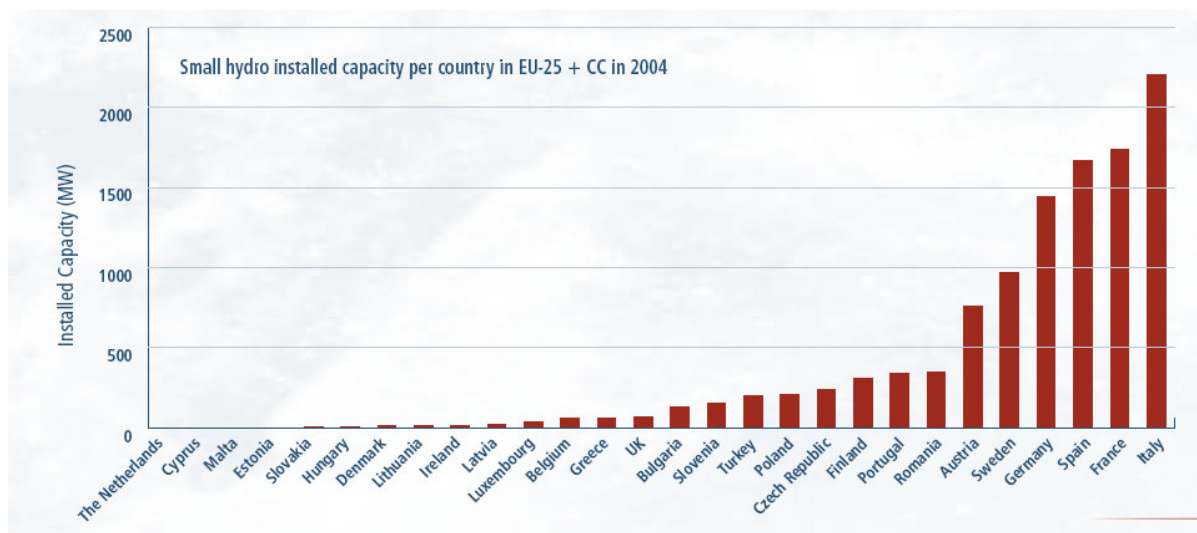
Doseganje zastavljenih ciljev iz Bele knjige o obnovljivih virih energije ostaja vprašljivo (Renewable Electricity Directive (RES)). Stopnje rasti instaliranih moči so bile prenizke, da bi zastavljeni cilj, 14.000 MW mHE, lahko dosegli (Preglednica 1). Po izračunih EurObservER-ja naj bi, ob upoštevanju stopnje rasti instaliranih moči 2 % letno, v letu 2010 imeli instaliranih 12.855 MW mHE, kar je 1.145 MW manj od zastavljenih ciljev (<http://www.esha.be> (16.02.2010)).

Preglednica 1: Skupne instalirane moči mHE v EU (<http://www.esha.be> (16.02.2010))

EU	Stanje v letu 1995	Stanje v letu 2004	Ocena za leto 2010
Instalirana moč mHE	9.500 MW	11.640 MW	14.000 MW

2.2.3 Slovenija

V Sloveniji je bila do konca leta 2005 skupna instalirana moč mHE 143,3 MW, s čimer se Slovenija uvršča na 12. mesto med državami EU (<http://www.esha.be> (16.02.2010)).

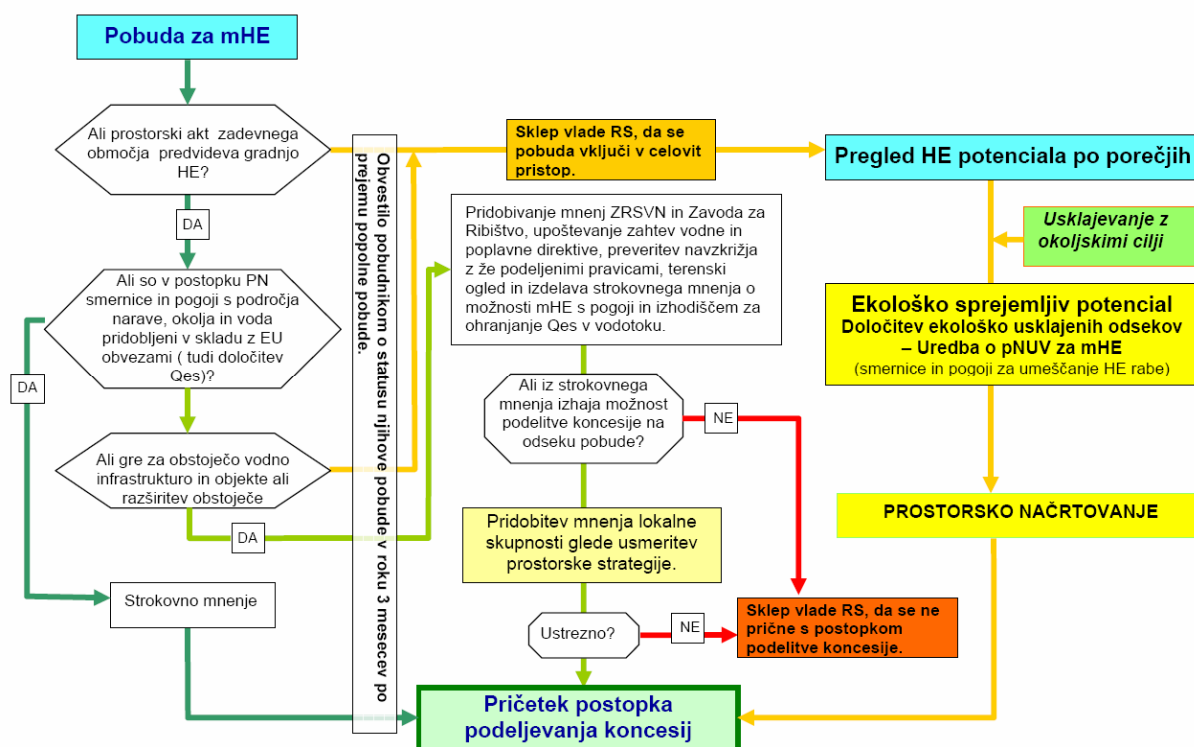


*Grafikon 3: Instalirana moč mHE v državah v EU-25 in CC, 2004
(<http://www.esha.be> (16.02.2010))*

2.3 Upravni postopki

Republika Slovenija, ki upravlja z vodami na svojem ozemlju, lahko proti plačilu podeli koncesije na naravni dobrini, med drugim tudi za gospodarsko izkoriščenje vode posameznih vodotokov ali posameznih odsekov vodotokov za proizvodnjo električne energije. V ta sklop spadajo tudi koncesije za mHE. Tako se na podlagi pobude za rabo vode za proizvodnjo električne energije v mHE, ki jo poda fizična ali pravna oseba, prične postopek za pripravo predloga koncesijskega akta (slika 2). Čeprav uveljavitev postopka podeljevanja koncesije ponovno omogoča in tudi zahteva dvig okoljske zavesti in dvig zavedanja na vseh področjih, predstavlja glavno oviro pri večji iniciativi za gradnjo mHE, saj so postopki za pridobitev koncesije in kasneje gradbenega dovoljenja relativno zapleteni, netransparentni in dolgotrajni.

Lastniki zemljišč, ki imajo določeno prioriteto pri pridobivanju koncesije in upravnih dovoljenj, nimajo interesa, znanja in potrebnega kapitala za gradnjo. Na drugi strani pa za investitorje z referencami in kapitalom ni na razpolago lokacij s potrebnimi dovoljenji, da bi objekte lahko gradili. Za take investitorje pa je manj zanimivo, da bi sami začeli s postopkom od pridobitve koncesije do lokacijskega in gradbenega dovoljenja, ker je končni rezultat predvsem nepredvidljiv (http://www.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/majhne_hidroelektrarne.pdf).



Slika 2: Obravnava pobud za mHE

(http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/direktorat_za_okolje/sektor_za_vode/vodne_pravice/ (14.02.2010))

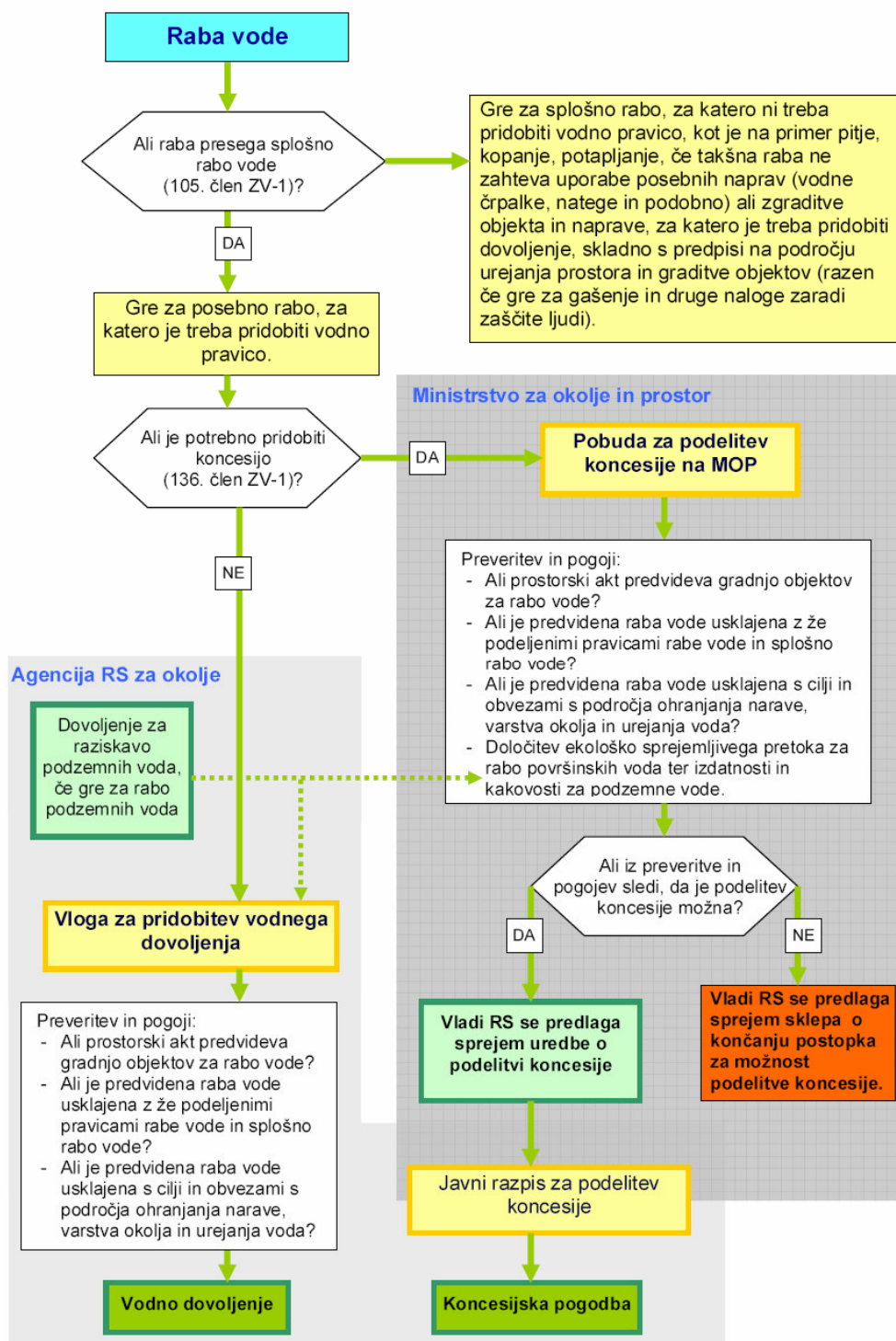
2.3.1 Pridobitev vodne pravice

Zakon o vodah (ZV-1) je uvedel obveznost pridobitve vodne pravice za vsako rabo vodnega ali morskega dobra, ki presega meje splošne rabe, za rabo naplavin ali podzemnih voda in sicer na podlagi vodnega dovoljenja (125. čl. ZV-1) ali koncesije (136. čl. ZV-1) v skladu z določbami tega zakona. Za rabo vode za proizvodnjo električne energije tako Zakon o vodah predvideva pridobitev vodnega dovoljenja, če gre za HE, ki ne bo neposredno priključena na javno električno omrežje oziroma koncesije, če gre za HE, ki bo priključena na javno električno omrežje. Vodno pravico mora, na podlagi 199. čl. ZV-1, pridobiti tudi pravna ali fizična oseba, ki je na dan uveljavitve tega zakona že rabila oziroma izkoriščala vodno ali morsko dobro ali odvezemala naplavine in ni razpolagala z ustreznim aktom o vodni pravici. V

ta namen mora omenjena pravna ali fizična oseba v dveh letih od uveljavitve ZV-1 vložiti vlogo za izdajo vodnega dovoljenja ali koncesije (<http://www.arso.gov.si> (12.2.2010)).

Pri odločanju o možnosti pridobitve vodne pravice se v okviru postopka preveri, ali obstajajo prostorske podlage za gradnjo objektov za izvajanje vodne pravice, pridobijo se naravovarstvene smernice Zavoda za varstvo narave v skladu z Zakonom o ohranjanju narave (Ur. L. RS 56/1999) in strokovno mnenje Zavoda za ribištvo v skladu z Zakonom o sladkovodnem ribištvu (Ur. L. RS 61/2006). Preveriti je potrebno, ali so na obravnavanem območju že podeljene vodne pravice, in navsezadnje strokovno preveriti varstvena in ogrožena območja ter druge pravne režime po Zakonu o vodah. Po proučitvi vseh pravnih in strokovnih omejitev in režimov, potrebnih za odločanje o podelitvi koncesije, sprejme Vlada RS koncesijski akt in ga objavi v Uradnem listu RS. Na podlagi tega akta izvede ARSO javni razpis in pripravi Vladi predlog za izbor koncesionarja. Predloge odločb o izbiri koncesionarja obravnava Vlada RS, ki odloči o izboru koncesionarja. Po pravnomočnosti odločbe pripravi ARSO koncesijsko pogodbo med koncesionarjem in RS kot koncedentom. V imenu koncedenta sklene pogodbo generalni direktor ARSO, ki ga je Vlada pooblastila za to dejanje.

Zakon o vodah v 7. poglavju ureja tudi prilagoditev vodnih pravic za obstoječo rabo vode in sicer za objekte in naprave, ki so ob uveljavitvi Zakona o vodah imeli pridobljeno pravnomočno vodnogospodarsko dovoljenje, uporabno dovoljenje oziroma odločbo upravnega organa o priglasitvi del (Habič, 2006). Na sliki 3, je prikazan postopek za pridobitev Vodnega dovoljenja ali Koncesijske pogodbe.



Slika 3: Odločitveno drevo za pridobitev Vodnega dovoljenja ali Koncesijske pogodbe
 (http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/direktorat_za_okolje/sektor_za_vode/vodne_pra_vice/ (15.02.2010))

2.3.2 Koncesijska pogodba za rabo vode v malih hidroelektrarnah

Vodno pravico je mogoče izvajati šele s sklenitvijo koncesijske pogodbe. S to pogodbo koncedent in koncesionar urejata medsebojna razmerja v zvezi z rabo vode za proizvodnjo električne energije na delu vodnega telesa, ki je bil določen že z uredbo. Koncesijska pogodba ugotavlja ustreznost izpolnjevanja pogojev za sklenitev koncesijske pogodbe, natančno opredeljuje obseg in območje koncesije, določa rok za pričetek izvajanja vodne pravice in trajanje koncesije ter določa pravice in obveznosti koncesionarja. V pogodbi je urejen in določen način plačevanja za koncesijo ter način podaljšanja, spremembe, prenosa in prenehanja koncesije. Nadzor nad izvajanjem koncesijske pogodbe opravljata ministrstvo, pristojno za vode in Inšpektorat RS za okolje in prostor.

Agencija Republike Slovenije za okolje v imenu koncedenta poleg priprave koncesijskih pogodb spremlja tudi izvajanje koncesije oziroma rabe vode in v okviru tega vsakoletno zbira podatke glede vsebinskih sprememb podeljene koncesije in podatke o proizvedeni letni energiji, na osnovi katerih se določi velikost plačila za koncesijo (Habič, 2006).

2.4 Vplivi malih hidroelektrarn na okolje

Vplivi posegov HE na okolje so praviloma večstranski in kompleksni. Vplive ugotavljamo posebej za obdobje izgradnje objekta kot tudi za obdobje delovanja objekta. Pri tem ločimo vplive glede:

- različnih okolij (zemlja, voda, zrak, biosfera ipd.),
- dobrih in slabih vplivov (pozitivni ali negativni vplivi),
- lokalni vplivi ali vplivi širšega pomena,
- kratkoročni in dolgoročni vplivi,
- občasni ali stalni,
- direktni ali indirektni (primarni ali sekundarni oziroma posredni ali neposredni) ter
- povratni ali nepovratni.

Gradnja mHE vpliva na okolje na več načinov. Vplivi so vidni v spremenjeni pokrajini in spremenjeni gladini talne vode, odražajo pa se tudi na značilnostih vodotoka ter življenjskega prostora v reki in ob njej. Kompleksnost vplivov med vsemi dejavniki v ekosistemu omogoča, da je ekosistem zmožen prenesti večino počasnih in relativno majhnih sprememb, ki se pojavljajo v naravi. Če to ravnotežje prekinejo velike spremembe, potem sistem ni več stabilen in se nepovratno spremeni (Smolar-Žvanut et al., 2005).

2.4.1 Vpliv malih hidroelektrarn na hidromorfologijo

○ Spremembe rečnega režima

Spremembe pretoka vode zaradi obratovanja hidroelektrarn so lahko 3 tipov (Smolar-Žvanut et al., 2005):

- pretok vode v časovnih presledkih narašča in upada,
- hitre kratko-časovne spremembe v pretoku vode,
- konstantni pretok tekom leta.

Jezovi spremenijo naravni rečni režim. Zajezitve vplivajo na rečno hidrologijo in sezonsko spremenljivost pretoka (O'Reilly, Silberblatt, 2009). Pretoki so tako v deževnem obdobju manjši kot normalno, v suhih obdobjih pa so lahko zaradi povečanega izpusta večji kot normalno. Eliminacija manjših poplav, ki nastopijo trenutno, in nizkih pretokov v času suše ima velik vpliv na rečni in obrečni ekosistem.

Poleg sprememb sezonskih pretokov lahko nastopajo tudi povečana dnevna nihanja pretokov, ki so odvisna od obratovalnega urnika objekta. Povečana dnevna nihanja vplivajo na občasno izrazito zmanjšanje habitatov vodnih organizmov, kar je še posebej pomembno v sušnih obdobjih (Stojič, 1996).

S spremembo pretoka se spreminja sestava dna in pogoji za razvoj posameznih vrst ter oblikovanje razvojnih niš. Rekolonizacija nekdanjih vrst pri spremenjeni sestavi dna ni več mogoča (potrebno je ponovno preoblikovati tudi dno struge). Najhujše razmere so v primeru naglih nenaravnih sprememb, ki onemogočajo razvoj habitatov bodisi v mirnih ali deročih

vodah. Zmanjšan pretok vode pod odvzemom bistveno vpliva na širino struge in posledično na povprečno omočenost struge.

- **Sprememba režima podtalnice**

Podtalnica je vodni zbiralnik za reke. V splošnem je nivo podtalnice višji kot bližnji rečni horizont, zato je podtalnica v stalni izmenjavi z reko. Nivo podtalnice se po reki navzdol premika v isti smeri kot rečni horizont, vendar počasneje. V času nizkih voda se reka polni s podtalnico, v času visokih voda pa odvečna voda iz reke odteka v podtalnico.

Zajezitev reke ima lahko velik vpliv na podtalnico. Zatesnitev dna in brežin akumulacije lokalno prekine izmenjavo vode med reko in podtalnico, zato se nivo podtalnice zniža, kar lahko povzroči propad obrežne vegetacije ob akumulaciji. Na območju nezatesnjene akumulacije se podtalnica napaja, kar je posebej izrazito v začetnem obdobju, ko še ni oblikovan sloj finih sedimentov, ki sčasoma precej zmanjša pronicanje. Zaradi umetnega polnjenja se v okolici akumulacije dvigne nivo podtalnice, kar lahko povzroči zamočvirjenje tal.

Spremenjen sezonski pretočni režim, ki je posledica obratovanja akumulacije, vpliva na spremembo režima polnjenja in praznjenja podtalnice vzdolž reke dolvodno. Povečan pretok v sušnih obdobjih zmanjša praznjenje podtalnice, zmanjšanj pretok v času visokih voda pa vpliva na manjše naravno polnjenje podtalnice. Manjše sezonsko nihanje nivoja podtalnice pozitivno vpliva na preskrbo z vodo in negativno vpliva na obrežno vegetacijo, ki je prilagojena na naravni režim nihanja. Poleg sezonskega nihanja pretoka na podtalnico nekoliko vpliva tudi dnevno nihanje, ki je posledica dnevnega obratovalnega urnika (Stojič, 1996).

- **Sprememba hitrosti vodnega toka**

V primeru zajezitve rečnega sistema se gorvodno tok vode upočasni in začne se odlaganje sedimenta v akumulaciji (O'Reilly in Silberblatt, 2009). Zaradi odvzema vode pride na

dolvodnem odseku do nizkih hitrosti vodnega toka, ter do opaznega zmanjšanja v velikosti in številu brzic (Smolar-Žvanut, 2001, Smolar-Žvanut et al., 2005).

- **Transport in odlaganje sedimentov in plavin**

Reke in potoki transportirajo različne količine sedimentov. Kvaliteta in kvantiteta sedimentov je odvisna od erozijskih razmer (nagiba brežin, površinskega pokrova, matične osnove in prsti) v vodozbirnem območju in stopnje pretoka. Kapaciteta transporta sedimentov je v razmerju s pretokom. Velike količine sedimentov se transportirajo v času poplav oziroma drugih visokih voda. Antropogeni vplivi, kot so regulacije strug, lahko povzročijo zmanjšanje odlaganja, zastajanje in spiranje drobnih sedimentov (Stojič, 1996). V času nizkih pretokov se v vodotokih kopičijo drobni sedimenti in povečano je odlaganje organskih delcev, predvsem v tolmunih in na odsekih, kjer voda zastaja (Smolar-Žvanut et al., 2005).

Zaradi spremembe pretočnega režima (zaradi zmanjšanja hitrosti vodnega toka, ki je posledica zaježitve oziroma odvzema vode iz vodotoka), se sedimenti in plavine, ki jih voda ne premešča, odlagajo iz vodnega toka kot naplavine ali usedline. Akumulacija pomeni popolno prekinitev transporta rečnih sedimentov (mulj, pesek, prod) in drugih plavin dolvodno. Tako prekinjen dotok plavin ali dotok plavin neustrezne zrnivosti vodi k delno ali popolno nezasičenim vodnim tokovom. Ravnoesje posteljice – dna struge se poruši, zato je potrebna umetna stabilizacija dna, da se le ta ne bi več poglobljala. Onemogočeno je tudi stalno obnavljanje posteljice dna in je zmanjšana samočistilna sposobnost (Mikoš, 1989).

Nalaganje sedimentov v obliki delte na mestu, kjer reka priteče v zaježitev, lahko zmanjša zadrževalni volumen akumulacije, vpliva na dvig gladine in povzroči večjo pogostost poplav. Vegetacija, ki raste na naplavinah, tako poveča poplavno ogroženost gorvodno (poveča se hrapavost struge in količina odloženih sedimentov). Zemeljski plazovi in plavine lahko zapolnijo zaježitev ter v ekstremnih primerih tudi povzročijo katastrofalne poplave, ki lahko porušijo jez. Odlaganje sedimentov v zaježitvi lahko spremeni strukturo določene vrste, kar lahko povzroči tudi spremembo določenega habitata (O'Reilly and Silberblatt, 2009).

Vertikalno razvrščanje plavin se v prodonosnih vodotokih odraža v armiranju oziroma tlakovanju dna struge. Do armiranja pride zaradi zmanjšane dotekanja rinjenih plavin pod

pregradami, prodonosnost se zmanjšuje in postaja manjša od premostitvene zmogljivosti, kar vodi do nezasičenih vodnih tokov. Problem se pojavi, ko je posteljica dna vedno bolj groba, ker se ne more obnavljati iz zrn dotekajočih plavin ali zrn plavin iz podlage posteljice. Takrat postane zrnastostna struktura posteljice vse manj gibljiva.

Nasprotno pa je tlakovanje dna normalen pojav v prodonosnih vodotokih. Odraža se v različno stabilnih in gostih – spranih posteljicah dna, ki so relativno stabilne in se obnavljajo v času premeščanja plavin (Mikoš, 1989).

○ **Globina in širina struge**

Širino in globino vodotoka zaznamuje strugotvorni pretok, ki vpliva na erozijo, premeščanje plavin in s tem na izoblikovanje struge. Kot strugotvorni pretok se razume tisti pretok, pri katerem ni prelivanja čez brežine (Mikoš et al., 2002).

Poleg pretoka raznolikost širin in globin tvorijo tudi izoblikovani tolmunji, brzice, široki meandri in prodišča. S temi oblikami se spreminja tudi hitrost toka, ki pa v veliki meri odloča o prisotnosti posameznih združb v vodotoku (Gordon et al., 2004).

Zaradi zaježitve pride do spremembe globine vode. Večja kot je globina, manj svetlobe lahko prodre do dna in onemogoči fotosintezo. Manjša prirast rastlin pomeni slabše pogoje za razvoj živali in manjši potencial za povečano količino kisika v vodi, kar je povezano tudi z zmanjšanim pretokom vode.

Globina vpliva tudi na razporeditev nevretenčarjev in rib. Nevretenčarji naseljujejo predvsem plitva območja. Prav tako se v plitvih območjih običajno prisotne manjše ribe, večje pa se umaknejo v območja večje globine. Ob majhni globini je možna prekinitve migracije rib in drugih organizmov. Za nekatere združbe so takšne razmere lahko usodne (Gordon et al., 2004).

2.4.2 Vpliv malih hidroelektrarn na fizikalne in kemijske parametre

Nasičenost s kisikom v vodotoku je povezana z biološkimi procesi v vodnem ekosistemu. Avtotrofne rastline proizvajajo v procesu fotosinteze kisik, fotosintetska aktivnost alg ter makrofitov pa lahko povzroči prenasičenost s kisikom preko dneva. Kisik se v vodotoku porablja za dihanje vodnih organizmov in mikrobne aktivnosti. Zmanjšanje hitrosti vodnega toka vode se odraža v majhni vsebnosti kisika, ki vstopa v vodo z difuzijskimi procesi. Posebej v poletnem obdobju, v času nizkih pretokov vode, so zaradi manjše prostornine in posledično manjše toplotne kapacitete vodotoka značilna dnevno-nočna nihanja v temperaturi vode, posebej v majhnih skalnatih vodotokih. V primerjavi z naravnim odsekom vodotoka pride na odseku, kjer je odvzem vode, do sezonskih in urnih sprememb v temperaturnem režimu vode. Ob nizkem pretoku se zmanjša obseg vodnega okolja, povečajo pa se odlaganje sedimentov in koncentracija polutantov (Haley, 2009).

V času nizkih pretokov so pogosto izmerjene višje koncentracije hranilnih snovi v vodotoku, zato se poveča vpliv onesnaženja na vodne organizme. Z umetnim spreminjanjem pretoka vode lahko povečamo eutrofikacijske procese. V času nizkih pretokov lahko zaradi vtoka hranilnih snovi pride na površini podlage do sprememb v redoks potencialu. Negativna korelacija med pretokom vode in prevodnostjo je pokazala, da se visoke koncentracije glavnih ionov pojavljajo v času nizkih pretokov vode. V obdobju nizkih pretokov vode lahko postane dušik omejujoč dejavnik za perifitonske alge, ker se z denitrifikacijo zmanjša vrednost dušika v vodi (Smolar-Žvanut et al., 2005).

2.4.3 Vpliv malih hidroelektrarn na vodni in obvodni ekosistem

○ Vpliv na vodni ekosistem

Za ugotavljanje vplivov mHE na vodotoke so najbolj vprašljivi vplivi na biosfero zaradi kompleksnosti in medsebojnih povratnih ekoloških vplivov. Praviloma jih lahko ocenimo le kvalitativno. Biosfera je ves čas v spremembah zaradi lastnih procesov, ki jih sistematično in dolgoročno ne spremljamo (Toman, 1996).

Pregrada je neprehodna ovira, ki preprečuje tako stalnim ribjim vrstam kot selivkam prehajanje med gor in dol vodnimi habitati, zaradi tega se spremeni sestava vrst tako nad pregrado kot pod njo. Nekatere vrste rib celo izginejo. Ribe potrebujejo na različnih razvojnih stopnjah in v različnih obdobjih življenja različne življenjske prostore za drst, za razvoj in odraščanje zaroda in mladice, za rast, za obdobje spolnega dozorevanja, za prehranjevanje. Po izgradnji pregrade so ti različni in za preživetje rib pomembni prostori ločeni in v določenih življenjskih obdobjih zanje nedostopni. (McCartney et al., 2001, Jackson in Marmulla, 2000). Postavitev jezua na reki povzroči, da se vzpostavi popolnoma nov ekosistem. Sestava združbe alg se spremeni in fitoplankton lahko prevlada nad fitobentosom.

Zaradi kopičenja hranilnih snovi v evtrofnih zaježitvah se prosto plavajoči makrofiti lahko hitro namnožijo in lahko povzročajo različne probleme (Ledec in Quintero, 2003). Novo nastala zaježitev ima sicer večjo vodno površino, vendar pa manj ribjih habitatov. Selitvene poti so prekinjene. Domorodne vrste oziroma ihtiocenoze se spremenijo in nove vrste naselijo spremenjene habitate.

Neustrezna kakovost vode v zaježitvi vpliva na ribe neposredno tako, da se spremenijo njihovo vedenje in fiziološke funkcije in ali posredno, ker so prizadeti bodisi habitati bodisi vrsta razpoložljive hrane. Zaježitve postanejo žarišča najrazličnejših bolezni. V anaerobnih procesih nastaja na dnu zaježitev metan, kar lahko povzroči pogin rib (Adams, 2000; Jackson, Marmulla, 2000; McCartney et al., 2001).

Pregrade lahko prekinajo preseljevanje nevretenčarjev, ker ovirajo dolvodno plavanje ličink, v premeru velikih jezov, ki predstavljajo fizično prepreko, pa preprečujejo gorvodno letenje (zaradi odlaganja jajčec, za začetek novega življenjskega cikla) odraslih insektov, ki so ponavadi slabi letalci. Zmanjšanje biodiverzitete taksonov bentoških nevretenčarjev ter pestrosti favne v zaježitvi in dolvodno od nje je podobno kot odziv bentoških združb na onesnaževala (Tsui et al., 1981, Lenat et al., 1981).

Pod pregradami se ribe zbirajo zaradi večjih možnosti za plenjenje, zbirajo se tudi v času sezonskih selitev. Izpust vode pospešuje erozijo dolvodno od pregrade, zato lahko izginejo

rečni rokavi. Zaradi zmanjšane vodne površine se zmanjša številčnost ribjih populacij in ribe nimajo dovolj hrane.

Zaradi režima pretoka, ki se močno razlikuje od naravnih razmer, se lahko spremenita vrstna sestava in pokrovnost makrofitskih združb, posamezne vrste submerznih in emerznih makrofitov pa lahko postanejo drastično ogrožene.

Stalni tok, kakor tudi redko pojavljanje visokih voda dolvodno od jezua, povzročata povišanje biodiverzitete in biomase fitobentosa v primerjavi z referenčnimi lokacijami nad jezom (Smolar-Žvanut, 2001).

- **Vplivi na obvodni ekosistem**

Z vodnim režimom je posredno in neposredno povezan floristični in favnistični sestav združbe obrežnega pasu, zato upravičeno govorimo tudi o vplivih mHE na obvodni ekosistem. Kako velike in kakšne bodo te spremembe po izgradnji objektov je težko napovedati, potrebno je raziskati vsak primer posebej (Toman, 1996).

Zajezitve škodljivo vplivajo na obrežno vegetacijo. Obrežna vegetacija je odvisna od rednega nihanja vodne gladine, ki vlaži tla, preprečuje rast drugim konkurenčnim rastlinam, omogoča raznašanje in kalitev njihovih semen ter preživetje sejancev. Gladina vode v jezeru je precej višja, kot je bila prej v strugi, zato je obrežna vegetacija na območju potopljene struge uničena. Spremenjene hidrološke razmere skupaj z uničenjem avtohtone obrežne vegetacije pogosto omogočajo tudi naselitev invazivnih tujih rastlinskih vrst (Tellman et al., 1997).

2.4.4 Vpliv malih hidroelektrarn na krajino

Energetsko najbolj zanimivi so ponavadi zgornji tokovi vodotokov, kjer so padci še veliki. Isti odseki pa so zaradi odročnosti oziroma težke dostopnosti navadno še popolnoma naravno ohranjeni in so biotopsko najbolj pomembni. Tako so lokacije mHE praviloma v soteskah in grapah, kjer so ostanki še popolnoma ohranjene naravne krajine. Gradnja mHE povzroči s

preoblikovanjem reliefa, dovodnim sistemom, jezom in samo strojnico v praviloma nedotaknjemem okolju relativno velike spremembe.

- Negativni vplivi mHE na krajino:
 - Zajetje, cevovod, strojnica, dostopna cesta, transformatorska postaja, električni priključek na javno omrežje, iztok iz strojnice, so izraziti tujki v naravnem okolju.
 - Poseben problem je dostop do gradbišča, saj je ta pogosto bolj sporen od objekta samega. V sotesko oziroma grapo je treba priti z mehanizacijo, kar pomeni izgradnjo ceste.
 - Na traso cevovoda je potrebno priti s strojem, kar pomeni posek vegetacije in izkop v določeni širini. Pogosto so problematični izkopi v strminah, kjer se material posipa v strugo in jo dodatno prizadene. Poleg tega so taka posuta pobočja krajinsko zelo izpostavljene rane, ki se zaradi erozije zelo počasi zaraščajo.
 - Velikost in obliko strojnice narekujejo dimenzije, oblika in način montaže elektrostrojne opreme. Če je lokacija strojnice v sonaravnem okolju, je še tako dobro oblikovana zgradba arhitektonski tujek v krajini.
 - Tudi priključitev elektrarne na električno omrežje je lahko zelo sporna, saj v okolici običajno ni električnega omrežja in se v krajini pojavi še en tujek – električni vod, ki povezuje mHE z omrežjem.
 - S stališča varstva naravne dediščine so akumulacijske mHE še bolj sporne od pretočnih. Pri akumulacijskih mHE se naštetim negativnim učinkom pridruži še bolj ali manj visoka pregrada, ki učinkuje kot tujek v naravnem okolju, predvsem pa je tujek akumulacijsko jezero, katerega gladina zaradi načina obratovanja močno niha (Simić, 1996).

2.5 Ocena vplivov malih hidroelektrarn na okolje

Direktiva Sveta 85/337, z dne 27. junija 1985, o oceni vplivov določenih javnih in zasebnih projektov na okolje, nam daje naslednjo definicijo: »Ocena vpliva na okolje bo na primeren

način identificirala, opisala in ocenila neposreden in posreden vpliv projekta na naslednje faktorje (<http://ec.europa.eu/environment/eia/full-legal-text/85337.htm> (10.01.2010)):

- ljudi, živali in rastline,
- zemljo, vodo in podnebje,
- interakcijo med zgornjimi faktorji,
- materialnim premoženjem in kulturno dediščino.«

Ocena vpliva na okolje je postopek, ki podpira odločitve, saj študije vpliva ne morejo biti reducirane na enostavne opise, ampak jih mora oceniti predlagatelj projekta ter pristojnim organom priskrbeti vse potrebne elemente, da se bodo lahko za projekt odločili. Zato mora študija vsebovati znanstveno razložene vse vplive »projekta« na okolje. Ta pristop povzroči dva pomembna problema: transparentnost korakov, ki so pripeljali do odločitve, in ponovitev celotnega procesa odločitve.

Kot proces odločitve je ocena vpliva na okolje pomembna takrat, kadar obstaja več alternativ, med katerimi se odločamo: potrebno je upoštevati različne projektne in vzorčne alternative, med katerimi je tudi »ničelna alternativa«, potrebno je analizirati relevantne vplive.

Glede na trenutek procesa odločitve lahko ima ocena vpliva na okolje različne stopnje podrobnosti:

- v uvodni fazi je lahko ocena narejena na podlagi idejnega osnutka,
- v vmesni fazi je potrebna bolj natančna študija izvedljivosti,
- v zadnjem koraku je potrebno upoštevati končni načrt za izvedbo.

Na splošno bi morala biti ocena vpliva na okolje izvedena, kakor hitro je v postopku odločitve to mogoče; po drugi strani je očitno, da so informacije, upoštevane v končnem načrtu za izvedbo, zelo podrobne, alternative načrta so pogosto reducirane na olajševalne ukrepe, medtem ko je v idejnem osnutku ter študiji izvedljivosti možno več svobode, saj lahko še vedno proučujemo tako tehnološke alternative kot različne lege.

Ocena vpliva na okolje mora biti izvedena tako, da jo lahko kadarkoli ponovimo ter zato tudi, kolikor je le mogoče, transparentna: to je zelo pomembna zahteva, ki se vidi v jasnosti podatkov in metodah pristopa, sprejetih tako s strani predlagatelja projekta kot pristojnih organov. Obe strani se morata strinjati s splošno metodologijo, saj lahko tako dosežemo, da vsaka stran sledi definiranim in natančnim korakom ter se, kolikor je le mogoče, izogne arbitrarnim vrednotenjem.

2.5.1 Koraki študije vpliva na okolje

Vsako študijo vpliva na okolje lahko razdelimo v naslednje korake (EC, Guide to the Environmental Approach and Assessment, 2000):

1. Opis projekta, okolja ter različic načrta

Opis je prvi korak v študiji vpliva na okolje. Cilj je opisati, kaj želite storiti, zakaj, kdaj, kje, zakaj na tem območju in ne kje drugje. Kakorkoli že, vse, kar se opisuje, mora biti materialna, fizična, merljiva karakteristika, saj bo osnova za sledeče korake. Po drugi strani so v tem koraku vedno prisotna nekatera *apriorna* vrednotenja: ni jih možno izločiti ter pogojujejo opis.

Na splošno lahko vpliv opišemo s pomočjo naslednjih elementov:

- a) Vir je načrtovana intervencija (fizično dobro definirana dela, človeške aktivnosti, planiranje itd.), ki lahko povzroči pomembne vplive na okolje.
- b) Elementarna dejanja so elementi intervencije, ki povzročajo interference na bližnjem okolju; morajo biti določeni za različna obdobja v življenju elektrarne (izgradnja, delovanje, možne okvare, razgradnja). Za mHE je obdobje delovanja vsekakor najpomembnejše.
- c) Neposredna interferenca je neposredna sprememba, ki jo je mogoče opisati s faktorji okolja, ki jih proizvaja načrtovana intervencija, in so upoštevani v začetni fazi (emisije hrupa ali onesnaževalcev vode).
- d) Okoliški cilji so elementi – kot je zajetje pitne vode, stavba za prebivanje, območje, kjer živi določena živalska vrsta – opisani s pomočjo komponent okolja,

ki jih lahko dosežemo in modificiramo s preobratom, ki ga povzroči načrtovana intervencija.

2. Določitev ter ocena vplivov projekta na okolje

Glavno področje analize vplivov je primerjava okolja pred in po realizaciji dela. Z drugimi besedami, ta faza povezuje projektne dejavnosti z njihovimi vplivi na okolje. Za določitev področja je potrebno projekt razdeliti na osnovna dejanja, ne samo zaradi jasnosti same raziskave, pač pa še posebej zaradi tega, ker lahko le s podrobnimi detajli v opisu preprečimo splošne, kvalitativne in naključne informacije. Razdelitev na osnovna dejanja pa pripelje do problema, kako izvesti sintezo vseh informacij v fazi ocenitve. Med fazo analize se sprva soočimo s problemom popisa pomembnih vplivov, ki jih povzroči projekt ter okoliški cilji. Veliko pomoč nam lahko nudi vnaprej pripravljen seznam tako dejanj kot vplivov. V specifičnem primeru ocene vpliva mHE na okolje smo izbrali pristop s pomočjo prej omenjenega seznama.

Ko so relevantni vplivi za določeno situacijo determinirani, sledi naslednji korak – ocenitev vplivov. Ocena vpliva mora biti kolikor je le mogoče kvantitativna. To je najpomembnejši vidik celotnega postopka. Vplivi so zelo pogosto definirani s kvalitativnimi kriteriji, ki so arbitrarni in nemerljivi, tako da je že pred samo ocenitvijo prisotna nesprejemljiva stopnja nezanesljivosti. Nadalje morajo biti vplivi definirani s kriteriji, ki so lahko merljivi ali pa kompatibilni s stopnjo projektnih podrobnosti ter možnostjo pridobitve odgovorov glede okoliške sprejemljivosti projekta s strani pristojnih organov. Zato je še posebej za mHE priporočljivo, da se ocena vpliva na okolje nanaša na abiotske indekse, ki so lažje merljivi kot biotski, in iz katerih biotski tudi izhajajo.

3. Ocena vpliva na okolje, ki jo izvede predlagatelj projekta

V koraku ocenitve prehajamo iz določitve in ocenitve vplivov, kjer je vsak merjen z ustrežno kvantiteto, v ocenitev pomembnosti odstopanja, ki smo ga predvideli za specifično komponento okolja.

V tej fazi moramo definirati kriterij na osnovi, na kateri je vpliv na preučevano okolje bolj ali manj pomemben. Da bi bil prehod iz prejšnjega koraka na korak ocenitve, kolikor je le mogoče, nearbitraren, je nujno, da so kriteriji čim bolj jasni.

Faza ocenitve je zelo občutljiva: vse elemente je potrebno vnaprej določiti, da bi pristojni organi lahko sprejeli končno odločitev o projektu. V tej fazi morajo predlagatelj projekta in pristojni organi delovati skupaj ter natančno definirati svoje dolžnosti in naloge. Predlagatelj projekta mora vnaprej določiti okoliško oceno, da bi lahko pristojni organi preverili zanesljivost izdelane ocene ter tehtnost izdelave analize občutljivosti. Zelo pomembno je, da predlagatelj raziskave ne ustavi v fazi opisa projekta in v fazi ocenitve vplivov ter prepusti izvedbo ocene pristojnim organom: bolje je, da predlagatelj izmeri globalne vplive projekta glede na metodologijo, ki dopušča pristojnim, da izdelajo lastno avtonomno oceno.

Ocena vpliva na okolje mora:

- jasno določiti kriterije, ki so predvideni za osnovo ocenitve pomembnosti vpliva (*definicija lestvice*);
- določiti pomembnost okoliških virov, oskrbovanje in opravičevanje privzetega sistema tehtnosti (*definicija uteži*).

Eno izmed glavnih področij ocene vplivov na okolje je določitev metodologije, s katero se strinjata tako predlagatelj projekta kot pristojni organi, in ki predstavlja skupno osnovo za razpravo ter vrednotenje. Uporabljena metoda mora dopustiti možnost preverjanja, kako smo do končne ocene prišli in kako se končna ocena razlikuje, kadar se razlikuje tudi tehtnost posameznih vplivov (Guide to the environmental approach and impact assesment). V Sloveniji je za posege v okolje, na področju gradnje HE, potrebno izdelati presojo vplivov na okolje, če je akumulacija HE večja od 10.000 m³ in za HE z močjo 1.000 ali več kW (Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje, UR. L. RS 78/2006).

2.5.2 Ocena vplivov male hidroelektrarne na okolje

Številni dejavniki so lahko ovira pri izvedbi mHE. Enega izmed najpomembnejših predstavljajo vplivi na okolje, povezani z zgradbo in delovanjem mHE. Zato je proizvodnja električne energije, tudi tiste iz obnovljivih virov, vedno tudi nek kompromis (ekonomski, tehnološki in okoljski vidik).

3 VEČKRITERIJSKA ANALIZA

3.1 Odločanje

Medtem, ko so nekatere odločitve zelo lahke ali ne povzročijo velikih težav, pa so druge lahko zelo zapletene in njihove napake zelo drage. Odločanje je torej miselni proces, pri katerem se odločevalec ali odločitvena skupina ob določenih pogojih okolja odloča o eni od možnih alternativ, ki jih vrednoti glede na zanj pomembne kriterije. S sprejeto odločitvijo želi čim boljše zadovoljiti cilje, ki si jih je zastavil sam ali mu jih postavlja okolica (Zornada et al., 2000).

Odločanje je torej proces, v katerem je potrebno izmed več variant (alternativ, enačic, možnosti) izbrati tisto, ki najbolj ustreza postavljenim ciljem in zahtevam. Poleg izbora najboljše variante včasih želimo variante tudi rangirati od najboljše do najslabše. Pri tem so variante objekti, akcije, scenariji ali posledice enakega ali primerljivega tipa. Odločanje je običajno del splošnega reševanja problemov in nastopa kot pomembna mentalna aktivnost na praktično vseh področjih človekovega delovanja. Težavnost odločitvenih problemov je zelo raznolika. Segajo od enostavnih osebnih odločitev, ki so običajno rutinske in se jih večinoma niti ne zavedamo, vse do težkih problemov skupinskega odločanja, na primer pri vodenju, upravljanju in planiranju v podjetjih, kadrovskega odločanja, medicinski diagnostiki in vrsti drugih področij. Najpomembnejši problemi, ki nastopajo pri težkih odločitvenih problemih, izvirajo iz:

- velikega števila dejavnikov, ki vplivajo na odločitev,
- številnih oziroma slabo definiranih ali poznanih variant,
- zahtevnega in pogosto nepopolnega poznavanja odločitvenega problema in ciljev odločitve,
- obstoja več skupin odločevalcev z nasprotujočimi si cilji in
- omejenega časa in drugih virov za izvedbo odločilnega procesa.

S problemi odločanja se ukvarja vrsta znanstvenih področij in disciplin. Posebej pomembno je vprašanje, kako pomagati odločevalcu, da bi na sistematičen, organiziran in čim lažji način

prišel do kvalitetne odločitve. V ta namen je bilo razvitih mnogo metod in računalniških programov za podporo odločanja (angl. Decision Support Systems (DSS)). Poznamo metode večparametrskega odločanja (angl. Multi-Attribute Decision Making (MADM)), katere so po eni strani dobro teoretično osnovane v okviru odločitvene teorije in teorije koristnosti, po drugi strani pa se uspešno uporabljajo v praksi pri podpori zahtevnih odločitvenih problemov (Jereb et al., 2003).

V odločitvenem procesu znanje sistematično zbiramo in urejamo. V tem procesu naj bi pridobili dovolj informacij za primerno odločitev, zmanjšali možnost, da bi kaj bistvenega spregledali ter se zavedali tveganj in posledic odločitve.

Odločitvena analiza predlaga sistematičen pristop k reševanju odločitvenih problemov. Odločitveni proces razdeli na posamezne faze, v okviru katerih potekajo naslednje aktivnosti:

- strukturiranje in razgradnja odločitvenega problema na manjše in lažje obvladljive podprobleme;
- analiza dostopne informacije o odločitvenem primeru, podatkov o alternativah ter analiza negotovosti in tveganja ob upoštevanju preferenc odločevalca;
- uporaba vseh teh informacij za optimalno ali vsaj čim boljše doseganje ciljev (Bohanec, 2006).

Te faze so:

1. faza: identifikacija problema

Ta faza je rezultat spoznanja, da je nastopil odločitveni problem, ki je dovolj težak, da ga je smiselno reševati na sistematičen in organiziran način. V tej fazi poskušamo definirati problem ter opredeliti cilje in zahteve. Oblikujemo odločitveno skupino, katere jedro predstavljajo odločevalci: to so tisti, ki se morajo v končni fazi odločiti in so odgovorni za odločitev. Pri zahtevnejših problemih je priporočljivo v delo skupine vključiti tudi (Jereb et al., 2003):

- eksperte, ki imajo poglobljeno znanje o dani problematiki in lahko svetujejo pri oblikovanju odločitvenega modela;

- odločitvenega analitika – metodologa, ki kot moderator vpliva na učinkovitost in usklajenost dela skupine ter skrbi za ustrezno metodološko in računalniško podporo odločanja;
- predstavnike tistih, ki jih odločitev zadeva.

V okviru definicije problema opredelimo predmet odločanja, cilje, ki jih želimo doseči z odločitvijo, kakšnim zahtevam mora ustrezati izbrana varianta in težavnost problema. Pri izbiri metode določimo način, kako se bomo lotili problema, in kakšne oziroma katere pripomočke bomo pri tem uporabili.

2. faza: identifikacija alternativ

V fazi identifikacija alternativ se vprašamo, katere so tiste alternative, variante ali različice, med katerimi lahko izbiramo. Navadno želimo spoznati in definirati čim več alternativ, saj to pogosto pomeni večje možnosti in večjo gotovost, da bomo izpolnili cilje.

Včasih lahko fazo identifikacije alternativ preložimo in jo izvedemo šele po fazi modeliranja. To pride še posebej v poštev takrat, kadar razvijamo večparametrške odločitvene modele, ki so načeloma neodvisni od posameznih alternativ (Bohanec, 2006).

3. faza: razgradnja problema in modeliranje

Od vseh faz je prav ta najbolj značilna za odločitveno analizo. V njej odločevalec ponavadi skupaj z odločitvenim analitikom in drugimi strokovnjaki zgradi enega ali več modelov. Z modeli potem ovrednoti alternative, jih primerja med sabo, oceni tveganja in opravi različne druge izračune, pomembne za oceno posledic odločitve. V splošnem gre za matematične in grafične modele, s katerimi lahko opišemo in opredelimo najpomembnejše komponente odločitvenega problema. Komponente so:

- *Struktura odločitvenega problema.* Možnost razgradnje problema na manjše in po možnosti lažje obvladljive odločitvene podprobleme, povezanost oziroma odvisnost teh problemov med seboj.
- *Kriteriji.* V modelu opredelimo kriterije, ki jih je treba upoštevati pri vrednotenju in izbiri alternativ. Posebej je pomembno, da pri tem ne spregledamo kriterijev, ki bistveno vplivajo na odločitev (načelo polnosti). Pri oblikovanju modela poskušamo

izpolniti tudi neke druge zahteve, kot so celovitost, neredundantnost in operativnost (merljivost) kriterijev.

- *Preference.* V tesni povezavi s kriteriji so preference, se pravi izraženo subjektivno mnenje odločevalca o tem, katere alternative, so bolj zaželeno od drugih oziroma kateri kriteriji so pomembni in kako se med seboj kombinirajo pri vrednotenju alternativ.
- *Negotovost.* V modelih opisujemo tudi negotovost oziroma tveganje, do katerega lahko pride pri naši odločitvi (Bohanec, 2006).

4. faza: vrednotenje, analiza in izbiranje alternativ

V tej fazi uporabimo modele za to, da vrednotimo alternative. Za vrednotenje in primerjavo alternativnih projektov se uporablja večkriterijska analiza, pri čemer upošteva različna mnenja oziroma kriterije.

Za vsako alternativo tako pridobimo neko oceno kvalitete ali koristnost glede na zastavljene cilje odločitvenega problema. Ob tem ponavadi ocenimo tudi tveganje pri izbiri alternative. Na osnovi teh izračunov lahko alternative uredimo od najboljše do najslabše ter med njimi izberemo najboljšo; to je praviloma alternativa z najvišjo koristnostjo in še sprejemljivim tveganjem (Bohanec, 2006).

5. faza: realizacija odločitve

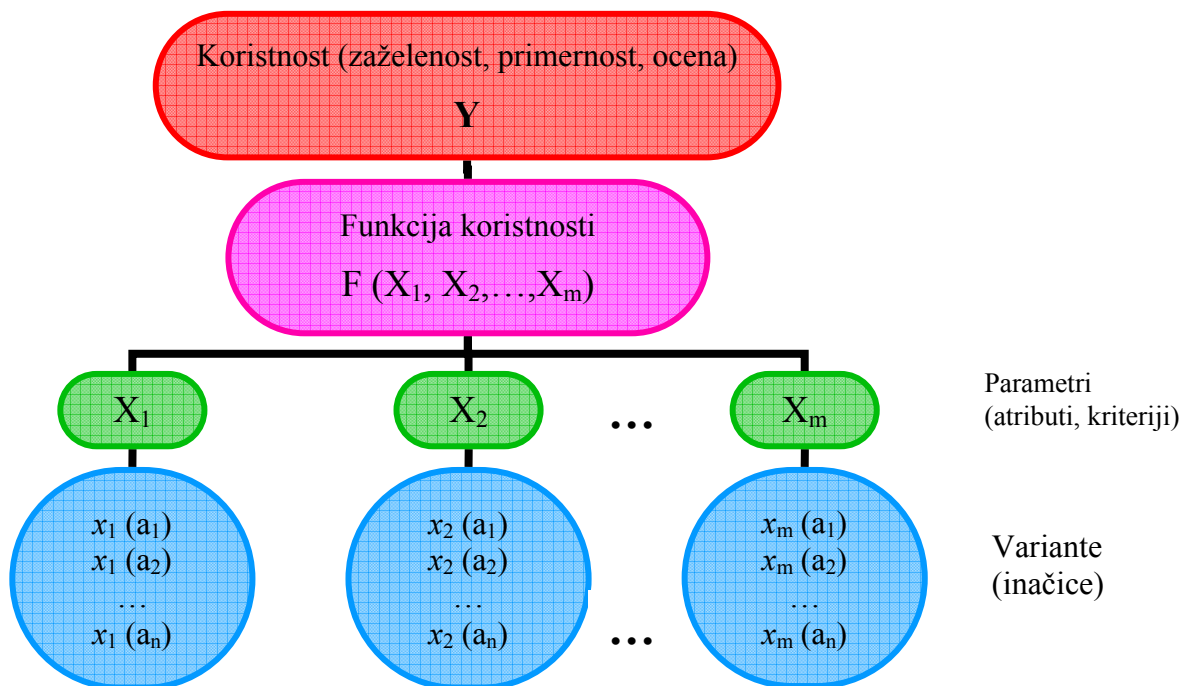
Faza realizacije odločitve ni več del, pač pa rezultat odločitvenega procesa. Alternativa je bila izbrana in sedaj gre le še za to, da jo realiziramo, udejanjimo, uresničimo (Bohanec, 2006).

3.1.1 Večparametrsko odločanje

Večparametrsko odločanje temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše probleme. Variante razgradimo na posamezne parametre (kriterije ali attribute) in jih ločeno ocenimo glede na vsak parameter. Končno oceno variante dobimo s postopkom združevanja. Tako izpeljana vrednost je potem osnova za izbor najustreznejše variante.

Vrednotenje variant pri večparametrskem odločanju poteka na osnovi večparametrskega odločitvenega modela, ki je v splošnem sestavljen iz treh komponent (slika 4) (Jereb et al. , 2003):

- parametri X_i ; spremenljivke, ki ponazarjajo podprobleme odločitvenega problema, to je tiste dejavnike, ki opredeljujejo kakovost variant; parametri so med seboj hierarhično odvisni;
- funkcija koristnosti F je predpis, po katerem se vrednosti posameznih parametrov združujejo v spremenljivko Y , ki je bodisi končna koristnost ali koristnost podrejenih parametrov;
- koristnost Y ponazarja končno oceno ali koristnost variante; je rezultat združevanja vrednosti parametrov od spodaj navzgor v skladu z modelom.



Slika 4: Večparametrski odločitveni model (Jereb et al. , 2003)

Variante opišemo po osnovnih parametrih z vrednostmi a_n . Na osnovi teh vrednosti funkcija koristnosti določi končno oceno vsake variante. Varianta, ki dobi najvišjo oceno, je praviloma najboljša (Jereb et al. , 2003).

Pri tem nam lahko zelo pomagajo računalniška orodja, ki so prirejena tako, da nam omogočajo natančnejšo analizo in sistematičnost ocenjevanja ter s tem kakovostnejšo in bolj utemeljeno odločitev.

Pri odločanju so torej računalniška orodja, ki podpirajo odločitveni proces, nepogrešljiva, saj odločevalcu pomagajo pri opredelitvi parametrov, oblikovanju funkcij koristnosti in zajemanju podatkov o alternativah. Vrednotenje alternativ dodatno podpirajo z vrsto koristnih pripomočkov za analizo dobljenih rezultatov (Jereb et al. , 2003).

3.2 Vrednotenje

3.2.1 Večkriterijski pristop vrednotenja

Beseda vrednotenje se nanaša na konkretiziranje – resnična, dejanska vrednost – določene situacije in ocenitev – presoja vrednosti – te konkretne situacije. Nasprotno od postopkov klasične analize stroškov in koristi, ki temeljijo na analitičnem pristopu, temeljijo postopki vrednotenja na cenilnem pristopu.

Osnovni namen analize stroškov in koristi je določen z dejstvom, da je bila ekonomska učinkovitost dolgo časa osnovni princip vseh vrst problemov strateškega načrtovanja. S to metodo so v osnovna monetarna merila prevajali različne kriterije vrednotenja. Vendar pa takšen pristop predpostavlja enodimenzionalen problem, kot je sistem, ki temelji na enojni funkciji koristi in predstavlja poglede vseh posameznikov, vključenih v proces odločanja. Kadar so monetarne metode uporabljene kot samostojne metode, so podvržene kritiki, saj: uporabljajo miselne vzorce; lahko prikrivajo pomembno presojo vrednosti, ali pa preprosto vsebujejo neresnične in včasih umetne stopnje natančnosti. To še posebej zadeva vidike, kot

so: narava, okolje, varnost, estetika, itd. In – ključno – nasprotujoče alternative so končno ovrednotene in izbrane izključno na temelju monetarnih in finančnih vidikov.

Novejše tehnike vrednotenja si prizadevajo preseči omejitve tega enodimenzionalnega pristopa, pri katerem je edina enota merjenja monetarna in katerega osnovni namen je maksimirati razliko med prihodki in stroški. Zato je bilo predlaganih kar nekaj večdimenzionalnih metod vrednotenja. Najbolj razširjeno uporabo so našli v okoljskem sektorju, obstajajo pa tudi poskusi uporabe teh metod na mnogih drugih odločitvenih področjih, kjer vzajemno delujeta tehnični in okoljski sektor.

Osnovna klasifikacijska shema različnih shem vrednotenja je prikazana na sliki 5. Prva razmejitev vsebuje razliko med:

- **ex ante evaluation** (predhodno vrednotenje): osredotoča se na del postopka načrtovanja, ki se usmerja na pripravo predloga načrta (npr. regijski ali lokalni načrt); je »vnaprej gledljive« narave (kaj bi se lahko zgodilo po izvršitvi tega projekta);
- **ex post evaluation** (naknadno vrednotenje): vrednoti prejšnje dejavnosti in/ali situacije, ki so sledile posamezni odločitvi; je tipične “nazaj gledljive” narave (kaj se je zgodilo po izvršitvi tega projekta).

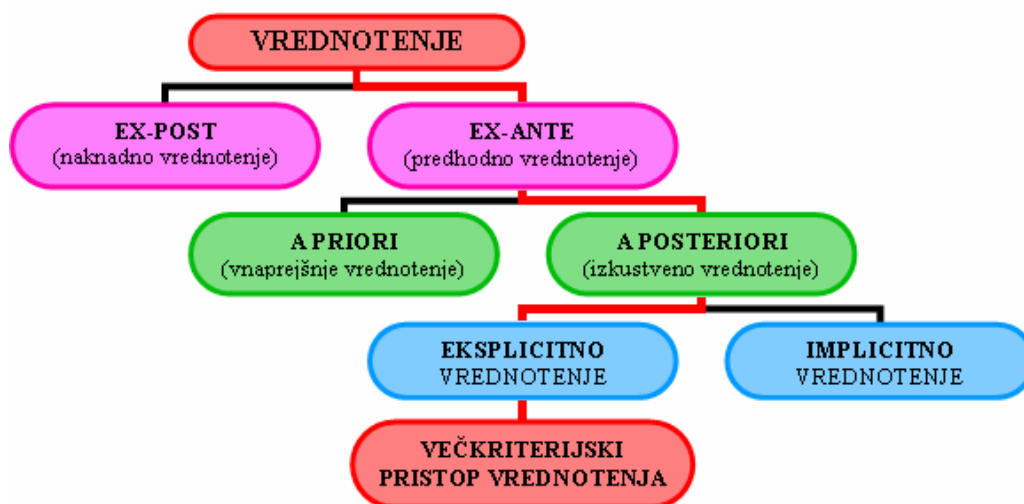
Nadaljnja razmejitev deli *predhodno vrednotenje* na:

- **a priori evaluation** (vnaprejšnje vrednotenje): kjer odločitvene možnosti, ki so še v postopku premisleka, niso eksplicitno znane (npr. če nekdo poskuša izvesti optimalni načrt s sredstvi objektivnih funkcij in pritiskov);
- **a posteriori evaluation** (izkustveno vrednotenje): ko so vse alternative in njihovi učinki dobro znani že na začetku procesa vrednotenja.

Končna razmejitev deli *izkustveno vrednotenje* na:

- **implicit evaluation** (implicitno vrednotenje): prizadevajo si za sistematično eksplicitno analizo odločitvenih možnosti, s čimer se aktivnosti osredotočajo na odgovornost končnega rezultata;

- **explicit evaluation** (eksplicitno vrednotenje): osredotoča se na soglasnost misli, s čimer se pozornost usmeri na sodelovanje – in pogajanje med – vsemi sodelujočimi udeleženci.



Slika 5: Klasifikacija metod vrednotenja (z rdečo je označena predlagana izvedba, ki vodi k upoštevanju večkriterijskega pristopa vrednotenja).

3.2.2 Objektivnost in osnovni principi večkriterijskega vrednotenja

Večkriterijski pristop vrednotenja (VPV) omogoča tistemu, ki sprejema odločitve, da v luči mnogih kriterijev in konfliktnih prioritet razišče veliko različnih alternativ (projektov). Bistvo VPV je gradnja t.i. 2-dimenzionalne matrike »vpliva«, kjer ena dimenzija izraža različne alternative (recimo projekte), druga dimenzija pa kriterije, s katerimi te alternative vrednotimo.

Zato se imenuje »Projektna matrika kriterija x«. Razvite so bile različne VPV tehnike, glede na to, kako so informacije v matriki nakopičene. Pristop, ki je predlagan tukaj, se imenuje »metoda za dosego cilja«, ki vsebuje tehniko seštevanja obremenitev, kjer – vsaj v svoji osnovni obliki – številčne obremenitve niso dodane le različnim objektivnostim, ampak vsem

vključenim skupinam. Eden izmed najosnovnejših vidikov VPV je metoda, ki definira relativno pomembnost enega kriterija z upoštevanjem drugega. Skupna značilnost vseh VPV tehnik je, da začnejo pri velikem številu eksplicitno formuliranih kriterijev (ali standardov ocenjevanja). Posledično niso merjeni v eni sami enoti (kot je analiza stroškov in koristi), pač pa v raznolikosti enot, ki odsevajo naravo upoštevanih kriterijev.

Vsakemu kriteriju mora biti določena relativna obremenitev. Ta obremenitev predstavlja relativno pomembnost (prednost), ki jo ta kriterij znotraj odločitvenega procesa predpostavlja. Nato so obravnavane še subjektivne prednosti, s katerimi relativna pomembnost vsakega kriterija vstopa v vektor obremenitve, ki vsebuje toliko vrednosti, kot je kriterijev.

Posledično VPV tistim, ki sprejemajo odločitve, omogoča, da eksplicitno obravnavajo politične prioritete znotraj tega izbirnega procesa. To povzroča, da je pristop še posebej primeren za vključevanje razlik v političnih stališčih. Rezultati bodo nato pogojno vrednoteni, kot npr. izidi bodo odvisni od izraženih političnih stališč (subjektivna stališča). Zato, splošno gledano, VPV priskrbi metode za simultano obravnavanje dveh tipov vloženih informacij: objektivna informacija (matrika vpliva) in subjektivna informacija (prioriteta – recimo obremenitev – dodeljena vsakemu posameznemu kriteriju).

VPV ne zagotavlja optimizacije, temveč identificira vrsto rangiranih preferenc z dodeljevanjem tehtnih točk vsakemu projektu. Končno točkovanje je rezultat upoštevanja subjektivnih in objektivnih vidikov. Projekt, ki ima najvišji rezultat ni »najboljši«, ampak je tisti, kjer je sklenjen najboljši kompromis na ravni zadovoljstva ob sočasnem obravnavanju vseh kriterijev (predvsem takrat, ko je v matriki uporabljenih mnogo konfliktnih kriterijev).

3.3 Programska oprema HYPSE

V energetiki je načrtovanje vedno večkriterijski problem: za rangiranje in izbor alternativ je treba pregledati kvaliteto proizvodnje, stroške oz. finančne omejitve, vpliv na okolje, zanesljivost projekta, ceno električne energije, družbeno-politične prednosti, ... Dva ali več kriterijev si lahko nasprotujejo (npr. mali investicijski stroški – velike zahteve za zaščito okolja); v realnosti ne obstaja idealna rešitev problema, ki je po vseh kriterijih najboljša. V vsaki situaciji je potreben kompromis, da bi lahko izbrali najboljšo rešitev. Tisti, ki odloča, se mora odločiti, od katerih vrednosti določenega kriterija lahko odstopa, da bi dosegel izboljšanje na drugem kriteriju.

Namen večkriterijske analize je izboljšati kvaliteto odločitve, ki zajema več kriterijev, tako da je proces sprejemanja jasnejši, razumljivejši in učinkovitejši.

Večkriterijska analiza ima 6 osnovnih funkcij, ki pomagajo k skupnemu cilju:

- strukturira proces odločanja,
- prikazuje kompromis med kriteriji (razumevanje relativne pomembnosti in pomanjkljivosti posameznih alternativ),
- služi kot pomoč v razmišljanju, izražanju in uporabi ocenjevanja presoj sprejemljivega pri kompromisu med kriteriji,
- omogoča večjo konsistentnost in racionalnost pri ocenjevanju tveganja in negotovosti,
- olajša pogajanja,
- omogoča dokumentiranje procesa odločanja.

HYPSE je programska oprema, ki je bila razvita posebej za izvajanje večkriterijskih metod vrednotenja v selekciji alternativnih projektov HE. Namenjena je tako projektantom, katerim oprema ponuja orodje za oceno, kako različne odločitve vplivajo na okolje ter kateri ukrepi izboljšajo sprejemljivost mHE z okoljevarstvenega stališča, kot tudi oblastem, pristojnim za področje mHE.

S pomočjo programske opreme HYPSE želimo izboljšati sprejemljivost mHE z okoljskega vidika in prispevati k pravilnemu soočanju z okoljskimi problemi:

- s predlogi o tipičnih in dobro preizkušenih metodologijah za zmanjševanje vplivov v fazi načrtovanja in gradnje;
- z oceno dejanske koristi z okoljskimi, tehničnimi in ekonomskimi parametri, skupaj z ukrepi za izboljšanje projekta;
- z analizo občutljivosti, s katero dobi projektant napotke o pomembnih parametrih z vseh stališč (tehničnega, ekonomskega, okoljevarstvenega).

Ker se pri temeljih vseh odločitev (o načrtovanju, konstrukciji in izdaji dovoljenj) uporablja analiza vplivov na okolje, ki je vedno zapletena in pogosto preveč subjektivna, je bil velik delež dela namenjen uresničevanju analiziranega sistema, ki bi dosegal naslednje kriterije:

- objektivnost oziroma intersubjektivno preverljivost,
- zmožnost analiziranja kompleksnih pojavov,
- sprejemljivost s strani okoljevarstvenikov, vlagateljev in uradnikov za izdajo dovoljenj,
- združljivost z glavnimi metodami vrednotenja, ki so že v uporabi in so večinoma manj kompleksne.

Najpomembnejši cilj je bil priskrbeti karseda objektivno metodo za izvajanje meritev vplivov na okolje, ki temeljijo na kriterijih, povezanih z izmerljivimi vrednostmi (energija, hitrost, površina, prostornina, ...), da se izognemo nesprejemljivim, arbitrarnim in subjektivnim ocenam. Ta metoda omogoča primerjavo različnih rešitev načrtovanja na objektivni podlagi, vključno z »ničelno alternativo« (HE ni izvedena). Temelji na določeni listi kriterijev (ekonomskih, tehničnih, okoljskih, ...) in jim pripisuje pomembnost, ki jo izbere ocenjevalec. Ustrezen matematični model na več načinov primerja bolj in manj pomembne kriterije. Končni rezultat je niz indeksov, vključno z globalnim, ki omogočijo ocenjevalcu odločitev, kateri projekt je najprimernejši z okoljevarstvenega stališča. Razumljivo je, da različni ocenjevalci pripisujejo različne vrednosti istim kriterijem (ekologi bodo pripisali večjo pomembnost okoljevarstvenim kriterijem, vlagatelji ekonomskim, ...), toda bistvo te metode je podati objektivno podlago za nadaljnje postopke.

3.3.1 Nastanek ideje

Ideja za programsko opremo HYPSE je nastala leta 1998 po dokončanju mHE na severu Italije, ki je bila izvedena znotraj, z okoljevarstvenega vidika, občutljivega območja–naravnega parka Adamello. Odločitve, ki so jih sprejeli med fazo načrtovanja, so bile rezultat podrobne raziskave okoljskih problemov, povezanih z izvedbo v naravnem parku, in sporazuma med različnimi vejami oblasti, še posebej pri olajševalnih in nadomestnih ukrepih. Zahvaljujoč njegovi inovativnosti in svojevrstnosti je projekt prejel finančno podporo Evropske komisije.

Izkušnje, pridobljene skozi izvedbo HE, doseženi rezultati, še posebej glede sprejemljivosti mHE v občutljivem območju, so pri avtorjih navdihnili idejo o oblikovanju orodja za podporo razprave o vplivih mHE na okolje s karseda objektivno podlago, da bodo omenjene izkušnje na razpolago tako projektantom mHE, kot tudi okoljevarstvenim uradnikom, ki so pristojni za izdajanje dovoljenj.

3.3.2 Večkriterijski pristop vrednotenja s programsko opremo HYPSE

Za načrtovanje in odločanje na področju HE je potrebno upoštevati številne kriterije. Da bi bilo odločanje čimbolj profesionalno, je potrebno veliko razlikovanja, klasificiranja, presojanja in upoštevanje različnih stališč, za kar je potrebno imeti ustrezno orodje, ki omogoča, da to naredimo čimbolj odgovorno. Metode in tehnike, ki so med temi orodji izrednega pomena, so tiste, ki pomagajo načrtovalcu, kolikor je le mogoče, objektivno klasificirati in ustrezno razvrstiti informacije, potrebne za odločitev, da bi se različni udeleženci v procesu načrtovanja (npr. načrtovalci politike) odločali odgovorno.

Metoda VPV, ki jo HYPSE izvaja, je konkordančna analiza, ki vključuje analizo občutljivosti vektorjev uteži (merjenja), poleg tega zagotavlja grafične primere za razlago doseženega učinka. HYPSE ni orodje za načrtovanje, pač pa orodje za vrednotenje. V uporabo stopi šele, ko so vsi alternativni projekti že izdelani. Vrednosti, ki bodo v *Evalvacijsko matriko* vnesene,

so pridobljene iz vsebin preliminarnih načrtov ali izvedljivih projektov, ki se nanašajo na obravnavano alternativno rešitev.

Osnova VPV je *evalvacijska matrika*, katere elementi odražajo značilnosti danega seta alternativ, ki so določeni z vrednostmi danega seta kriterijev. Nato potrebujemo informacijo o relativni pomembnosti kriterijev. Če je vključenih več odločevalcev, lahko imajo različna mnenja o pomembnosti, kar zberemo v matriki prioritet. Prioritete so lahko izražene s številkami, ordinalnimi vrednostmi (zelo pomembno, pomembno, manj pomembno) ali binarno (relevantno/irelevantno). Uporabljena metoda temelji na numeričnih enotah in omogoča analizo občutljivosti na subjektivnih mnenjih preko lestvice uteži. Če se pojavlja ordinalna ali binarna skala, ju pretvorimo v številčno.

Obstaja več aritmetičnih tehnik za povezavo informacij iz *evalvacijske matrike* in *matrike ocenjevanja*, vse pa imajo za rezultat rangiran vrstni red (končni rezultat), ki predstavlja oceno posameznega projekta. Rezultat lahko uredimo v novo matriko, ki nato omogoča analizo občutljivosti vrstnega reda za različne zorne kote vključene v *prioritetno matriko*.

VPV omogoča tudi grafične prikaze analize senzitivnosti za prioritete. V metodo je vključena prilagojena hierarhična analiza, ki pomeni a priori klasifikacijo različnih kriterijev v dve ali tri homogene skupine. Generalizacija je izvedena na indiktivni način (bottom up – številni kriteriji, nato združevanje v skupine kriterijev).

Uporabljena metoda evalvacije predlaga tri skupine kriterijev:

- ekonomski (denarni, finančni vidik – letno proizvedena energija, specifična vlaganja, predviden čas izgradnje, zaposleni);
- okoljski (vpliv na okolje - škodljive emisije, območje poplav, dolžina vodov, ozemlje za dodatne objekte, dodatne ceste in parkirišča, hrup);
- tehnični (konstrukcija in upravljanje – zmogljivost, odstotek dnevnega volumna vode od praznih do polno delujočih ur, višina jezua, odstotek objekta pod zemljo).

Skupine so le predlog, uporabnik lahko razporedi kriterij v eno ali drugo skupino ali ustvari novo skupino (ki naj bi bila homogena).

3.3.2.1 Standardizacija vhodnih podatkov

Ko pripravimo *evalvacijsko matriko* (Z), se pojavi problem, da so kriterijski učinki medsebojno neprimerljivi, ker imajo različne merske enote. Primerljive jih naredimo s transformacijo v splošne merske enote (poskrbimo, da bodo imele vse vrednosti razpon med 0 in 1), kar imenujemo standardizacija.

Uporabimo lahko tri tipe standardizacije:

- vektorska normalizacija se izvede na osnovi predpisanega normativa (vrednost za posamezen kriterij v stolpcih matrike delimo z normativom za ta kriterij). Nove vrednosti se raztezajo v razponu od 0 do 1 (večinoma višje kot 0,0 in manjše kot 0,9);

$$r_{ji} = \frac{z_{ji}}{\sqrt{\left(\sum_i z_{ji}^2\right)}}$$

- linearna transformacija se izračuna tako, da se posamezna vrednost kriterija deli z najvišjo vrednostjo na tem kriteriju in zagotavlja, da ima vedno en podatek najvišjo vrednost 1, en pa najnižjo 0; primerna, če kriterije različno obtežimo (pripisemo različni pomen - okoljski vplivi 2x bolj pomembni kot stroški);

$$r_{ji} = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \left\{ \frac{z_{ji}}{\sqrt{\left(\sum_i z_{ji}^\alpha\right)^{\frac{1}{\alpha}}}} \right\} = \frac{z_{ji}}{\max_i z_{ji}}$$

- minimalna-maksimalna transformacija pa pomeni, da najnižja vrednost dobi vrednost 0, najvišja pa 1. Je zelo primerna, če računamo večkriterijsko analizo preko analize konkordance, v kateri se izvede primerjava kriterijskih točk v parih.

$$r_{ji} = \frac{z_{ji} - \min_i z_{ji}}{\max_i z_{ji} - \min_i z_{ji}}$$

Uporaba ene metode standardizacije namesto druge nima slabega vpliva na občutljivost končnih rangov različnih alternativnih načrtov.

Pri standardizaciji moramo biti pozorni tudi na smer kriterijskega efekta. Pri nekaterih kriterijih je boljša višja vrednost (kriterij koristi), pri drugih nižja (kriterij stroškov). Včasih lahko nekdo za isti kriterij meni, da je pozitiven (izgradnja dodatnih cest do HE širi prometne poti), drug pa, da je negativen (ceste so dodaten poseg v prostor).

Pri oblikovanju evalvacijske matrike je potrebno določiti smer (pozitivna, negativna) in dodati dodatno binarno lastnost, vsaka standardizacija mora vsebovati smer učinka (pozitivna: 0 pomeni slabo, 1 dobro; negativna: 0 pomeni dobro, 1 slabo). Če želimo vse rezultate urediti v smislu višje je boljše, za negativne uporabimo transformacijo (odštejemo izračunano standardno vrednost od 1), uporabniku pa mora biti omogočena enostavna zamenjava kriterijske smeri. Te spremembe zahtevajo izračun nove standardizirane matrike (R).

3.3.2.2 Kriterijske prioritete

Prioritete odsevajo subjektivni del vhodnih podatkov. Izrazimo jih z obtežitvami. Za vsak kriterij (j) določimo utež (w). Najlažji način za določitev obtežitve je, da vprašamo odločevalca, da navede relativno pomembnost posameznega kriterija na »kardinalni« (npr. od 0 do 10) ali »ordinalni« lestvici (najmanj pomembne, pomemben, najbolj pomemben).

Uteži najlažje uporabimo v matriki, ki že vsebuje standardizirane vrednosti. Uteži lahko določimo vsakemu kriteriju posebej že na začetku analize ali pa kasneje, ko že izvedemo grupiranje kriterijev v 2 ali 3 skupine.

3.3.2.3 Analiza konkordance

Največ razlik pri metodi VPV se pojavi pri aritmetičnih postopkih združevanja informacij iz evalvacijske matrike z informacijami iz prednostne matrike z namenom, da bi pridobili interpretativne sklepe o ocenjevanju splošni kvaliteti ali zaželenosti alternativ. Pri nekaterih metodah je poudarek na operativni enostavnosti, pri drugih pa je zaželen bolj sofisticiran pristop, s katerim se izognemo nepravilni uporabi informacijskih virov. Vseeno vsaka metoda temelji na predpostavkah, ki jih pogosto ne moremo natančno pojasniti ali utemeljiti.

Analiza konkordance je osnovna tehnika VPV, ki koristi kvantitativne vrednosti vhodnih podatkov. Temelji na tehniki razvrščanja učinkov kriterijev odločitve, povezanih z nizom različnih alternativnih načrtov. Ta metoda je manj primerna za dolgotrajne odločitve, ki pa niso tipične za primerjalne vrednotenjske probleme alternativnih instalacij HE. Razvili so jo v Franciji, kjer je ponavadi imenovana ELECTRE metoda (ELimination Et Choix Traduisant la REalité).

Osrednji cilj te osnovne tehnike je predvideti uporabo vhodnih podatkov tako matrike (Z) kot tudi utežnega vektorja (W). Značilna poteza z ozirom na analizo stroškov in koristi je, da obe metodi začneta pri matriki učinkov načrta, ki vključuje rezultate ustreznih kriterijev odločitve za alternativne načrte. Shema uteži konkordančne analize pa se močno razlikuje od denarnih ocen analize stroškov in koristi. Uvedba vektorja W pomeni, da se za vsak par načrtov posebej lahko oblikujeta konkordančna in diskonkordančna analiza na podlagi sorodnih prioritet, ki se za vsak par določijo z ozirom na alternativne načrte.

○ Kalkulacijski algoritem konkordance

Koraki kalkulacije:

1. standardizacija,
2. konkordančni in diskonkordančni niz,
3. konkordančna matrika,
4. diskonkordančna matrika,
5. konkordančni dominantni indeks,
6. diskonkordančni dominantni indeks,
7. eliminacija in selekcija alternativ.

Priporočljiva je večkratna izvedba analize občutljivosti s prilagajanjem vrednosti v Z ali uteži v W . Kadar spreminjamo le vsebino W (npr. prestop iz enega pogleda v drugega v prednostni matrici), moramo ponoviti le korake od 3 do 7. Če spreminjamo enake vrednosti v Z , moramo ponoviti vse korake.

- Konkordančni in diskonkordančni nizi

Osnovni pristop k analizi konkordance zajema primerjavo parov – glede na vsak individualno izmerjen kriterij – vseh alternativnih načrtov v matriki R . Iz vsake primerjave dveh načrtov i in k dobimo konkordančni (C_{ik}) in diskonkordančni (D_{ik}) niz.

Konkordančni niz vključuje vse kriterije (j), kjer je alternativa i (prvo izbrana alternativa) bolj zaželena kot možnost k (drugo izbrana oz. primerjana):

$$C_{ik} = \{j \mid r_{ji} > r_{jk}\}$$

Nasprotno pa diskonkordančni niz vsebuje vse kriterije, za katere je možnost k bolj zaželena od i (druga bolj kot prva):

$$D_{ik} = \{j \mid r_{ji} < r_{jk}\}$$

- Pozitivni vidik alternativ

Pozitivni vidik alternativ ocenimo s konkordančno matriko in konkordančnim dominantnim indeksom. Razumljivo je, da bo niz skladnosti C_{ik} vseboval več elementov, saj alternativa i prevladuje nad alternativo k glede na več kriterijev. Relativno dominanco lahko izrazimo s konkordančnim indeksom c_{ik} , ki je definiran kot:

$$c_{ik} = \sum_{j \in C_{ik}} w_j, \forall i \neq k$$

Konkordančni indeks alternative i (prve) v primerjavi z alternativo k (druga) je enak vsoti uteži, pripisanih kriterijem, ki pripadajo konkordančnemu nizu načrta i glede na načrt k . Visoka vrednost indeksa c_{ik} kaže, da je pri kriterijih, ki pripadajo konkordančnemu nizu, alternativa i bolj zaželeno od alternative k . Vrednost 1 pomeni, da je alternativa i popolnoma prevladujoča nad alternativo k ; če je vrednost 0 pa je alternativa i slabša od k za vse kriterije.

Vse konkordančne indekse vključimo v konkordančno matriko (C). Vsak element matrike kaže relativno prevlado alternative i nad k in ga izračunamo s seštevanjem vseh uteži, povezanih s kriteriji, ki pripadajo konkordančnemu nizu c_{ik} . Večja kot je vrednost c_{ik} v primerjavi s c_{ki} , boljša je alternativa i v primerjavi s k . Razlika ($c_{ik} - c_{ki}$) potemtakem določa mere relativnega prevladujočega položaja i v primerjavi s k . Ko naredimo vse parne primerjave med alternativami, izračunamo indeks konkordančne dominance c_i , ki je razlika med vsoto vseh vrednosti v vrstici in vsoto vseh vrednosti v koloni.

$$c_i = \sum_{k=1}^I c_{ik} - \sum_{k=1}^I c_{ki}, \forall k \neq i$$

Izraza $\sum c_{ik}$ in $\sum c_{ki}$ vsak zase predstavljata vsoto vrst in stolpcev v matriki C. Vsota vrste izraža absolutni prevladujoči položaj i nad vsemi k . In obratno, vsota stolpcev izraža absolutni prevladujoči položaj niza k nad i . Pozitivna vrednost c_i odraža prevladujoči položaj i glede na druge alternative, ki je močnejši, če je vrednost c_i večja. Alternativa, ki jo posledično izberejo kot »najprimernejšo« na podlagi informacij o konkordanci, mora ustrezati pogoju: $\max c_i$. Vse ostale alternative lahko razvrstimo v padajoče zaporedje prevladujočega položaja konkordance. Tako dobimo preferenčni vrstni red.

- Negativni vidiki alternativ

Če želimo proučiti slabosti alternativ, moramo presoditi, v kakšni meri je alternativa i slabša od alternative k . Zato se pri meritvi relativnega prevladujočega položaja i glede na k kot dodatek uporablja indeks, ki odraža mero, v kateri je načrt i slabši od k . To pomeni, da se v analizo vključijo tudi negativni vidiki skozi konstrukcijo diskonkordančne matrike (D) in diskonkordančnih indeksov, ki izhajajo iz diskonkordančnega niza.

Predlagane so bile različne metode izračuna indeksa diskonkordančnega $d_{i,k}$ za raznovrstno uporabo in namene:

- Enostaven diskonkordančni indeks ($d_{i,SD}$):

Postopek je podoben kot pri konkordenčnemu indeksu, le da nižja vrednost indeksa pomeni, da alternativa prevlada nad primerjano alternativo. Elementi d_{ik} so vključeni v (asimetrično, kvadratno) diskonkordančno matriko (D).

$$d_{ik} = \max_{j \in D_{ik}} \left(\frac{|z_{ji} - z_{jk}|}{d_j^{\max}} \right); d_j^{\max} = \max_{0 \leq l, k \leq I} |z_{jl} - z_{kl}|$$

Diskonkordančni indeks d_{ik} izračunamo z uporabo normirane vrednosti matrice učinkovitosti r_{ji} namesto izvornih učinkov z_{ji} . V tem primeru ter pri uporabi minimalno-maksimalne transformacije za konstrukcijo matrike R lahko enačbo enostavnega diskonkordančnega indeksa zamenjamo s sledečo:

$$d_{ik} = \max_{j \in D_{ik}} (|r_{ji} - r_{jk}|)$$

Na podoben način ko indeks konkordančne dominance c_i lahko oblikujemo indeks diskonkordančne dominance d_i :

$$d_i = \sum_{k=1}^I d_{ik} - \sum_{k=1}^I d_{ki}, \forall k \neq i$$

Ta indeks je meritev prevladujočega položaja diskonkordance: nizka vrednost d_i (npr. negativna vrednost) nakazuje močnejši prevladujoči položaj alternative i , vsaj v okviru informacij o diskonkordanci. Odločilni kriterij za alternativo na osnovi prevladujočega

diskonkordančne dominance je: $\min_i d_i$. Na podoben način lahko razvrstimo ostale načrte v padajoče zaporedje prevladujočega položaja diskonkordance.

· Obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,WD}$):

Naslednja metoda za določanje diskonkordančnega indeksa je razširjena enačba enostavnega diskonkordančnega indeksa, pri kateri upoštevamo relativne uteži, povezane z učinki zaporednih kriterijev. Ta obtežen diskonkordančni indeks je enak:

$$d_{ik} = \max_{j \in D_{ik}} \left(\frac{w_j \cdot |r_{ji} - r_{jk}|}{d^{\max}} \right); d^{\max} = \max_{\substack{j \in D_{ik} \\ (i,k)}} (w_j \cdot |r_{ji} - r_{jk}|)$$

Tukaj so normirani rezultati r_{ji} vedno uporabljani, ker števec in imenovalc enačbe nista nujno povezana z istim kriterijem odločitve.

Zgornja indeksa diskonkordance (»enostavni« in »obtežen«) sta povezana le z maksimalno razliko pri učinkih projektov. Namesto maksimalne razlike se ponavadi pridobi bolj reprezentativna podoba razlike diskonkordance z določanjem dveh skupnih diskonkordančnih indeksov, ki temeljita na vseh razlikah med učinki po kriterijih, pripadajočih nizu diskonkordance. To sta enostaven združen diskonkordančni indeks in združen obtežen diskonkordančni indeks:

· Enostaven združen diskonkordančni indeks ($d_{i,AD}$):

$$d_{ik} = \frac{\sum_{j \in D_{ik}} \left(\frac{|r_{ji} - r_{jk}|}{Gd_j^{\max}} \right)}{f}; f = \max_{(i,k)} (f_{ik}); Gd_j^{\max} = \max_{(i,k)} |r_{ji} - r_{jk}|$$

f in f_{ik} predstavljata število kriterijev, ki pripadajo diskonkordančnemu nizu D_{ik} . Gd_j^{\max} pa je definiran kot:

$$Gd_j^{\max} = \max_{(i,k)} |r_{ji} - r_{jk}|$$

Prav tako je v primeru, ko uporabimo minimalno-maksimalno transformacijo za pridobitev matrike R , $Gd_j^{\max} = 1$. Upoštevajoč vse, ta indeks predstavlja nekakšno »povprečje« med vsemi razlikami, ki jih lahko izračunamo med učinki po kriterijih, vključenih v diskonkordančni niz. Da zagotovimo vrednost tega indeksa med 0 in 1, ga delimo z f . Z drugimi besedami, to kasneje predstavlja največje število kriterijev, možnih za vključitev v vse D_{ik} , ki jih lahko oblikujemo za dani problem.

• Združen obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,AWD}$):

$$d_{ik} = \frac{\sum_{j \in D_{ik}} \left(\frac{w_j \cdot |r_{ji} - r_{jk}|}{d^{\max}} \right)}{f}; f = \max_{(i,k)}(f_{ik}); d^{\max} = \max_{\substack{j \in D_{ik} \\ (i,k)}}(w_j \cdot |r_{ji} - r_{jk}|)$$

Združen obtežen diskonkordančni indeks lahko smatramo za najbolj zadovoljivega pri združevanju učinkov razlik z relativno veliko vplivnostjo na kriterije, ki povzročajo te razlike.

- Eliminacija in selekcija alternativ

Končni preferenčni red različnih alternativ se pridobi z združevanjem, kombinacijo rezultatov konkordančnega in diskonkordančnega pristopa. To storimo s spajanjem vrednosti njihovih delnih rezultatov. Nato lahko nadaljujemo z izločitvijo najmanj zaželenih alternativ ali izborom enega (ali več) najbolj primerne. Obstaja več metod združevanja rangov, lahko izberemo tisto alternativo, ki ima najvišji rang na obeh procedurah.

V vsakem primeru lahko izberemo alternative z visoko vrednostjo c_i in preučimo vrednosti njihovih različnih indeksov diskonkordance glede na njihove značilnosti. Iz zgornjih definicij teh indeksov lahko povzamemo:

- a) Enostavni in obteženi diskonkordančni indeksi ($d_{i,SD}$ in $d_{i,WD}$) učinkujejo kot indikatorji, ki opozarjajo na možne probleme (v povezavi z določenim kriterijem), katerim se lahko izognemo z izbiro druge alternative. Ti indikatorji opozarjajo na maksimalne razlike.

- b) Nasprotno pa združen diskonkordančni indeks ($d_{i,AD}$) identificira načrte, ki ponujajo najboljši kompromis med vsemi danimi alternativami in celo presežejo pristop »maksimalne razlike«, ker upoštevajo tudi absolutne vrednosti vseh učinkov, povezanih s kriteriji v nizu diskonkordance.
- c) Združen obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,AWD}$) je po zgradbi najbolj podoben indeksu skladnosti. Tako oba indeksa pri upoštevanju uteži ne služita le kot napovednika uspeha ali neuspeha alternative, temveč ju lahko interpretiramo na lestvici, ki meri stopnjo uspeha ali neuspeha. Ta indeks lahko smatramo za najbolj razlagalnega med vsemi pokazatelji diskonkordance, ker povezuje uteži in povprečne razlike.

V povezavi z zadnjo točko je možno izračunati še en končni rezultat z algebrskim združevanjem dominantnega indeksa diskonkordance z združenim obteženim diskonkordančnim indeksom. Ta rezultat nam poda celovito informacijo o pozitivnih in negativnih vidikih, aspektih vsake alternative, imenujemo pa ga globalni sintetični indeks (GS_i) in ga izračunamo po enačbi:

$$GS_i = c_i - d_{i,AWD}$$

3.3.2.4 Analiza občutljivosti

Konkordančna analiza lahko zajame številne informacije različnih alternativ, odločitvene kriterije in prioritete. Na splošno velja analiza občutljivosti za pomemben postopek z ozirom na vhodne podatke, obtežitvene sheme. Trdnost modela se tako lahko testira z analizo občutljivosti s posameznimi vrednostmi uteži, na podlagi katere se izdelata matrika ocenjevanja, v katero so vključeni le diskretni in jasni sistemi uteži.

- Razvrščanje kriterijev

Za izvedbo analize občutljivosti morajo biti kriteriji predhodno združeni v homogene skupine. Postopek razvrščanja kriterijev mora potekati po teh korakih:

1. izbrati je treba število homogenih skupin (obravnavajo primerov z dvema ali tremi skupinami),
2. izbrati je treba relativno utež, ki je dodeljena vsem kriterijem iste skupine,
3. izbrati je treba absolutno utež, ki je dodeljena celotni skupini.

- Analiza z dvema homogenima skupinama

Če želimo oceniti omejeno število alternativ HE i ($i = 1, 2, \dots, I$) glede na omejeno število kriterijev j ($j = 1, 2, \dots, J$), združenih v $N = 2$ skupin, vsaka s kriterijem M_n :

$$M_1 + M_2 = J$$

Predpostavimo, da imamo specifično strategijo za določanje relativnih uteži kriterijem vsake skupine, to je:

$$\sum_{m_1=1}^{M_1} p_{m_1} = 1 \quad \text{in} \quad \sum_{m_2=1}^{M_2} p_{m_2} = 1$$

Predpostavimo tudi, da želimo izvesti omejeno število $(H+1)$ analiz VPV (npr. analize konkordance z izračunom vseh indeksov konkordance in diskordance), vsaka pa je karakterizirana z različno skupino vrednosti uteži (g_n), vendar vedno odraža osnovni pogoj v h -tem izračunu:

$$g_{1,h} + g_{2,h} = 1(\text{ali } 100\%)$$

Če je zahtevana trajna komplementarna variacija $g_{1,h}$ in $g_{2,h}$, moramo pri določanju vrednosti H upoštevati naslednje parametre:

- a) maksimalne in minimalne vrednosti skupin (g_{\max} in g_{\min} posebej), ki jih želimo določiti g_1 in g_2 ;
- b) spremembo uteži skupine Δg , ki jo želimo določiti g_1 in g_2 , ko v izračunu prehajamo iz h -tega v $(h+1)$ -tega.

Parameter H je nato podan z:

$$H = \frac{g_{\max} - g_{\min}}{\Delta g}$$

Če nameravamo z analizo občutljivosti na podlagi različni uteži raziskati kar največ možnosti (vključujoč zelo ekstremna stališča), so splošni pogoji določeni z:

$$g_{\max} = 1 \text{ (or 100\%)} \text{ in } g_{\min} = 0.$$

Manjši kot je Δg , večji bo H in večjo stopnjo podrobnosti lahko dosežemo z analizo občutljivosti. Ko smo določili g_1 in g_2 , celotno strukturo sistema uteži (zgradba vektorja W) izpeljemo iz enačbe:

$$w_{n,m_n} = g_n \cdot p_{m_n}$$

Ko definiramo strategijo za določanje relativnih uteži p_{m_n} za kriterije iste skupine, se komplementarne variacije za g_1 in g_2 skladajo z različnimi vidiki odločevalcev, ki jih lahko zberemo v matriko ocenjevanja. Dobro začetno stališče je lahko primer, pri katerem so kriteriji iste skupine določeni z isto relativno pomembnostjo, ki je:

$$p_{m_n} = \frac{g_n}{M_n}, \forall n, m$$

Na splošno je analiza občutljivosti v praksi analogna matriki ocenjevanja, konstruirani s konstantnimi relativnimi utežmi znotraj homogene skupine.

Glede na podatek, da je preizkus občutljivosti izveden v okviru več kot 50 neodvisnih analiz skladnosti, bi ga bilo zaradi velikosti težje predstaviti v tabeli (kot na primer pri matriki ocenjevanja), zato je grafični prikaz bolj uporaben za razumljivost stabilnosti končnega položaja načrta. Rešitev lahko narišemo v obliki diagrama, v katerem je globalni sintetični indeks GS_i določen na utež, ki je določena eni izmed obeh skupin. Vsako stališče na diagramu identificira navpični izsek, na katerem bodo določeni različni sintetični indeksi.

- Analiza s tremi homogenimi skupinami

Opisanemu pristopu za izvedbo analize z dvema homogenima skupinama lahko sledimo tudi za kriterije, združene v tri homogene skupine. Najbolj relevantne razlike se tičejo naslednjih dveh enačb:

$$M_1 + M_2 + M_3 = J$$

$$g_{1,h} + g_{2,h} + g_{3,h} = 1(\text{ali } 100\%)$$

Kot dodatno lahko učinke analize občutljivosti tukaj prikažemo v grafičnih metaforah, s katerimi končni prednostni red predstavimo v obliki trikotnega diagrama.

4 UPORABA PROGRAMA HYPSE

Izdelala ga je korporacija Borland za Delfi 5 (Implemented in Delphy 5). Deluje na računalnikih z operacijskim sistemom Windows 95 ali z novejšimi verzijami in ga sestavlja skupek procedur, ki zaporedno in interaktivno izvajajo analize konkordance in občutljivosti obteženih faktorjev in omogoča grafično ponazoritev rezultatov.

HYPSE je prijazen za uporabnika ter mu nudi pomoč v vseh posameznih korakih analize. Tudi med ustvarjanjem »evalvacijske matrike (Z)« je na voljo šablonsko orodje, ki uporabniku, med mnogimi avtomatično dodeljenimi kriteriji, omogoča izbiro lastnih kriterijev. Kot evalvacijsko orodje se lahko uporabi, ko so vsi alternativni projekti HE oblikovani.

4.1 Osnovni koncepti

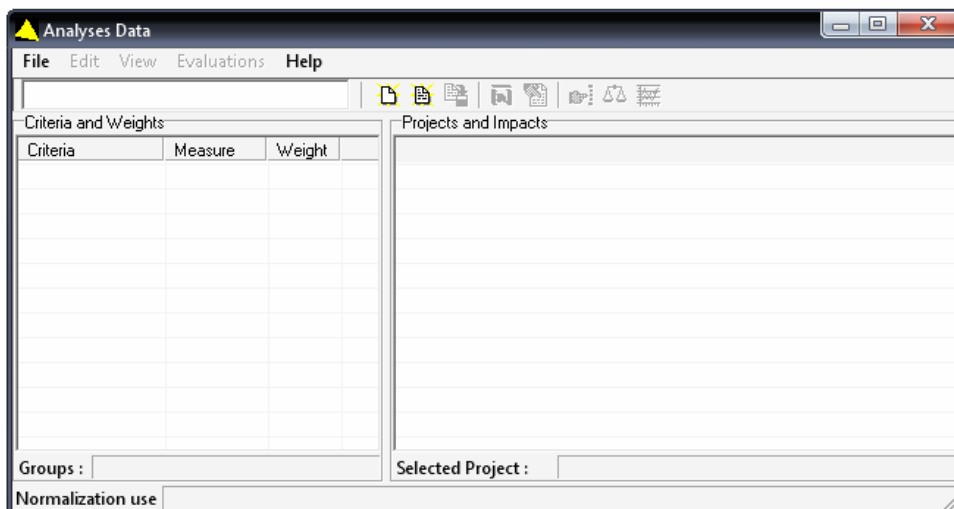
Programsko orodje HYPSE lahko uporabljamo na osebнем računalniku, ki teče pod Microsoft orodjem Windows in ima sledečo bazično konfiguracijo:



- Pentium procesor (ali boljši),
- 8 Mb RAM,
- 3Mb prostora na disku,
- Operacijski sistem Windows 95 ali novejši.

Ko zaženemo program, se nam odpre prazno okno programa HYPSE, ki ga sestavljajo trije sektorji (slika 6):

- viseči meniji in orodna vrstica (zgoraj),
- kriteriji in uteži (*Criteria and Weights*; leva stran),
- projekti in vplivi (*Projects and Impacts*; desna stran).



Slika 6: Prazno okno programa HYPSE

- Viseči meniji in orodna vrstica
 - Meniji

V meniju *File* so zbrani ukazi za delo z datotekami: odpiranje (*New, Open ...*), shranjevanje (*Save, Save As ...*), izpis na papir (*Print ...*) in zaključek dela (*Exit*).

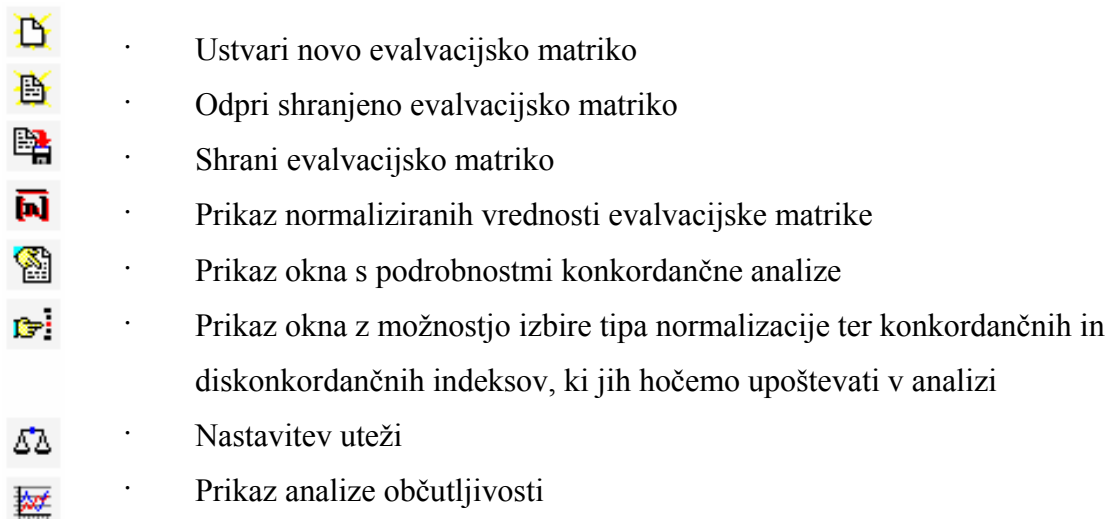
V meniju *Edit* so zbrani pomožni ukazi za urejanje (lastnosti kriterijev (*Criteria Properties...*), projekti oz. alternative (*Projects*)).

Z menijem *View* imamo možnost prikaza normaliziranih vrednosti matrike (*Normalized Impacts*) in prikaza okna s podrobnostmi konkordančne analize (*Indexes Details*).

Z ukazi menija *Evaluations* izberemo tip normalizacije in indekse, katere hočemo upoštevati v analizi (*Indexes Selection...*), nastavimo uteži kriterijem in/ali zberemo kriterije v dve ali tri homogene skupine (*Weighting system...*) in uprizorimo rezultate senzitivnostne analize (*Sensitivity Analysis...*).

- Orodna vrstica

V orodni vrstici je zbirka ikon najpogosteje uporabljenih funkcij (slika 7).



Slika 7: Najpogosteje uporabljene funkcije

4.2 Koraki procesa vrednotenja

Uporabnik se mora med izvedbo HYPSE ves čas zavedati, da je metoda VPV proces vrednotenja, ki se izvaja v treh korakih:

- 1. Zbiranje podatkov:** katerikoli projekt (alternativen) je lahko seznam kvantitativnih in kvalitativnih lastnosti, ki je definiran kot možen in neodvisen scenarij. Vrednosti teh lastnosti morajo biti pridobljene iz preliminarnih načrtov ali izvedljivih projektov, ki se nanašajo na obravnavano alternativno rešitev. Zato je priporočljivo, da je pred izvedbo VPV analize faza načrtovanja že dobro razvita. Uporabniki HYPSE morajo tesno sodelovati tako z načrtovalci projekta kot s tistimi, ki sprejemajo končne odločitve. Zato morajo glede seznama lastnosti (*kriterijev*), ki bodo vključeni v analizo, soglašati vsi. Vrsta in število kriterijev močno vplivata na končni rezultat. Ta skupna preliminarna naloga je ključna za zagotavljanje koherence in korektnosti procesa vrednotenja v celoti. Glede na zgoraj omenjeno, ta korak obsega definicijo in zgradbo matrike vpliva **Z**.

2. Izbira načina za primerjavo alternativ: ta korak lahko razdelimo v dve nalogi: *a)* utrditi relativno pomembnost, ki jo nosilci odločanja želijo pripisati vsakemu kriteriju ali vsaki skupini homogenih kriterijev; *b)* izbrati kazalce, ki naj bi bili uporabljeni za razvrščanje končnega izbora, ki predstavlja končni učinek procesa vrednotenja.

3. Interpretacija rezultatov: končno »branje« izračunanih kazalcev ni nujno takojšnje in enostavno. Zato, ker so okoliščine lahko kompleksne in podvržene spremembi, njihova interpretacija ni le primerjava rezultatov. Za ta korak so potrebne izkušnje in praksa poleg dobrega poznavanja orodij za analizo. Še enkrat je potrebno poudariti potrebo po interdisciplinarnem sodelovanju med tremi izvajalci procesa vrednotenja – nosilci odločanja, ki jim pomagata tako načrtovalec projekta kot uporabnik HYPSE. To postane obvezno v procesu izvedbe senzitivnostne analize. Zlasti lahko senzitivnostno analizo kompozicije sistemov merjenja obravnavamo kot večkratno ponovitev enostavne konkordančne analize zato, ker določi način za avtomatično modifikacijo nekaterih vedenj, tako da lahko opazujemo variacije v izboru. Tako lahko programska oprema HYPSE dokaže originalne in nove značilnosti, pomaga in priskrbi nosilcu odločanja grafično predstavitev drugače nejasnih podatkov.

4.3 Izdelava evalvacijske matrike



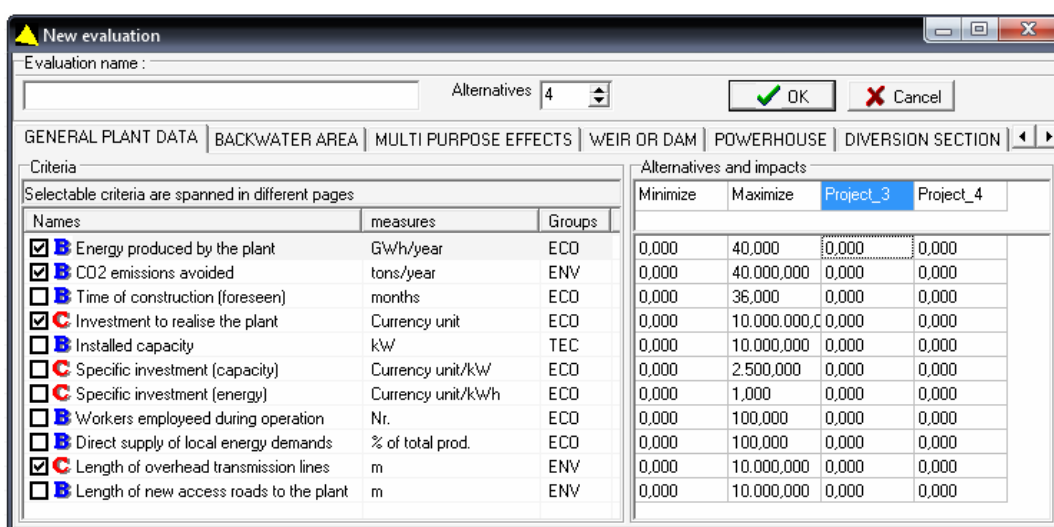
Program HYPSE je opremljen s »pomožnim okoljem« za lažjo izdelavo evalvacijske matrike, katerega »prikličemo« z izborom *File/New* oziroma z izbiro povezane ikone v orodni vrstici. Odpre se okno *New evaluation* (slika 8), v katerega najprej vnesemo želeno ime analize (zgornji levi kot okna *New evaluation*) in izberemo število zelenih projektov, alternativ (najmanj dve oz. največ deset alternativ). Imenujemo vsako izbrano alternativo. Za boljše razumevanje in pregled so privzeti kriteriji razporejeni v 9 tematskih področij (opis kriterijev v postavki 4.3.1):

- splošni podatki o HE (*General plant data*; 11 kriterijev),
- območje zaježitve (*Backwater area*; 11 kriterijev),
- večnamenski učinki, posledice (*Multi-purpose effects*; 6 kriterijev),
- jez ali nasip (*Weir or dam*; 6 kriterijev),

- strojnica (*Powerhouse*; 4 kriteriji),
- rečni odsek dolvodno od zaježitve do vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (*Diversion section*; 7 kriterijev),
- dovodni kanal (*Head race channel/penstock*; 5 kriterijev),
- odvodni kanal (*Tailrace channel*; 5 kriterijev),
- rečni odsek dolvodno od vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (*Tailwater area*; 6 kriterijev).

Z izbiro določenega zavijka se nam prikažejo kriteriji, ki se nanašajo na izbrano tematsko področje. Izberemo kriterije, katere bomo upoštevali v analizi oz odključamo tiste, ki jih ne bomo. Medtem ko delamo v »pomožnem okolju«, ne moremo spreminjati nobenega parametra, ki opisuje privzeti kriterij (npr. definicijo kriterija, enoto kriterija,...). Na desni strani okna vstavimo vrednosti za vsako alternativo. HYPSE prvotno določi dve privzeti alternativni, *Minimize* in *Maximize*, ki predstavljata minimalne in maksimalne vrednosti kriterijev.

S pritiskom na gumb OK se nam »pomožno okolje« za izdelavo evalvacijske matrike zapre in pokaže programsko okno HYPSE z na novo ustvarjeno evalvacijsko matriko (število kriterijev × število alternativ). Matriko nato shranimo v formatu *.mca.



Slika 8: Programsko okno za izdelavo evalvacijske matrike

Če želeni kriterij uporabnika ni na privzetem seznamu kriterijev programa HYPSE, se v »pomožnem oknu« za izdelavo evalvacijske matrike izbere »slepi« kriterij. Ta kriterij pa se spremeni naknadno (*Edit/Criteria properties...*).

V nadaljevanju so predstavljeni vplivi, povezani z izvedbo mHE – vhodni podatki programske opreme HYPSE, s kolikor je le mogoče merljivimi kvantitetami ter delitvijo elektrarne v že omenjena tematska področja.

4.3.1 Splošni podatki o hidroelektrarni

Proizvedena energija (*EnPro*)

Ta učinek lahko merimo z GWh/leto ali s katerokoli drugo enoto za merjenje energije na čas. Ker se ukvarjamo s produkcijo obnovljivih virov energije, ima vsekakor pozitiven učinek na okolje in je tako lahko klasificirana kot prednost (v nekaterih deželah se proizvodnja energije smatra za edini pozitiven učinek mHE).

Zmanjšanje emisij CO₂ (*EmisAv*)

Tako kot vsi ostali obnovljivi viri energije igrajo tudi mHE pomembno, mogoče celo najpomembnejšo vlogo pri zmanjševanju emisij CO₂. V preglednici xy navajam kazalne vrednosti v redukciji onesnaževalcev v primerjavi z različnimi fosilnimi gorivi, povezanimi s proizvodnjo energije v mHE. Ta učinek je zelo pomemben in pozitiven, še posebej, če upoštevamo obvezo do Kyotskega protokola.

Preglednica 2: Prikaz emisije CO₂ pri proizvodnji električne energije iz fosilnih goriv

Enota	PREMOG		PLIN		NAFTA	
	max	min	max	min	max	min
g(CO ₂ /kWh)	952,5	861,8	498,9	453,6	997,9	771,1

Čas gradnje (*WksCstr*)

Lahko ga merimo v dnevih, mesecih ali drugi časovni merski enoti. Ta kriterij lahko predstavlja korist, saj je povezan z delavci, zaposlenimi v mHE, lahko pa je tudi strošek, slabost na področjih, ki so iz okoljskega vidika še posebej občutljiva.

Investicija za izvedbo mHE (*Inv*)

Lahko jo merimo v evrih. V programu je definirana kot strošek, ker naj bi oceno vpliva na okolje izvedel investitor. Lahko je tudi prednost, če se predpostavi, da je večje število zaposlenih delavcev povezano z večjo investicijo. Pravzaprav ta kriterij ni preveč zanimiv, saj je širok parameter, ki ni specifičen za proizvedeno energijo ali proizvodno kapaciteto, ki bo upoštevana v drugih kriterijih.

Instalirana moč mHE (*InstPow*)

Navadno se meri v kW, MW, kVA ali MVA. Je koristna iz razlogov, ki smo jih omenili že pri proizvodnji energije.

Specifična investicija (instalirana moč) (*InwPow*)

Je pomemben specifičen kriterij, v preteklosti je celo Evropska komisija domnevala, da ocenjuje iniciative na področju mHE. Je ekonomski parameter in ga celo iz okoljskega stališča lahko razumemo kot koristnega: manjša kot je specifična investicija, večji je dobiček. Je dober pokazatelj izvedljivosti pobude. Referenčna vrednost za ta parameter je lahko 2.400 EUR/kW: mHE z višjo vrednostjo se le težka financirajo.

Specifična investicija (proizvedena energija) (*InvEne*)

Ima drugačen pomen v primerjavi s specifično investicijo, namenjeno instalirani moči. Na primer, enaka mHE na tekoči reki ali na zajezenem območju lahko ima okvirno enako proizvedeno energijo, a zelo različni specifični investiciji. Zato je potrebno ta dva parametra uporabiti skupaj, da bi lahko elektrarno pravilno definirali.

Zaposleni med obratovanjem (*WksOpe*)

To je vsekakor pozitiven učinek v izvedbi HE, saj je lahko veliko obratov realiziranih v ekonomsko šibkejših gorskih območjih, tako da ima izgradnja in delovanje elektrarne pomemben sociološki vpliv.

Direktna oskrba (zadostitev lokalnih potreb po energiji) (*DirEnSup*)

Pomembna prednost vseh obnovljivih energijskih virov ter predvsem manjših HE je izkoriščanje lokalnih vodnih virov in proizvodnja energije blizu vira samega. Kot smo dejali, je lahko veliko manjših HE realiziranih v šibkejših, nerazvitih območjih, proizvedena energija pa se lahko sprosti celo do manjših lokalnih električnih omrežij in neposredno zadosti veliki količini lokalnih potreb po energiji. Ta učinek pozitivno deluje na omenjena območja ter predstavlja pomembno priložnost. Merska enota za ta kriterij naj bi bil odstotek celotne proizvodnje, ki zadošča lokalnim energetskim potrebam ali pa odstotek lokalnih potreb po energiji, ki jo zagotavlja HE.

Dolžina »novega« daljnovoda (*LgtTrLines*)

Merjena je v kilometrih ali metrih in navadno predstavlja okoljski strošek. Vseeno pa je lahko v oddaljenih gorskih območjih izgradnja daljnovodov koristna za razvoj v prihodnosti.

Dolžina »nove« dovozne poti (*LgtNwRds*)

Merjena je v kilometrih ali metrih in navadno predstavlja okoljski strošek in prispeva k povečanju stroška izgradnje mHE, po drugi strani pa lahko dolžino nove dovozne ceste pa smatramo za pozitivno, saj z njo revne, težko dostopne visokogorske vasi pridobijo novo infrastrukturo, po drugi strani pa prispeva k povečanju stroška izgradnje HE in posega v okolje. Vseeno pa je lahko v oddaljenih gorskih območjih izgradnja daljnovodov koristna za razvoj v prihodnosti. Tukaj lahko ponovimo dejstva, upoštevana v navedbah o daljnovodih.

4.3.2 Območje zajezitve (gorvodno območje)

Območje stoječe vode lahko definiramo kot območje gornjega toka (gorvodno od jezua), na katerega vpliva prisotnost jezua, nasipa ali kakšne druge preusmeritvene strukture.

Hitrost vode (srednji pretok) (*BckWVel*)

Vodna hitrost je eden izmed abiotskih parametrov, ki učinkujejo na biotske kazalce. Vzrok za uporabo le abiotskih parametrov v tej oceni vpliva na okolje izhaja iz dejstva, da je abiotske kazalce veliko lažje meriti kot biotske, ti pa vseeno dajo oceno vpliva določenega dejanja na okolje.

V programu za hitrost vode je bila povprečna vrednost v primeru srednjega pretoka izbrana, ker se predvideva, da lahko v najboljši meri opiše učinek preusmeritvene strukture. To je absoluten parameter, merjen v m/s. Zanimiv je predvsem kot globalni kazalec učinka gradbenih struktur, kadar primerjamo več izvedbenih možnosti. Manjša kot je hitrost, večji je negativen vpliv HE na okolje.

Dolžina gorvodnega območja (v času srednjega pretoka) (*BckLgt*)

S tem absolutnim parametrom določimo učinek preusmeritvenih struktur na reko. Višje kot so gradbene strukture glede na dno reke, večja je dolžina gorvodnega območja in večji so negativni vplivi, saj je večja tudi sprememba okolja. Zaradi tega so v prednosti, še posebej v gorskih območjih, Tirolska zajetja ali kakšne druge preusmeritvene strukture, ki ne povzročajo znatnih gorvodnih učinkov.

Dolžina kamnite zložbe in obrežnega nasipa na gorvodnem območju (*BckWRipR*, *BckWRipL*)

Ta učinek lahko merimo v metrih ali kilometrih. V privzetih določenih parametrih, predstavljenih v programu, je mišljena kot dejavnost s pozitivnim učinkom zaradi povečanja varnosti okoliških območij. Lahko ima tudi negativen vpliv – oziroma tako pozitivnega kot negativnega glede na določeno situacijo.

Površina na novo »poplavljenega« območja / prvotna površina rečnega dna (*LndInund*)

To je prvi parameter, ki primerja novo situacijo s prvotno, zato ga merimo v odstotkih. V glavnem zaradi izgub spada pod okoljske stroške.

Dolžina neprepustne brežine (*LngImp*)

Lahko jo merimo v metrih ali kilometrih. Spada pod negativne učinke zaradi potencialnih sprememb na površju in podtalnici.

Odstotno povečanje širine rečne struge v času nizkih pretokov (*PercWidth*)

V določenih situacijah je med dokončna dela na HEi vključena tudi preureditev rečne struge v času nizkih pretokov. Treba je poudariti, da ne gre za pomemben učinek.

Področje na novo narejenega nasipa z vegetacijo (*EmbVeg*)

Tudi to lahko uvrstimo med pozitivne učinke. Kjer bodo narejeni novi nasipi, predstavlja pomemben dejavnik prav vegetacija. V mnogih primerih ti na novo ustvarjeni nasipi z vegetacijo prispevajo k izboljšanju kvalitete okolja v bližini preusmeritvenih struktur.

Ustvarjena območja voda z manjšo hitrostjo ali z nizkim vodostajem (*ShelArea*)

Prisotnost preusmeritvenih struktur lahko razumemo kot pozitiven vpliv in ta je eden izmed njih. Ustvarjanje območij počasnih voda, voda z nizkim vodostajem, je lahko posledica samih gradbenih struktur ali pa so namerno ustvarjena. Ta območja imajo pomembno okoljsko vlogo, saj lahko postanejo predeli dragocenih obrežnih ekosistemov. Ustvarjanje le-teh lahko predstavlja vir izboljšanja kvalitete v rekah, ki jim jo je človek s svojimi dejanji že poslabšal.

Globina na sredini gorvodnega območja / nezajezena globina (*Depth*)

Ta učinek spada pod abiotske in lahko merljive parametre, ki upoštevajo obstoječe biotske učinke, ki so težko in le dolgoročno merljivi. Obravnavan je kot pozitiven vpliv, vendar so lahko v nekaterih primerih z njim povezani negativni učinki.

Dolžina gorvodnega območja / maksimalna širina gorvodnega območja (*BkwLngt*)

To je zadnji parameter, ki se uporablja za določanje učinka na gorvodnih območjih. Razmerje med celotno dolžino in maksimalno širino gorvodnega območja je močan parameter, iz

katerega si lahko predstavljamo obsežnost gorvodnega območja v povezavi s pomembnostjo reke. Vrednost parametra se lahko giblje med 0 (v primeru preusmeritvenih struktur, ki ne povzročajo gorvodnih območij) in 100 ali več (v primeru visokih jezov na ozkih rekah). Celo v tem primeru je učinek lahko pozitiven ali negativen, pač glede na določeno situacijo.

4.3.3 Večnamenski učinki, posledice

Sem spadajo učinki, povezani z mHE v večnamenski shemi. V zadnjih letih je bila večja pozornost posvečena večnamenskim shemam; postale so ključne v mnogih občinskih programih. Jasno je, da imajo vsa dejanja, povezana z mHE znotraj teh shem, le pozitivne učinke.

Rekreacija (Recre)

Merjena je v odstotkih povprečne vrednosti celotnega pretoka ali letne količine vode, namenjene rekreaciji. Na primer, v nekaterih zajezenih obratih mora biti nivo vode v kotanji višji kot je predpostavljena vrednost, da bi bilo ribarjenje ali kakšne druge športne aktivnosti mogoče. Tako lahko le del celotne količine vode shranimo za namene HE.

Zaščita pred poplavo (povratna doba) (FloPRO)

Ta pozitiven učinek se meri v letih in je lahko v nekaterih primerih zelo pomemben. V mnogih manjših HE je potrebno rečno strugo blizu preusmeritvenim strukturam preurediti in povečati. To ima posledico v povišanju nivoja vode ter posledično tudi količini pretoka, ki ga je reka med poplavami še sposobna prenesti. Druga možnost za zaščito pred poplavami je uporaba kotanje, v kateri se med poplavami zbira del odvečne vode. Slabost tega sistema pa je, da v manjših HE med poplavami takšne kotanje ne zadostujejo veliki količini vode.

Naselitev (Settle)

Ta vpliv se meri v količini naseljenih prebivalcev zaradi prisotnosti mHE. Izvedba in predvsem delovanje mHE lahko predstavljata pomembno priložnost v nenaseljenih območjih, predvsem gorskih in kmetijskih. Tako lahko število prebivalcev na nek način meri pozitivne učinke na okolje in družbo.

Oskrba z vodo (namakanje ...) (*WatSup*)

Veliko mHE je bilo in je še vedno izvedenih na namakalnih sistemih ali kanalih, še posebej na ravninah, kjer v elektrarnah z nižjim padcem izkoriščajo vodne vire tako za namakanje kot za proizvodnjo energije. V zadnjih desetletjih je bilo veliko manjših HE zgrajenih v sistemih pitnih vod, še posebej na gorskih območjih, kjer so bile nameščene majhne ali mikro turbine za izkoriščanje zajezene vode, ki je bila drugače neizkoriščena. Celo v tem primeru je bila dosežena pomembna večnamenska uporaba vode, kar je potrebno upoštevati tudi v bodoče. Pozitiven učinek se meri v l/s, lahko pa ga merimo tudi v odstotkih celotne preusmerjene vode za namene pridobivanja energije in porabljene za namakanje ali pitje.

Ustvarjanje sosednjih okoljskih površin (*EnvArea*)

Kot olajševalni ukrep v izvedbi mHE je ustvarjanje sosednjih okoljskih površin pogosto zahtevano s strani vlade ali predlagatelja. Ta območja se zelo razlikujejo, zato je težko podati neko vsesplošno navodilo, kako jih uresničiti. Vsekakor pa prispevajo k temu, da je mHE lažje sprejemljiva z okoljskega vidika. Merimo jo v kvadratnih metrih sosednjih površin.

Ustvarjanje kmetijskih površin (*AgriArea*)

Izvedba mHE na oddaljenih kmetijskih območjih lahko oskrbuje deželo z energijo za izsuševanje zemlje ter s tem ustvarja nova poljedelska območja. Enak cilj lahko dosežemo v obstoječih namakalnih območjih, kjer lahko ustvarjeno energijo uporabimo za črpalne sisteme, ki oskrbujejo sušne predele z vodo.

4.3.4 Jez ali nasip

V tem podpoglavju so zajeti učinki samega jezua oz. nasipa, ki se nanašajo na samo preusmeritveno strukturo.

Procent letne količine vode, premeščene iz mokre v suho sezono (*%SeasTrans*)

Ta učinek je v manjši HEi zelo redek, saj bi za premestitev kakršnih koli količin vode iz mokre v suho sezono potrebovali zelo veliko akumulacijo, ki pa je takšna HE verjetno nima. To se lahko smatra za okoljsko prednost, vendar so s tem povezani tudi negativni učinki.

Procent dnevne količine vode, premeščene iz »nizko tarifnih« v »visoko tarifne« ure (*%DailyTrans*)

Da bi premestili vodo iz nizko tarifnih v visoko tarifne ure, je potrebna manjša akumulacija – nekaj tisoč kubičnih metrov ali manj, odvisno od nizko in visoko pretočnih mer ter trajanja nizko in visoko tarifnih dob – tako, da je takšno premestitev mogoče uresničiti celo v manjših HE. To se smatra za pozitiven učinek, saj se lahko v obdobjih velikega povpraševanja količina proizvedene energije poveča in posledično zmanjša uporaba fosilnih goriv. Vendar so tudi tukaj lahko prisotni negativni učinki.

Višina zgornjega (premičnega) dela jezua (*AncDamhgt*)

Veliko jezov in nasipov je, da bi preusmerili vodo v mHE, sestavljenih iz premičnih in nepremičnih delov. Navadno so lopute, drsne ali fiksne zapornice ali napihljivi jezovi nameščeni na grebenu jezua oz. nasipa, z njimi pa uravnavajo količino vode. Pred vtočno odprtino so nameščene še vtočne rešetke in čistilci. Vse to lahko ima poseben vizualni učinek. Ta učinek je navadno merjen v metrih čez greben jezua in ga moramo obravnavati skupaj z naslednjim.

Višina (nepremičnega dela) jezua (*DmHgt*)

Učinek te dejavnosti je navadno negativen tako vizualno kot zaradi tveganja umetnih poplav v primeru uničenja jezua (velika količina vode za večjimi jezovi predstavlja večjo nevarnost kot količina vode za manjšimi). Ta kriterij pri ocenjevanju vpliva na okolje pogosto velja za najpomembnejšega. Razdelitev skupne višine jezua ali nasipa med premičnimi in nepremičnimi deli lahko upoštevamo kot zanimiv parameter; kakorkoli že, da bi učinek ocenili pravilno, moramo zadnja parametra obravnavati skupaj.

Prekinitev transporta sedimentov in plavin (*BedLoad*)

Večina jezov in nasipov povzroča spremembe ali motnje v transportu sedimentov in naplavin. Tirolsko zajetje ali dovodi na dnu so edini, ki le malo ovirajo sedimente in naplavine, zato so s tega stališča primernejši. Večina jezov in nasipov spreminja transport le s časovnega in ne s količinskega vidika. Jezovi in nasipi so večinoma opremljeni z zaporami, ki jih vsake toliko časa dvignejo ter očistijo material, ki se je nakopičil na zgornjem toku, tako da količina sedimentov in naplavin ni modificirana. Kljub temu pa ima tudi ta časovna sprememba

negativne učinke na obrežni ekosistem. V nekaterih primerih ima lahko prekinitev in odstranitev materiala celo pozitiven učinek na reko: pri rekah, kjer zelo velika količina tega materiala povzroča hitro dviganje rečne struge in tako poveča tveganje za preplavljanje.

Prekinitev rečne struge (*RivCont*)

Ohranjanje rečnega kontinuuma pomeni možnost migracije rib in bentoških nevretenčarjev. Betonski jez, visok 3 m, ga ponavadi popolnoma prekine. Zelo enakomerna zapora (1:10 – 1:15), izdelana iz kamnitega podstavka, pa skoraj ne predstavlja motnje. Med tema dvema obstaja še mnogo drugih rešitev, ki so sprejemljive za biologe. Na primer, če jez popolnoma prekine strugo, a je narejena ribja steza, se negativen učinek izniči. Enota za merjenje-odstotek prekinitve, je lahko le groba ocena kvantitete in kvalitete. Količinska omejitev se lahko nanaša na velikost sistema; omejitev v kvaliteti pa na napačen sistem, ki je selektiven do določenih ribjih vrst.

4.3.5 Strojnica

Strojnica je nad ali podzemni objekt, ki služi zaščitni elektromehanske opreme pred zunanjimi vremenskimi vplivi in hkrati preprečuje dostop vsiljivcem do vitalnih elementov HE. Pri gradnji mHE se najpogosteje izvaja stavbno varianto strojnice. Velikost in oblika objekta je neposredno povezana s padcem in instaliranim pretokom na turbini, z izbrano vrsto turbine in številom agregatov ter nenazadnje tudi s terenskimi razmerami. V nadaljevanju so predstavljeni učinki, ki jih povzroča strojnica v svoji bližini.

Površina strojnice (*AreaPow*)

Ti učinki se ponavadi merijo v kvadratnih metrih in se smatrajo za negativne zaradi vizualnega učinka zgradbe, morebitnega padca vrednosti sosednjih površin itd.

Površina dopolnilnih konstrukcij (ceste, parkirni prostori, ...) (*AreaAdd*)

Tudi ti učinki se ponavadi merijo v kvadratnih metrih. V osnovnem seznamu parametrov se ti učinki smatrajo za pozitivne, toda pogosto je bilo rečeno, da se moramo v nekaterih situacijah

(predvsem pri občutljivih površinah, naravnih parkih) popolnoma izogniti nenaravnosti; v tem primeru so učinki vsekakor negativni.

Emisije hrupa strojnice (*NoiEmi*)

Osnovna enota za merjenje tega negativnega učinka je decibel (dB). Ta učinek je še posebej opazen v strojnica, kjer so turbine opremljene s povečevalci hitrosti ali z visokorotacijskimi hitrostmi (1.500 obratov na minuto). Ta negativen učinek bi le težko zmanjšali s primernejšo turbino in s primernim projektom strojnice. Ukrepi za zmanjševanje hrupa so zelo dragi, ko je HE že dokončana in v delovanju.

Odstotek podzemnega dela strojnice (*PercUndPow*)

Zaradi vizualnega učinka strojnice se mora del »zakopanega« objekta obravnavati kot vir pozitivnega učinka na okolje. Zato je ta parameter vključen v osnovni seznam kriterijev ocene učinka na okolje. V nekaterih državah se ta odstotek smatra za zelo pomembnega.

4.3.6 Rečni odsek dolvodno od zajezitve do vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (preusmeritveni odsek)

Ta modul obravnava učinke v rečnem odseku med preusmeritvenimi strukturami in koncem odvodnega kanala, ki vrača preusmerjeno vodo nazaj v reko.

Dolžina preusmeritvenega odseka (*DivLng*)

V nekaterih državah ima pri ocenitvi vplivov na okolje ta dolžina največjo težo izmed vseh vplivov, pozitivnih in negativnih. V tem delu so zbrani vsi učinki preusmeritve, zato morajo skoraj v vseh državah preusmeritvene strukture spuščati ekološko sprejemljiv pretok, da omilijo negativne učinke preusmeritvenega odseka, povezane z izvedbo mHE.

Omočeni del struge (*WetWid*)

Ta parameter je eden izmed abiotskih indeksov, ki je dokaj lahko izmerljiv že v fazi predhodnih načrtov, upoštevamo pa ga v odstopanju od biotskih indeksov. Razmerje nam lahko pokaže obremenitev rečnega in obrežnega ekosistema pri izvedbi mHE. Razmerje so

mora izmeriti tik pod preusmeritvenimi strukturami, da se ne upoštevajo učinki pritokov ali drugih preusmeritev.

Konstruktivsko izboljšani del preusmeritvenega odseka (*StruReach*)

Odstotek konstruktivsko izboljšanega dela preusmeritvenega odseka pri izvedbi mHE se lahko smatra za pozitiven učinek, ker omogoča večjo stabilnost in posledično večjo varnost okoliških območij. Ukrep je pogosto primeren za izboljšanje delovanja HE. Po drugi strani pa se lahko, če je preusmeritveni odsek oblikovan v trapezoid, pojavijo težave pri zadostni količini ekološko sprejemljivega pretoka. Za zmanjšanje ekološko sprejemljivega pretoka pod jezom lahko izboljšamo strukturo s prilagajanjem širine, globine in hrapavosti rečne struge.

Učinek pritokov (*TribEff*)

V veliko primerih je, še posebej pri gorskih vodotokih, lahko dolžina preusmeritvenega odseka zelo velika, mHE pa lahko reko s prevelikim odvzemom vode popolnoma izsušijo. Razen ekološko sprejemljivega pretoka, ki mora biti zagotovljen v skoraj vseh državah, se morebitni pritoki v preusmeritvenem odseku pogosto ne upoštevajo oz so pozabljeni. Zato je bil ta parameter dodan med pomembne, ki pripomorejo k zmanjšanju negativnega vpliva na območja dolvodno, za preusmeritvenimi konstrukcijami. Osnovna enota za merjenje je l/s, lahko pa se uporabi tudi odstotek preusmerjene vode.

Število pritokov odpadnih voda (*NrWaste*)

Možno je, da se znotraj preusmeritvenega odseka izlivajo pritoki odpadnih voda. Zaradi odvzema vode za potrebe obratovanja mHE je ta odsek občutljivejši in še toliko bolj poveča vpliv HE na okolje. Ta vpliv se lahko zmanjša z upoštevanjem ekološko sprejemljivega pretoka in je dovolj velik za zadovoljivo »razredčenje« onesnaženja tudi pri nizkih pretokih.

Ekološko sprejemljiv pretok (*ResFlow*)

Ekološko sprejemljiv pretok (*Qes*) predstavlja najpomembnejši olajševalni ukrep mHE in je lahko odločilen za razvoj mHE, saj lahko premočen preostali tok spremeni sicer dober projekt v ekonomsko neizvršljivega.

Pri določevanju *Qes* naj se upošteva dejanska možnost izrabe vodnega potenciala in sonaravno vključevanje v prostor. Preveliki odvzemi vode so dolgoročno in okoljsko

neupravičeni. Država kot lastnik naravnih virov mora zagotoviti ustrezen nadzor nad odvzemi vode ter tako zavarovati in ohraniti naravo. Z odvzemi vode iz vodotokov se voda, ki je del ekosistema, spremeni v ekonomsko kategorijo, razkorak med naravo in gospodarstvom pa je lahko velik. Z naravovarstvenega vidika pomeni Qes ohranitev zgradbe in delovanja ekosistema, ki se odraža v ohranjanju vrstne pestrosti (Limnos, 2003).

V povezavi z izdajo koncesij za odvzem vode iz vodotokov se v Sloveniji kot edini resni problem, ki ga je treba reševati, pogosto omenja ekološki sprejemljivi pretok. Z odvzemi vplivamo na strukturo in funkcijo vodnega in obvodnega ekosistema, zato je naloga koncesionarja, da upošteva ekološko sprejemljivi pretok. Kot Qes je definirana tista količina vode, ki zagotavlja ohranitev ekološkega ravnotežja v in ob vodotoku.

Po svetu uporabljajo različne metode za določevanje Qes. Hitre metode, ki bazirajo na hidroloških in hidravličnih izhodiščih, se uporabljajo čedalje redkeje in vedno bolj se upoštevajo zahteve ekologije, krajinarstva, gozdarstva in ostalih strok. Tako je potrebno za določitev Qes poznavanje in proučevanje hidroloških, morfoloških, ekoloških in krajinskih komponent vodnega ekosistema. Velika pestrost Slovenije v hidromorfoloških tipih vodotokov, od kraških, nižinskih, gorskih do hudournikov ter biološka raznolikost narekujeta obravnavo in določitev Qes za vsak odsek vodotoka posebej. Vrednost Qes ni stalna količina, ampak jo je treba na nekaterih vodotokih dinamično prilagajati. (Vrhovšek, Smolar-Žvanut, 1996).

Specifični odtok (*SpecRes*)

Kot vsi specifični kriteriji je specifični odtok še posebej pomemben. Ponavadi ga merimo v litrih na sekundo na meter širine rečne struge. Za razliko od vrednosti zajezitve ($l/s/km^2$) je to morfološki, ne hidrološki parameter. Običajne meje so od 30 do 40 $l/s/m$. Kriteriji v povezavi s formulo so minimalna globina 10 cm in minimalna hitrost 0,3 do 0,4 m/s. Kot mnogi drugi kriteriji, ki so koriščeni in predlagani v programu, je ta abiotski indeks lahko izmerljiv in nam poda informacije o rečnih življenjskih pogojih, podobno kot biotski indeksi.

4.3.7 Dovodni kanal

Dovodni kanali dovajajo vodo od zajetja do strojnice. Po načinu dovajanja ločimo dovode s prosto gladino in dovode pod tlakom. Dovodi s prosto gladino so lahko kanali, tuneli ali cevovodi, dovodi pod tlakom pa so lahko tuneli in cevovodi, pri katerih moramo skrbeti za pravilen tlak (Jerkovič, 1996).

Odstotek podzemnega dovodnega kanala (*PercIntPnstH*)

Zakopan dovodni kanal predstavlja pomembno korist za okolje, ker zmanjša vizualni učinek in ne predstavlja nobenih ovir pri uporabi zemljišč. Po drugi strani pa imajo podzemne vodne poti tudi negativne učinke, saj je težko zaznati puščanje vode in so iz tega razloga bolj nevarne, še posebej na strmih pobočjih z veliko nevarnostjo plazov. Podzemni dovodni kanali tudi niso lahko dostopni, zato je opravljanje vzdrževalnih del oteženo. Res je, da tehnološko napredne cevi in kanali omogočajo skoraj popolno odpravo vzdrževalnih del, zato je okoljska korist zakopanega dovodnega kanala splošno višja kot stroški, povezani s hidro-geološkim tveganjem in možnimi težavami v delovanju.

Odstotek zemeljskega dovodnega kanala (*HeadEarthCh*)

Če podzemni kanali niso možni, so bolj zaželeni zemeljski kanali, saj predstavljajo manj umetnih elementov v naravi v primerjavi z betonskimi kanali. Po drugi strani pa za enak rečni pretok potrebujejo večje omočene površine, zato zasedejo večji del zemljišča kot betonske rešitve. V vnaprej določeni listi kriterijev je zemeljski kanal uvrščen med koristi, vendar je dejansko stanje odvisno od posamezne okoljske situacije.

Odstotek novo ustvarjenih brežin dovodnega kanala (*HeadStruEmb*)

Ta kriterij je tesno povezan s prejšnjim in se osredotoča na brežine, vključno z vegetacijo.

Odstotek betonskega dovodnega kanala (*HeadConCh*)

Ta kriterij je podvojen odstotek zemeljskega kanala, lahko ju uporabljamo skupaj ali kot alternativo slednjega. Iz samega hidravličnega stališča bi morali betonski kanali imeti prednost, saj na enakem hidravličnem radiju omogočajo večji pretok kot zemeljski. Posebej pri visokogorskih vodotokih v primeru, da podzemne cevi ne morejo koristiti kot dovodne, je

izbira betonskih kanalov nujna. Kot že rečeno, betonski kanali predstavljajo več umetnih elementov v naravi kot zemeljski, vendar prinašajo manj problemov v zvezi s puščanjem vode in tveganjem sproženja plazov, tudi v primeru spodkopanja večih kanalov, zakopanih na nestabilnem pobočju (pogosta rešitev pri starih HE). V privzeti listi kriterijev je ta kriterij uvrščen med okolju koristne, vendar moramo podrobno preučiti vsako situacijo posebej.

Odstotek ekološke funkcije (*HeadEcoFun*)

Čeprav so preusmeritveni kanali umetni, lahko služijo kot biotop, če ustrezajo določenim parametrom. Čim bolj so podobni naravnim rekam, tem večja je ekološka funkcija. Težko je doseči 100 %, pogosto se stari kanali zelo razlikujejo od novih ravnih, pravokotnih, betonskih kanalov. Ponovno je odstotek le ocena, pri kateri se upoštevajo nekateri abiotski dejavniki.

4.3.8 Odvodni kanal

Okoljski problemi, povezani z odvodnimi kanali, so enaki kot pri dovodnih kanalih, zato je vnaprej določena lista kriterijev opisana v poglavju 4.3.1.7.

4.3.9 Rečni odsek dolvodno od vtoka odvzete vode nazaj v vodotok (dolvodno območje)

Zmanjšanje hitrosti (*TailWRed*)

Enota za merjenje tega kriterija je razmerje med hitrostjo vode v prvotni situaciji in hitrostjo vode po izvedbi HE. Razlogi za zmanjšanje so lahko različni: tipičen je primer dolvodnega območja, ki je zgrajen za zmanjšanje nivoja odvodne vode in povečanje padca pri vodotokih z nižjim padcem. Ta kriterij lahko smatramo kot »strošek« za okolje zaradi sprememb v naravnem rečnem režimu. Poudariti moramo, da zmanjšanje hitrosti dolvodne vode ponavadi ni zelo veliko, zato je obremenitev okolja majhna in začasno odvisna od »novega« mirujočega stanja.

Znižanje površja dolvodnega območja (*TailWSELred*)

Ta kriterij je tesno povezan s prejšnjim, za mersko enoto uporabljamo globino vode. Kot že rečeno, se včasih rečno dno dolvodno od HE zniža za zviševanje padca in dvig površja dolvodnega območja se posledično lahko spremeni.

Odstotno povišanje poplavnega vala (v primeru poškodovanja jezua) (*IncrFlood*)

Zgraditev jezua spremeni običajen vodni režim kot tudi poplavni režim. V primeru poškodovanja jezua se ustvari nenaden vodni val, ki je posebej nevaren zaradi zgornjega nivoja vode, ki je višji in hitrejši kot pri običajnih poplavah.

(Če je preusmeritveni odsek kratek, val prvotnega nivoja vode dejansko sploh ne bi bil zajezjen in bi bilo odstotno povišanje poplavnega vala v primeru poškodovanja jezua zelo veliko, z možnimi hudimi posledicami za bližnje predele).

Odstotno zmanjšanje širine dna struge v času nizkega pretoka (*PercWidth*)

Ta kriterij je eden izmed abiotskih indeksov, s katerim merimo vplive mHE na biotske elemente. Proučuje koristi priporočenih olajševalnih in nadomestnih ukrepov; kjer gre za nastanek nizkopretočne struge, ki zagotavlja določeno hitrost in globino vode tudi v primeru zadržanega toka, kar zmanjšuje obremenitev ekosistema pri zmanjšanju razpoložljive vode.

Zlasti visokogorski vodotoki imajo zelo spremenljiv pretok čez leto, razpon vodne globine in hitrosti je naravno zelo širok, zato so v teh rekah živeči biomi že splošno prilagojeni na velika nihanja v teh parametrih. Zaradi tega se temu kriteriju pri takih tokovih ne sme pripisovati velik pomen in ravno nasprotno pri ravninskih rekah, kjer lahko ima nastanek specifične nizkopretočne struge s stališča okolja pomembno korist.

Odstotno povečanje globine (*DpthIncr*)

Ta parameter je podoben prejšnjemu in ga lahko zamenja pri upoštevanju koristi, ki jih prinašajo olajševalni in nadomestni ukrepi za zmanjševanje vplivov izvedbe HE na rečno okolje, od katerih posebej omenimo prilagajanje rečne struge za zviševanje vodne globine v primeru zadržanega toka.

Sprememba padca struge (*RedSlo*)

Kot zadnja dva parametra je tudi ta zelo lahko izmerljiv abiotski indeks, ki nam poda oceno, kakšno korist ima preoblikovanje rečne struge na biotske parametre. Povečanje globine vode je povezano z zmanjšanjem padca struge v rečnem odseku dolvodno od HE. Ta ukrep se včasih uporabi za splošno povečevanje padca pri HE z nižjim padcem ali za obnovitev prvotnega padca, ki se je postopoma zmanjšal zaradi nalaganja sedimentov dolvodno od HE.

Ta ukrep ima dvojno prednost:

- tehnično in ekonomično (zaradi povečevanja padca in proizvodnje energije),
- okoljevarstveno (zaradi povečevanja globine tudi v nizkih vodah).

4.4 Upravljanje evalvacijske matrike

Preden izvedemo VPV, program HYPSE uporabniku omogoča upravljanje evalvacijske matrike. Tako lahko spreminjamo lastnosti projektov (alternativ) in kriterijev.

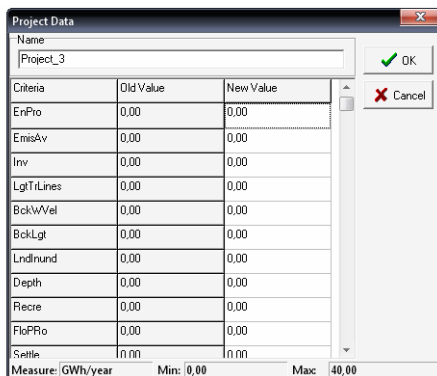
4.4.1 Spremembe lastnosti projekta

Program HYPSE nam omogoča spremembo lastnosti projektov, projekte lahko dodajamo ali brišemo.

Če želimo opraviti kakršnokoli spremembo projekta, moramo najprej specifičen projekt, alternativo izbrati: s klikom levega gumba miške na sivo celico, ki prikazuje ime projekta, alternative. To ime se bo nato izpisalo na dnu projektne statusne vrstice. Da se nam prikaže okno urejevalnika projektov (*Project Data*; slika 9), v katerem imamo možnost spreminjanja vrednosti kriterijev projekta, izberemo *Edit/Projects/Properties...* ali s klikom desnega gumba miške na sivo celico, ki prikazuje ime projekta, alternative.

Lastnosti, katere lahko spreminjamo, so prikazane v celicah z belim ozadjem (kolona *New Value*). Spreminjamo lahko lastnosti vsakega projekta, alternative posebej. Po opravljenih spremembah pritisnemo gumb OK, da zapustimo orodje za urejanje projektov, alternativ.

Če želimo projekt, alternativo, dodati oziroma izbrisati, izberemo *Edit/Projects/Add* oz *Edit/Projects/Delete* ali s klikom desnega gumba miške na sivo celico, ki prikazuje ime projekta, alternative.



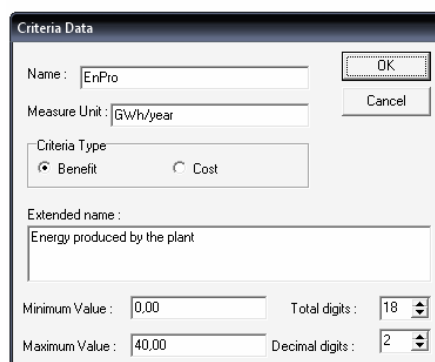
Slika 9: Urejevalnik projektov (*Project Data*)

Pri dodajanju novega projekta, alternative, so vse njegove lastnosti, vrednosti nastavljene na nič (0). Lastnosti projekta, alternative vnesemo s pomočjo urejevalnika projektov.

Če želimo projekt izbrisati, moramo biti pozorni, da najprej specifičen projekt izberemo (s klikom levega gumba miške na sivo celico, ki prikazuje ime projekta; ime se izpiše na dnu projektne statusne vrstice), saj izbrisanega projekta ne moremo več obnoviti (moramo ga ponovno ustvariti, urediti).

4.4.2 Spremembe lastnosti kriterijev

Urejevalnik kriterijev nam omogoča spreminjanje, urejanje lastnosti kriterija (HYPSE dovoljuje urejanje samo enega kriterija naenkrat). Za prikaz okna urejevalnika kriterijev (*Criteria Data*; slika 10), najprej izberemo z gumbom leve miške kriterij, ki ga želimo urediti, nato pa *Edit/Criteria Properties...* ali z dvoklikom na vrstico izbranega kriterija.



Slika 10: Urejevalnik kriterijev (Criteria Data)

Lastnosti kriterijev, ki ji lahko spremenimo, so tiste, ki so prikazane v celicah z belim ozadjem.

S tem orodjem lahko spremenimo oz določimo:

- ime kriterija,
- enoto kriterija,
- tip kriterija (pri izbiri tipa kriterija imamo možnost izbire med *Benefit* – koristnost kriterija (npr. proizvedena energija) in *Cost* – strošek kriterija (npr. investicija). Pri nekaterih kriterijih se je težko odločiti oz dogovoriti za tip kriterija (npr. Dolžino dovodne poti lahko smatramo kot pozitivno, saj z njo revne, težko dostopne visokogorske vasi pridobijo novo infrastrukturo, po drugi strani pa prispeva k povečanju stroška izgradnje HE in posega v okolje.), zato je potrebno podrobno preučiti vsako situacijo posebej, saj izbira vpliva na standarizacijo podatkov in s tem na končen rezultat analize),
- opis kriterija,
- minimalno vrednost kriterija,
- maksimalno vrednost kriterija,
- število enic (total digits; maksimalno in tudi privzeto število enic je osemnajst)
- število decimalk (izberemo število decimalk, ki zadovoljuje decimalno natančnost specifičnega kriterija. Privzeto število programa je dva, maksimalno možno število pa je sedem).

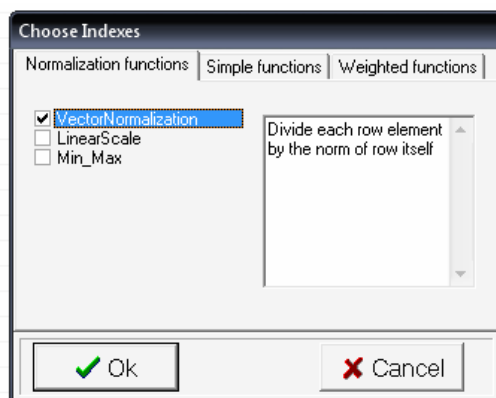
4.5 Izbor indeksov izračunavanja



Pred izvedbo izračunov konkordance moramo izbrati niz indeksov. Ta izbor je priporočen zaradi doslednosti in dovršenosti izračunov ter zavedanja rezultatov. Govorimo o izboru:

1. metode normiranja vhodnih podatkov znotraj evalvacijske matrike,
2. končnih indeksov konkordance in diskonkordance, skupaj z globalnim sintetičnim indeksom, s katerim lahko analiziramo končne položaje alternativ; ta izbor še posebej preučuje indekse, pri katerih uporabimo ali ne uporabimo vrednosti sistema uteži (npr. izračun skozi enostavne funkcije in funkcije uteži posebej).

Postopek izbora indeksov prikličemo z izbiro *Evaluations/Indexes selection...* ali preprosto s klikom na ustrezní gumb v orodni vrstici. Odpre se nam pomožno okno *Choose Indexes* s tremi zavihki (*Normalization function*, *Simple functions in Weighted functions*). V prvem zavihku izberemo postopek normiranja evalvacijske matrike. Osnovni postopek normiranja, predlagan za HYPSE, je vektorska normalizacija, na razpolago pa sta še linearna transformacija in min-max transformacija. Izberemo lahko le eno možnost. Za prikaz rezultatov izbranega postopka normiranja izberemo *View/Normalised impacts* ali pritisnemo na četrti gumb v orodni vrstici. To bo na zaslonu prikazalo matriko učinkovitosti R namesto evalvacijske matrike Z. Slednjo lahko ponovno prikažete tako, da prekličete izbor ali ponovno pritisnete isti gumb v orodni vrstici.



Slika 11: Pomožno okno *Choose indexes*

V drugem zavihku imamo možnost izbora funkcij za izračun neobteženih diskonkordančnih indeksov, to sta enostavni diskonkordančni indeks ($d_{i,SD}$) in enostavni združen diskonkordančni indeks ($d_{i,AD}$).

V tretjem zavihku pa izbiramo funkcije za izračun konkordančnih indeksov (indeks konkordančne dominance (c_i)), obteženih diskonkordančnih indeksov (Obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,WD}$) in združen obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,AWD}$)) in globalni sintetični indeks (GS_i).

4.6 Analiziranje končnih položajev alternativ



HYPSE izvaja izračune konkordance vsakič z drugačnim tipom sprememb, ki jih vnesemo v evalvacijsko matriko ali izbor indeksov za izračun. Za prikaz teh izhodnih podatkov izberite *View/Indexes Details* ali s klikom na gumb v orodni vrstici. Ko se na zaslonu pojavi novo okno (*Results*), ga je priporočljivo pomajšati in premakniti (glede na velikost zaslona) za sočasni ogled evalvacijske matrike in rezultatov. Ti rezultati vključujejo niz stolpcev in tabel, v katerih so predstavljeni rezultati posameznega alternativnega projekta. Tukaj so prikazani le izbrani indeksi, katere smo izbrali v postopku izbiranja indeksov za izračun.

Rezultati so razdeljeni na dva dela :

- Del A: predstavitev končnih rangov projektov glede na izbrane indekse konkordance in diskonkordance; vsakemu indeksu je dodeljen stolpec z rezultati. Razporeditev indeksov po rangih je označena na grafični način s histogrami rdeče in modre barve (drugi stolpec); višje kot je moder, boljši je učinek alternativnega projekta.
- Del B: predstavitev podrobnejših informacij o izračunih vsakega izbranega indeksa; tukaj so predstavljene matrike konkordance in diskonkordance. Vsa števila so zaokrožena na štiri decimalke.

4.7 Upravljanje obtežitvenega sistema



Utež je vektor dejanskega števila, ki definira prioritete kriterijev. Pri odpiranju novega problema HYPSE obteži vse kriterije enako. Ponavadi moramo takšno situacijo prilagoditi, ker:

- uporabniki želijo nastaviti svoja stališča prioritete,
- je potrebno izdelati prioriteto matriko,
- je potrebno izvesti analizo občutljivosti končnih rezultatov z ozirom na kompozicijo obtežitvenega sistema.

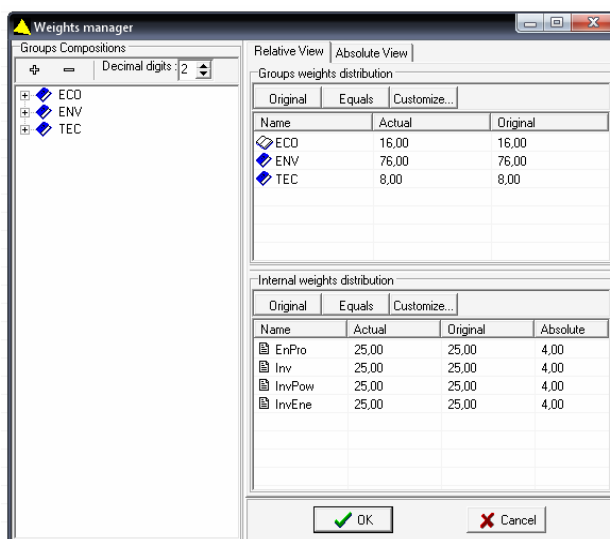
Spremembe obtežitvenega sistema so lahko:

- vrednosti absolutnih uteži,
- vrednosti uteži skupine,
- delitev uteži znotraj skupine (relativne uteži).

Za lažjo izvedbo zgoraj naštetih sprememb ima HYPSE orodje za urejanje uteži. Orodje za urejanje uteži prikličemo z izbiro *Evaluations/Weighting Sistem...* ali s pritiskom na ustreznega gumba v orodni vrstici.

Pomožno okno (*Weights manager*, slika 12) je sestavljeno iz dveh delov:

- a) urejanje skupin (leva stran), z orodjem za definiranje števila skupin, ureja decimalne vrednosti dejanskih števil in razvršča kriterije po določenih skupinah,
- b) sistem uteži (desna stran), za vnos uteži. Imamo možnosti izbora zavijka z relativnim pogledom na vhodne vrednosti uteži in absolutnim pogledom.



Slika 12: Pomožno okno za urejanje obtežitvenega sistema (*Weights manager*)

Relativni pogled za vhodne vrednosti uteži nam omogoča vnos skupinskih uteži (zgornji desni del, *Groups weights distribution*) in vnos relativnih uteži znotraj skupine (spodnji desni del, *Internal weights distribution*). HYPSE nato kot posledico teh dveh vnosov izračuna absolutne uteži.

Absolutni pogled za neposredni vnos absolutnih uteži nam omogoča vnos za vsak kriterij posebej, neodvisno od njihovih skupin. HYPSE bo nato kot posledico absolutnega vnosa izračunal skupinske in relativne uteži znotraj vsake skupine.

4.8 Analiza občutljivosti



HYPSE omogoča uporabniku izvedbo analize občutljivosti pri dveh ali treh homogenih skupinah kriterijev. Postopek analize občutljivosti prikličemo z izbiro *Evaluation/Sensitivity Analysis...* ali s pritiskom na ustrezen gumb v orodni vrstici. Na zaslonu se prikaže nekakšen »nadzornik analize«, sestavljen iz dveh delov:

- zgornjega dela s spominskim okencem, v katerem bodo prikazani izbrani indeksi za analizo;

b) spodnjega dela z drugim spominskim okencem, kjer bodo v pomoč uporabniku prikazani opisi enega izmed izbranih indeksov.

Pred izvedbo izračunov mora biti splošno ozadje ocenjeno glede na: izbor indeksov, po katerih želimo izvesti analizo (*Evaluations/Indexes selection...*) in združitev vseh kriterijev v dve ali tri homogene skupine (*Evaluations/Weighting Sistem...*).

To neodvisno okno moramo prikazati sočasno z drugimi, predstavljenimi v tem postopku. Uporabnik ga lahko po želji premakne, da ostane nekaj prostora za druga orodja, s katerimi bo upravljal.

4.9 Uporaba programa HYPSE za primerjavo desetih malih hidroelektrarn v Sloveniji

Za primer uporabe programa HYPSE sem izbral deset že izvedenih mHE na območju severozahodne Slovenije. Pridobljene podatke sem vnesel v program HYPSE (postopek opisan v poglavju 4.3 Izdelava evalvacijske matrike). Evalvacijsko matriko (25×10) sem poimenoval Primerjava 10 mHE (slika 13).

Criteria	Measure	Weight	MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10
EnPrIo	GW/h/leto	4,00	1,467	12,713	0,372	0,000	0,589	20,650	5,090	0,819	0,273	2,801
EmisAv	t/leto	4,00	1,330,789	11,532,589	337,460	72,572	534,311	18,732,648	4,617,394	742,956	247,652	2,540,927
Iriv	EUR	4,00	3,453,123,00	13,124,576,00	868,430,00	409,855,00	2,128,875,00	16,839,246,00	7,822,512,00	926,324,00	472,272,00	5,261,226,00
InstPow	kW	4,00	316,00	1,588,00	163,00	90,00	150,00	3,080,00	1,395,00	278,00	142,00	1,968,00
InvPow	EUR/kW	4,00	10,927,60	8,264,85	5,327,79	4,553,94	14,192,50	5,467,29	5,607,53	3,332,10	3,325,86	2,673,39
InvEne	EUR/kWh	4,00	2,35	1,03	2,33	5,12	3,61	0,81	1,54	1,13	1,73	1,88
LgtTLines	m	4,00	10,00	40,00	294,00	464,00	73,00	148,00	62,00	355,00	150,00	60,00
LgtNWids	m	4,00	20,00	0,00	288,00	20,00	80,00	224,00	191,00	355,00	68,00	5,00
BckWVel	m/s	4,00	0,288	0,254	0,167	0,311	0,298	0,180	0,196	0,215	0,174	0,199
BckLgt	m	4,00	173,00	610,00	20,00	5,00	11,00	30,00	1,000,00	20,00	8,00	20,00
BckWRipR	m	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BckWRipL	m	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BkwLngt	%	4,00	7,86	6,70	1,33	1,25	0,17	1,76	22,73	1,00	1,00	0,80
AncDanght	m	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00
DmHgt	m	4,00	4,40	6,50	2,50	0,50	5,00	0,00	4,00	2,20	2,10	4,50
AreaPow	m2	4,00	225,00	100,00	80,00	61,00	172,00	660,00	468,00	38,00	41,00	177,00
AreaAdd	m2	4,00	585,00	1,900,00	200,00	0,00	325,00	340,00	1,800,00	110,00	250,00	200,00
DivLng	m	4,00	64,00	780,00	450,00	730,00	135,00	2,760,00	270,00	670,00	510,00	1,080,00
ResFlow	l/s	4,00	200,00	2,830,00	35,00	15,00	50,00	367,00	1,100,00	60,00	15,00	70,00
PerclPnst	%	4,00	50,00	0,00	100,00	100,00	60,00	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00
HeadEarthCh	%	4,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeadConCh	%	4,00	50,00	20,00	0,00	0,00	40,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
PerclPnst	%	4,00	20,00	0,00	100,00	70,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00
HeadEarthCh	%	4,00	0,00	90,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HeadConCh	%	4,00	80,00	10,00	0,00	30,00	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Slika 13: Evalvacijska matrika »Primerjava 10 mHE«

Nato sem izbrane kriterije uredil tako, da sem trem kriterijem (*EnPro*, *EmisAv* in *BckWVel*) nastavil število decimalnih mest na tri, osmim kriterijem pa sem spremenil (*LgtNwRds*, *BckWRipR*, *BckWRipL*, *BkwLngt*, (2)*HeadEarthCh*, (2)*HeadConCh*) tip kriterija (B (korist) sem zamenjal s C (strošek)). Imen izbranim kriterijem nisem spreminjal, spreminjal sem opise kriterijev. Na sliki 14 je prikazan izpis izbranih kriterijev iz programa HYPSE.

Group : ECO		Benefit		
(Short-name) Name	Measures units	Cost	Minimum value	Maximum Value
(EnPro) Proizvedena energija mHE	GWh/leto	B	0,000	40,000
(Inv) Investicija za izvedbo mHE	EUR	C	0,00	20.000.000,00
(InvPow) Specifična investicija (sposobnost)	EUR/kW	C	0,00	20.000,00
(InvEne) Specifična investicija (energija)	EUR/kWh	C	0,00	4,00
Group : ENV		Benefit		
(Short-name) Name	Measures units	Cost	Minimum value	Maximum Value
(EmisAv) Zmanjševanje emisij CO2	t/leto	B	0,000	40.000,000
(LgtTrLines) Dolžina "novega" daljnovoda	m	C	0,00	10.000,00
(LgtNwRds) Dolžina "nove" dovozne poti	m	C	0,00	10.000,00
(BckWVel) Hitrost vode pri srednjem pretoku	m/s	B	0,000	5,000
(BckLgt) Dolžina gorvodnega območja v času srednjega pretoka	m	C	0,00	5.000,00
(BckWRipR) Dolžina kamnite zlozbe in obreznega nasipa na gorvodnem območju (Desna stran)	m	C	0,00	1.000,00
(BckWRipL) Dolžina kamnite zlozbe in obreznega nasipa na gorvodnem območju (Leva stran)	m	C	0,00	1.000,00
(BkwLngt) Dolžina gorvodnega območja / maksimalna širina gorvodnega območja	%	C	0,00	1.000,00
(DmHgt) Visina (nepremičnega dela) jeza	m	C	0,00	20,00
(AreaPow) Povrsina strojnice	m2	C	0,00	2.000,00
(AreaAdd) Povrsina dopolnilnih konstrukcij (cesta, parkirni prostori,...)	m2	C	0,00	10.000,00
(DivLng) Dolžina preusmeritvenega odseka	m	C	0,00	5.000,00
(ResFlow) Ekološko sprejemljivi pretok	l/s	B	0,00	10.000,00
(PercIntPnst) Odstotek podzemnega dovodnega kanala	%	B	0,00	100,00
(HeadEarthCh) Odstotek zemeljskega dovodnega kanala	%	C	0,00	100,00
(HeadConCh) Odstotek betonskega dovodnega kanala	%	C	0,00	100,00
(PercIntPnst) Odstotek podzemnega dovodnega kanala	%	B	0,00	100,00
(HeadEarthCh) Odstotek zemeljskega dovodnega kanala	%	C	0,00	100,00
(HeadConCh) Odstotek betonskega dovodnega kanala	%	C	0,00	100,00
Group : TEC		Benefit		
(Short-name) Name	Measures units	Cost	Minimum value	Maximum Value
(InstPow) Instalirana moc mHE	kW	B	0,00	10.000,00
(AncDamhgth) Visina zgornjega (premičnega dela) jeza	m	B	0,00	10,00

Slika 14: HYPSE izpis izbranih kriterijev

4.9.1 Standardizacija podatkov

Kriterije evalvacijske matrike, ki zajemajo vrednosti z različnimi merskimi enotami, pretvorimo s postopkom standardizacije v splošne merske enote in jih tako napravimo medsebojno primerljive. Na sliki 15 so prikazane standardizirane vrednosti evalvacijske matrike vseh treh tipov standardizacije.

Projects and Impacts										
MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	
0,0587	0,5084	0,0149	0,0032	0,0236	0,8259	0,2036	0,0328	0,0109	0,1120	
0,0587	0,5084	0,0149	0,0032	0,0236	0,8259	0,2036	0,0328	0,0109	0,1120	
0,8545	0,4469	0,9634	0,9827	0,9103	0,2904	0,6704	0,9610	0,9801	0,7783	
0,0489	0,2456	0,0252	0,0139	0,0232	0,4763	0,2157	0,0430	0,0220	0,3043	
0,5249	0,6406	0,7683	0,8020	0,3829	0,7623	0,7562	0,8551	0,8554	0,8838	
0,9845	0,9932	0,9846	0,9663	0,9762	0,9946	0,9899	0,9926	0,9886	0,9876	
0,9857	0,9427	0,5786	0,3350	0,8954	0,7879	0,9111	0,4912	0,7850	0,9140	
0,9640	1,0000	0,4812	0,9640	0,8559	0,5965	0,6559	0,3605	0,8775	0,9910	
0,0122	0,0108	0,0071	0,0132	0,0126	0,0076	0,0083	0,0091	0,0074	0,0084	
0,8540	0,4853	0,9831	0,9958	0,9907	0,9747	0,1562	0,9831	0,9932	0,9831	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1523	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2087	0,6348	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,6914	0,7370	0,9478	0,9509	0,9933	0,9309	0,1077	0,9607	0,9607	0,9686	
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2313	0,0000	0,0000	0,0000	
0,6331	0,4580	0,7915	0,9583	0,5830	1,0000	0,6664	0,8165	0,8249	0,6247	
0,7468	0,8874	0,9100	0,9313	0,8064	0,2572	0,4733	0,9572	0,9539	0,8008	
0,7874	0,3094	0,9273	1,0000	0,8819	0,8764	0,3457	0,9600	0,9091	0,9273	
0,9806	0,7841	0,8639	0,7792	0,9592	0,1654	0,9183	0,7974	0,8458	0,6734	
0,0652	0,3226	0,0114	0,0049	0,0163	0,1196	0,3586	0,0196	0,0049	0,0228	
0,1901	0,0000	0,3802	0,3802	0,2281	0,3802	0,0000	0,3802	0,3802	0,3802	
1,0000	0,0199	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,5859	0,8344	1,0000	1,0000	0,6687	1,0000	0,1719	1,0000	1,0000	1,0000	
0,0850	0,0000	0,4248	0,2973	0,0000	0,4248	0,0000	0,4248	0,4248	0,4248	
1,0000	0,0142	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,5175	0,9397	1,0000	0,8191	0,3969	1,0000	0,3969	1,0000	1,0000	1,0000	

Projects and Impacts										
MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	
0,0710	0,6156	0,0180	0,0039	0,0285	1,0000	0,2465	0,0397	0,0132	0,1356	
0,0710	0,6156	0,0180	0,0039	0,0285	1,0000	0,2465	0,0397	0,0132	0,1356	
0,7949	0,2206	0,9484	0,9757	0,8736	0,0000	0,5395	0,9450	0,9720	0,6876	
0,1026	0,5156	0,0529	0,0292	0,0487	1,0000	0,4529	0,0903	0,0461	0,6390	
0,2300	0,4177	0,6246	0,6791	0,0000	0,6148	0,6049	0,7652	0,7657	0,8116	
0,5405	0,7986	0,5444	0,0000	0,2946	0,8409	0,7000	0,7792	0,6623	0,6334	
0,9784	0,9138	0,3664	0,0000	0,8427	0,6810	0,8664	0,2349	0,6767	0,8707	
0,9437	1,0000	0,1887	0,9437	0,7746	0,3690	0,4620	0,0000	0,8085	0,9859	
0,9260	0,8167	0,5370	1,0000	0,9582	0,5788	0,6302	0,6913	0,5595	0,6399	
0,8270	0,3900	0,9800	0,9950	0,9890	0,9700	0,0000	0,9800	0,9920	0,9800	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,5385	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,6542	0,7052	0,9415	0,9450	0,9925	0,9226	0,0000	0,9560	0,9560	0,9648	
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
0,3231	0,0000	0,6154	0,9231	0,2308	1,0000	0,3846	0,6615	0,6769	0,3077	
0,6591	0,8485	0,8788	0,9076	0,7394	0,0000	0,2909	0,9424	0,9379	0,7318	
0,6921	0,0000	0,8947	1,0000	0,8289	0,8211	0,0526	0,9421	0,8684	0,8947	
0,9768	0,7174	0,8370	0,7355	0,9511	0,0000	0,9022	0,7572	0,8152	0,6087	
0,0707	1,0000	0,0124	0,0053	0,0177	0,1297	0,3887	0,0212	0,0053	0,0247	
0,5000	0,0000	1,0000	1,0000	0,6000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,5000	0,8000	1,0000	1,0000	0,6000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,2000	0,0000	1,0000	0,7000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,2000	0,9000	1,0000	0,7000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

Projects and Impacts										
MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	
0,0674	0,6141	0,0142	0,0000	0,0247	1,0000	0,2436	0,0359	0,0094	0,1323	
0,0674	0,6141	0,0142	0,0000	0,0247	1,0000	0,2436	0,0359	0,0094	0,1323	
0,8148	0,2261	0,9721	1,0000	0,8954	0,0000	0,5488	0,9686	0,9962	0,7047	
0,0756	0,5010	0,0244	0,0000	0,0201	1,0000	0,4365	0,0629	0,0174	0,6281	
0,2834	0,5146	0,7696	0,8367	0,0000	0,7575	0,7453	0,9428	0,9434	1,0000	
0,6428	0,9496	0,6474	0,0000	0,3503	1,0000	0,8324	0,9266	0,7876	0,7532	
1,0000	0,9339	0,3744	0,0000	0,8612	0,6960	0,8855	0,2401	0,8916	0,8899	
0,9437	1,0000	0,1887	0,9437	0,7746	0,3690	0,4620	0,0000	0,8085	0,9859	
0,8403	0,6042	0,0000	1,0000	0,9097	0,0903	0,2014	0,3333	0,0486	0,2222	
0,8312	0,3920	0,9849	1,0000	0,9940	0,9749	0,0000	0,9849	0,9970	0,9849	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,5385	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,6591	0,7105	0,9486	0,9521	1,0000	0,9295	0,0000	0,9632	0,9632	0,9721	
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
0,3231	0,0000	0,6154	0,9231	0,2308	1,0000	0,3846	0,6615	0,6769	0,3077	
0,6994	0,9003	0,9325	0,9630	0,7846	0,0000	0,3887	1,0000	0,9952	0,7765	
0,6921	0,0000	0,8947	1,0000	0,8289	0,8211	0,0526	0,9421	0,8684	0,8947	
1,0000	0,7344	0,8568	0,7530	0,9737	0,0000	0,9236	0,7752	0,8346	0,6231	
0,0657	1,0000	0,0071	0,0000	0,0124	0,1250	0,3854	0,0160	0,0000	0,0195	
0,5000	0,0000	1,0000	1,0000	0,6000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,5000	0,8000	1,0000	1,0000	0,6000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,2000	0,0000	1,0000	0,7000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
0,2000	0,9000	1,0000	0,7000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

Slika 15: Prikaz standardiziranih vrednosti evalvacijske matrike; vektorska normalizacija (zgornja matrika), linearna transformacija (spodnja leva matrika) in min-max transformacija (spodnja desna matrika)

Linearna transformacija in min-max transformacija nam podata iste vrednosti standardiziranih vrednosti kriterijev v tistih vrsticah, v katerih je vsaj ena vrednost 0, to pa nam pri enačbah

linearne in min-max transformacije da isti rezultat. V nadaljevanju bom uporabljal vektorsko normalizacijo, ki se izvede na osnovi predpisanega normativa in je tudi privzeta s strani programa HYPSE.

4.9.2 Eliminacija in selekcija alternativ

Končni prioritetni red različnih alternativ se pridobi z združevanjem rezultatov iz pristopov konkordance in diskordance. Vrednosti lahko spajamo na več različnih načinov z izbiro in primerjavo povprečnih vrednosti indeksov.

a) Enostavni in obtežen indeks diskordance ($d_{i,SD}$ in $d_{i,WD}$) učinkujeta kot indikatorja, ki opozarjata na možne probleme (v povezavi z določenim kriterijem), katerim se lahko izognemo z izbiro drugega načrta. Ta indikatorja opozarjata na maksimalne razlike. S slike 16 je razvidno, da ima mHE 10 v matrični vrstici le eno vrednost indeksa enako ena (1,000), kar pomeni, da je zelo malo kriterijev, po katerih velja za »najmanj sprejemljivo mHE«.

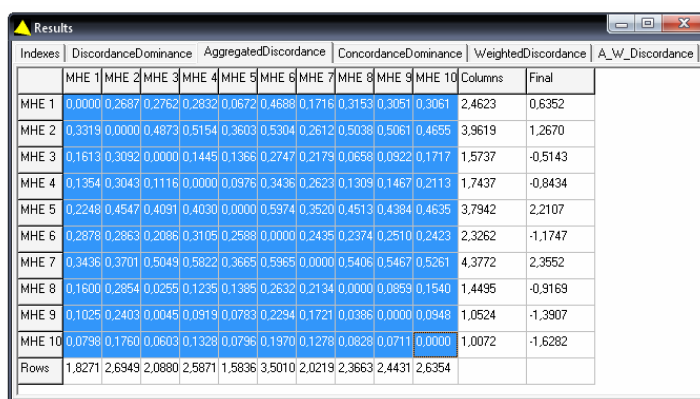
Natančneje, mHE 10 ima opazno šibko točko le v primerjavi z mHE 7. Nasprotno velja za mHE 2 in mHE 5, kjer imata absolutno šibko točko pri vseh možnih primerjavah. To je razvidno iz stolpca, kjer je prikazana vsota vrst, ki dosega maksimalno vrednost devet (9,0000).

Indexes	DiscordanceDominance		AggregatedDiscordance		ConcordanceDominance		WeightedDiscordance		A_W_Discordance			
	MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	Columns	Final
MHE 1	0,0000	0,9343	0,8000	0,8000	0,3409	0,9326	1,0000	0,8000	0,8000	0,8000	7,0077	-1,0171
MHE 2	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	9,0000	0,2920
MHE 3	0,8403	0,9929	0,0000	1,0000	0,9097	0,9858	1,0000	0,3333	0,6197	0,7972	7,4789	1,5367
MHE 4	1,0000	1,0000	0,6474	0,0000	0,8612	1,0000	1,0000	0,9266	0,7876	0,8899	8,1128	-0,1601
MHE 5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	9,0000	1,5913
MHE 6	1,0000	0,9003	0,9721	1,0000	0,9737	0,0000	1,0000	1,0000	0,9962	0,7765	8,6188	-0,1220
MHE 7	0,8312	0,9000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	8,7312	-0,2688
MHE 8	0,9437	1,0000	0,1887	0,9437	0,7746	0,9641	1,0000	0,0000	0,8085	0,9859	7,6091	0,9106
MHE 9	0,7917	1,0000	0,0263	0,9514	0,8611	0,9906	1,0000	0,2847	0,0000	0,6107	6,5165	-0,8647
MHE 10	0,6181	0,9805	0,3077	0,7778	0,6875	0,8677	1,0000	0,3538	0,3632	0,0000	5,9623	-1,8979
Flows	8,0248	8,7080	5,9422	8,2728	7,4087	8,7408	9,0000	6,6985	7,3812	7,8602		

Slika 16: Matrika enostavnega diskordančnega indeksa ($d_{i,SD}$)

b) Nasprotno pa združen diskonkordančni indeks ($d_{i,AD}$) identificira načrte, ki ponujajo najboljši kompromis med vsemi danimi alternativami in celo presežejo pristop »maksimalne razlike«, ker upoštevajo tudi absolutne vrednosti vseh učinkov, povezanih s kriteriji v nizu diskonkordance.

Tako mHE 2 in mHE 5, ki imata več absolutnih šibkih točk, zasedata boljši položaj kot mHE 7, saj pomanjkljivosti mHE 7 izhajajo iz nizov diskonkordance, ki vsebujejo večje število kriterijev z manjšo vrednostjo od ostalih mHE. Iz tega razloga imata mHE 2 in mHE 5 boljši združen diskonkordančni indeks od mHE 7.



Indexes	DiscordanceDominance		AggregatedDiscordance		ConcordanceDominance		WeightedDiscordance		A_W_Discordance			
	MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	Columns	Final
MHE 1	0,0000	0,2687	0,2762	0,2832	0,0672	0,4688	0,1716	0,3153	0,3051	0,3061	2,4623	0,6352
MHE 2	0,3319	0,0000	0,4873	0,5154	0,3603	0,5304	0,2612	0,5038	0,5061	0,4695	3,9619	1,2670
MHE 3	0,1613	0,3092	0,0000	0,1445	0,1366	0,2747	0,2179	0,0658	0,0922	0,1717	1,5737	-0,5143
MHE 4	0,1354	0,3043	0,1116	0,0000	0,0976	0,3436	0,2623	0,1309	0,1467	0,2113	1,7437	-0,8434
MHE 5	0,2248	0,4547	0,4091	0,4030	0,0000	0,5974	0,3520	0,4513	0,4384	0,4635	3,7942	2,2107
MHE 6	0,2878	0,2863	0,2086	0,3105	0,2588	0,0000	0,2435	0,2374	0,2510	0,2423	2,3262	-1,1747
MHE 7	0,3436	0,3701	0,5049	0,5822	0,3665	0,5965	0,0000	0,5406	0,5467	0,5261	4,3772	2,3552
MHE 8	0,1600	0,2854	0,0255	0,1235	0,1385	0,2632	0,2134	0,0000	0,0859	0,1540	1,4495	-0,9169
MHE 9	0,1025	0,2403	0,0045	0,0919	0,0783	0,2284	0,1721	0,0386	0,0000	0,0948	1,0524	-1,3907
MHE 10	0,0798	0,1760	0,0603	0,1328	0,0796	0,1970	0,1278	0,0828	0,0711	0,0000	1,0072	-1,6282
Rows	1,8271	2,6949	2,0880	2,5871	1,5836	3,5010	2,0219	2,3663	2,4431	2,6354		

Slika 17: Matrika združenega diskonkordenčnega indeksa ($d_{i,AD}$)

c) Združen obtežen diskonkordančni indeks ($d_{i,AWD}$) je po zgradbi najbolj podoben indeksu konkordance. Tako oba indeksa pri upoštevanju uteži ne služita le kot napovednika boljše ali slabše alternative, temveč ju lahko interpretiramo na lestvici, ki meri stopnjo uspeha ali neuspeha. Ta indeks lahko smatramo za najbolj razlagalnega med vsemi pokazatelji diskonkordance, ker povezuje uteži in povprečne razlike.

Z algebrskim združevanjem indeksa konkordance (c_i) z združenim obteženim diskonkordančnim indeksom ($d_{i,AWD}$) dobimo celovito informacijo o pozitivnih in negativnih vidikih vsake alternative, mHE, to je globalni sintetični indeks (GS_i). Ta rezultat vedno potrjuje pogoj $\square GS_i = 0$, zato bi morali biti pri končni odločitvi naklonjeni načrtom z $GS_i > 0$.

Indexes	DiscordanceDominance					AggregatedDiscordance					ConcordanceDominance			WeightedDiscordance	A_w_Discordance
	MHE 1	MHE 2	MHE 3	MHE 4	MHE 5	MHE 6	MHE 7	MHE 8	MHE 9	MHE 10	Columns	Final			
MHE 1	0,0000	0,2687	0,2762	0,2832	0,0672	0,4688	0,1716	0,3153	0,3051	0,3061	2,4623	0,6352			
MHE 2	0,3313	0,0000	0,4873	0,5154	0,3603	0,5304	0,2612	0,5038	0,5061	0,4655	3,9619	1,2670			
MHE 3	0,1613	0,3092	0,0000	0,1445	0,1366	0,2747	0,2179	0,0658	0,0922	0,1717	1,5737	-0,5143			
MHE 4	0,1354	0,3043	0,1116	0,0000	0,0976	0,3436	0,2623	0,1309	0,1467	0,2113	1,7437	-0,8434			
MHE 5	0,2248	0,4547	0,4091	0,4030	0,0000	0,5974	0,3520	0,4513	0,4384	0,4635	3,7942	2,2107			
MHE 6	0,2878	0,2863	0,2086	0,3105	0,2588	0,0000	0,2435	0,2374	0,2510	0,2423	2,3262	-1,1747			
MHE 7	0,3436	0,3701	0,5049	0,5822	0,3665	0,5965	0,0000	0,5405	0,5467	0,5261	4,3772	2,3552			
MHE 8	0,1600	0,2854	0,0255	0,1235	0,1385	0,2632	0,2134	0,0000	0,0859	0,1540	1,4495	-0,9169			
MHE 9	0,1025	0,2403	0,0045	0,0919	0,0783	0,2294	0,1721	0,0386	0,0000	0,0948	1,0524	-1,3907			
MHE 10	0,0798	0,1760	0,0603	0,1328	0,0796	0,1970	0,1278	0,0828	0,0711	0,0000	1,0072	-1,6282			
Rows	1,8271	2,6949	2,0880	2,5871	1,5836	3,5010	2,0219	2,3663	2,4431	2,6354					

Slika 18: Matrika združenega obteženega diskonkordančnega indeksa ($d_{i,AWD}$)

Vseeno pa se moramo zavedati, da različne tabele rezultatov niso namenjene določanju samodejne rešitve za problem odločanja. Osnovna predpostavka je, da je ta metoda instrument za pomoč odločevalcu, ki se sooča z zapletenimi situacijami, še posebej pri nejasnih podatkih. Zato je potrebno opraviti analizo občutljivosti za podkrepitev izbranih možnosti. To pa skušamo doseči z izdelavo matrike ocenjevanja (preglednica 3). Upoštevani so različni vidiki, ki temeljijo na obtežitvenem sistemu.

Matrika ocenjevanja poda končne rezultate in položaje vseh obravnavanih alternativ (mHE) za vsak vidik, upoštevan v danem problemu. Tukaj sem za končne rezultate uporabil globalne sintetične indekse GS_i .

Preglednica 3: Matrika ocenjevanja

Razmerje uteži ECO:ENV:TEC	16:76:8	Rang	50:25:25	Rang	25:50:25	Rang	25:25:50	Rang	80:10:10	Rang	10:80:10	Rang	10:10:80	Rang
MHE 1	-0,7062	7	-1,7932	9	-1,0894	9	-1,0079	6	-2,6195	9	-0,4797	6	-0,4861	5
MHE 2	-0,7450	8	0,4947	5	0,1036	5	0,9571	4	0,4573	5	-0,7376	8	1,6582	4
MHE 3	-0,3064	6	-0,8783	7	-0,8483	8	-1,3651	7	-0,6142	7	-0,3652	5	-1,8675	7
MHE 4	0,9683	4	-1,6254	8	-0,8078	7	-2,6323	9	-1,5063	8	-0,9758	9	-4,1891	10
MHE 5	-2,5008	10	-3,645	10	-2,9637	10	-3,1839	10	-4,301	10	-2,2348	10	-3,1571	9
MHE 6	0,5750	5	2,2425	2	1,7803	2	2,8408	1	2,1515	2	-0,4949	7	3,7772	2
MHE 7	-2,2104	9	1,0584	4	0,3092	4	2,7689	2	0,3967	6	-0,1105	4	4,9651	1
MHE 8	1,3732	2	1,5507	3	1,0227	3	0,4041	5	2,5071	1	1,1527	2	-0,5496	6
MHE 9	1,2564	3	0,2769	6	0,0819	6	-1,3864	8	1,3877	4	1,0245	3	-3,0909	8
MHE 10	2,2959	1	2,3187	1	2,4116	1	2,6048	3	2,1406	3	2,2799	1	2,9399	3

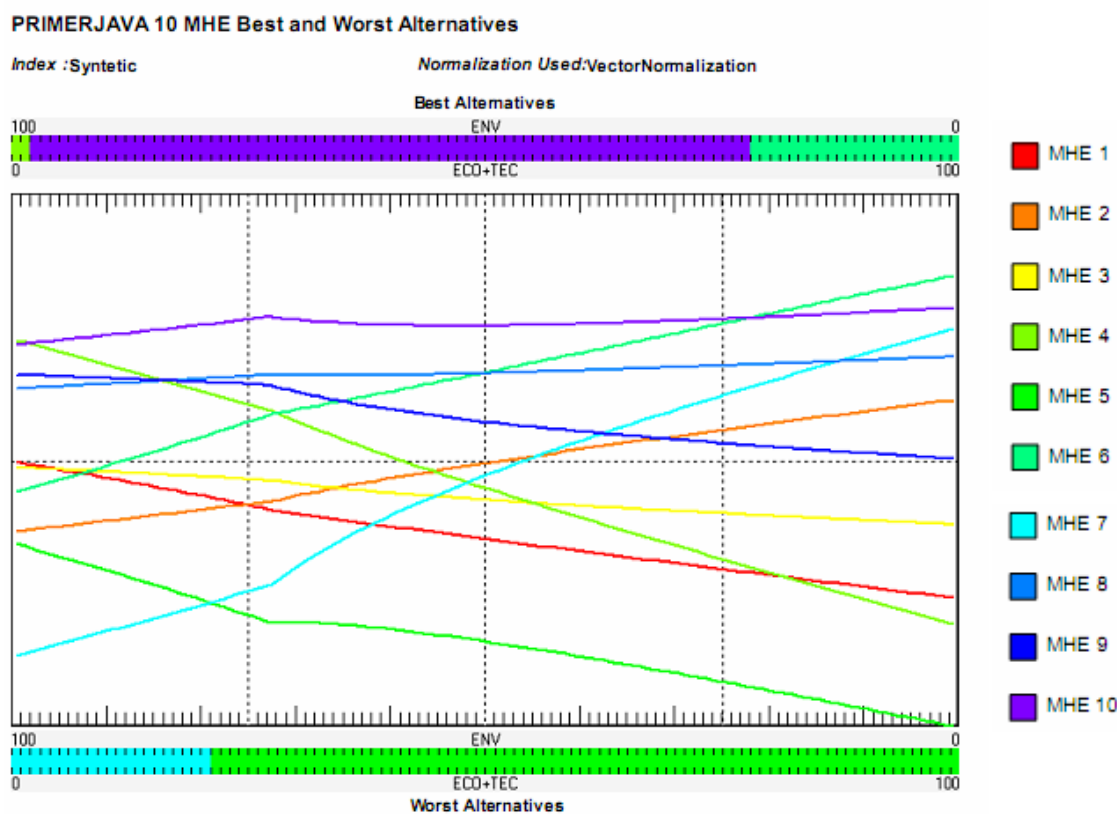
Iz preglednice je razvidno, da je izmed desetih izbranih najboljše rangirana mHE 10, saj je štirikrat, izmed sedmih primerov uporabe različnih razmerij uteži, dosegla najvišjo vrednost sintetičnih indeksov. Nasprotno pa ima najslabši položaj mHE 5, ki je šestkrat, od uporabe sedmih različnih razmerij uteži, zasedla deseto, zadnje mesto. Končni izbrani načrt mora sicer zadostovati čim večjemu številu različnih vidikov za doseg »najboljšega kompromisa«.

4.9.3 Analiza občutljivosti z dvema homogenima skupinama

Pri analizi z dvema homogenima skupinama sem združil tehnične in ekonomske kriterije. Vse kriterije sem obtežil enako (kot je v programu HYPSE privzeto), okoljski kriteriji tako zavzemajo 76 %, ekonomski in tehnični skupaj pa 24 %.

4.9.3.1 Najboljše in najslabše alternative pri dveh homogenih skupinah

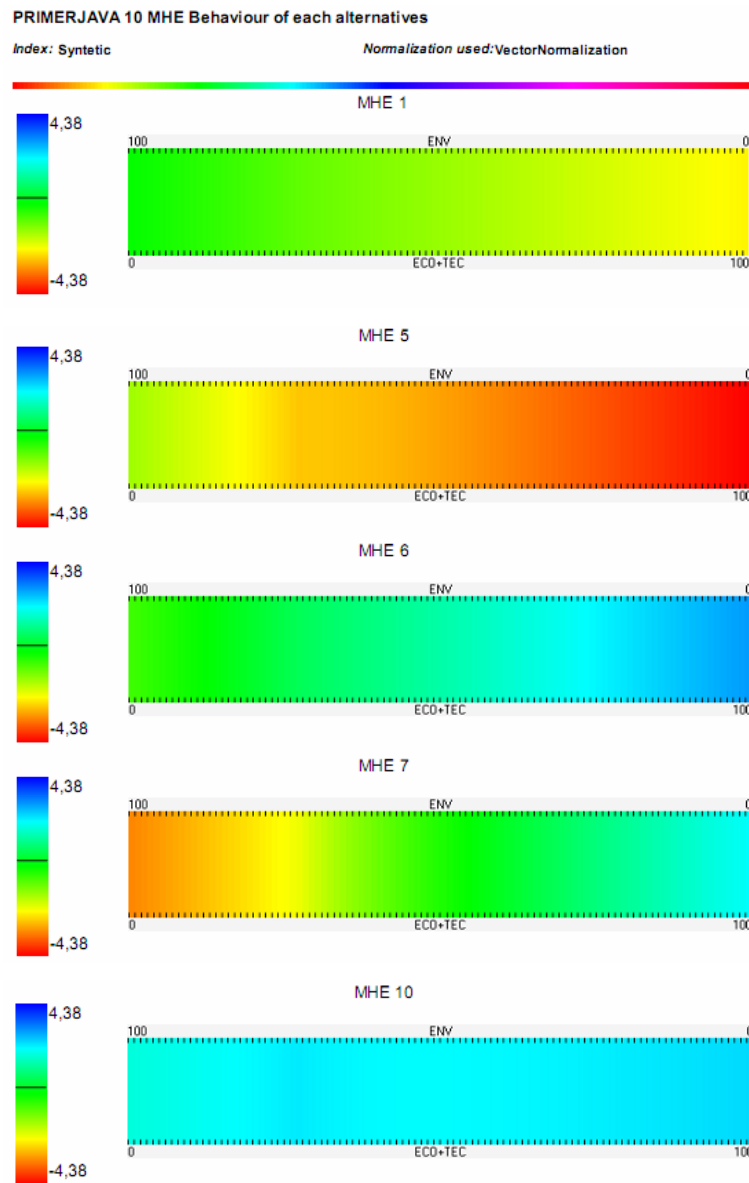
Na grafičnem prikazu analize občutljivosti za sintetični indeks izberemo prikaz najboljših in najslabših rezultatov (slika 19). Nad grafom je tako, iz vidika poslabšanja okoljskih razmer, prikaz najboljših mHE, s katerega lahko razberemo, da je pri dani obtežbi kriterijev najboljša mHE 10 (najmanj poslabša okoljske razmere), najslabša (prikaz pod grafom) pa mHE 5 (najbolj poslabša okoljske razmere). Na sliki 19 vidimo, da so ne glede na obtežbo kriterijev, najboljše rangirane le tri mHE (mHE 10, mHE 4 in mHE 6), najslabše pa sta rangirani dve (mHE 5 in mHE 7).



Slika 19: Prikaz najboljših in najslabših mHE; 2 homogeni skupini

4.9.3.2 Predstavitev alternativ pri dveh homogenih skupinah

Na grafičnem prikazu podrobnosti (slika 20) so prikazane vse alternative vsaka zase. Barvna lestvica prikazuje gradient analize trenutno izbranega indeksa. Najboljše rezultate zastopa temno modra barva, najslabše pa rdeča. Za grafični prikaz podrobnosti sem izbral šest primerov, mHE 1, 5, 6, 7, in 10.



Slika 20: Prikaz podrobnosti alternativ; 2 homogeni skupini

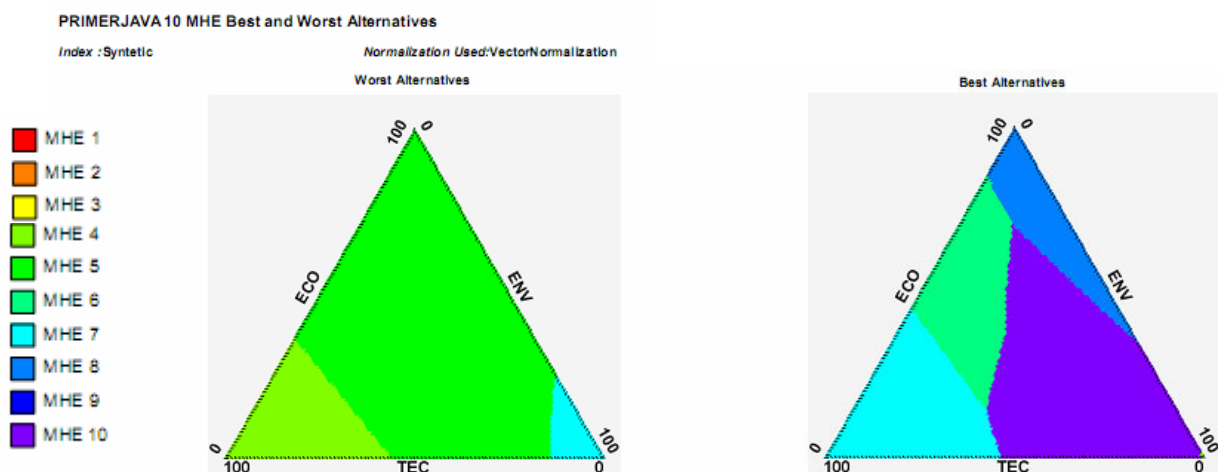
Na podlagi barvne lestvice je iz slike razvidno, da je pri izbranem indeksu najboljše ocenjena mHE 10, najslabše pa mHE 5. Zanimiv primer je mHE 7, tehnično in ekonomsko je dobro ocenjena, vendar ima velik vpliv na okolje.

4.9.4 Analiza s tremi homogenimi skupinami

Tudi pri analizi s tremi homogenimi skupinami sem vse kriterije obtežil enako (kot je v programu HYPSE privzeto), okoljski kriteriji tako zavzemajo 76 %, ekonomski 16 % in tehnični 8 %.

4.9.4.1 Najboljše in najslabše alternative pri treh homogenih skupinah

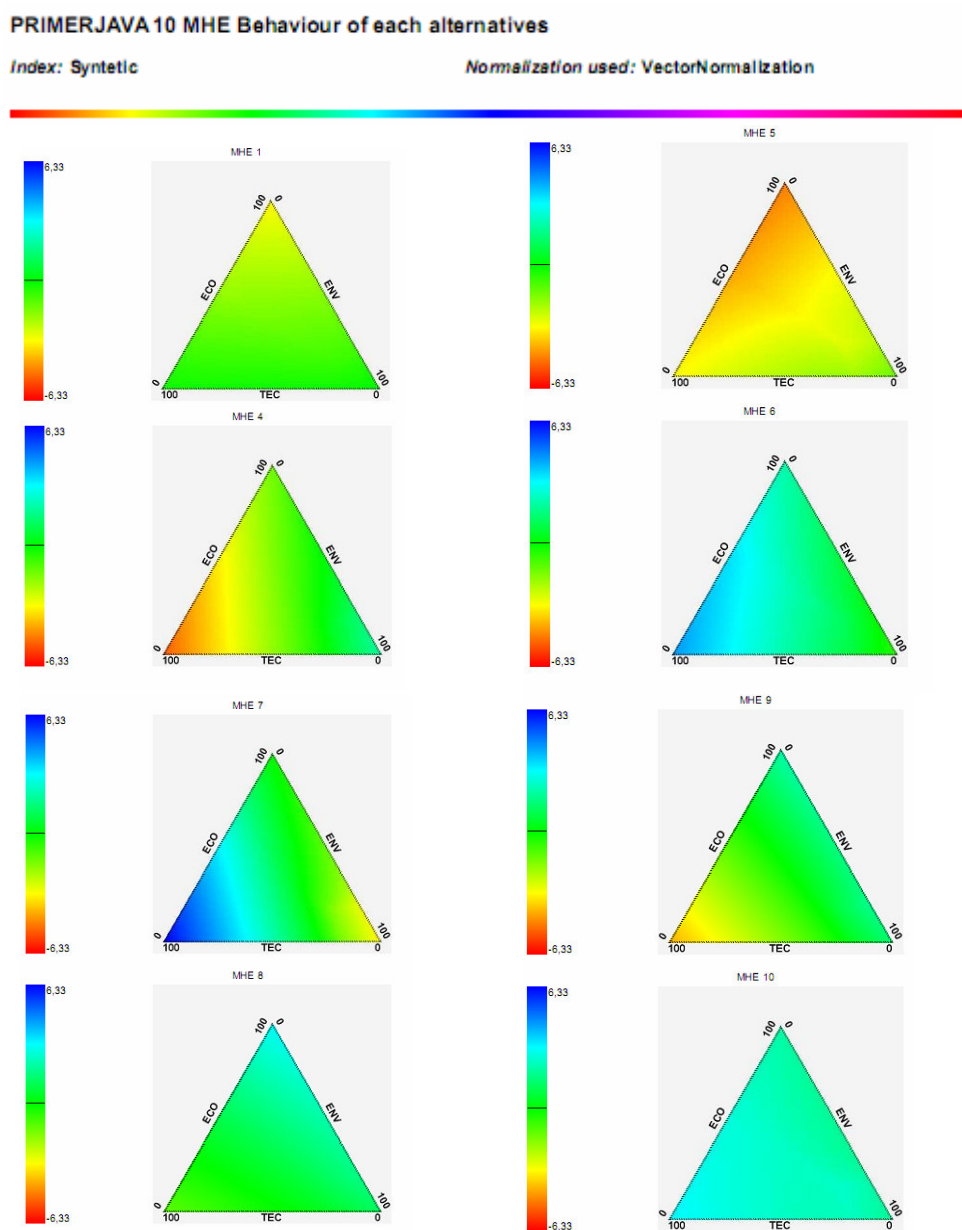
Na grafičnem prikazu najboljših in najslabših (slika 21) rezultatov analize občutljivosti za sintetični indeks vidimo, da je pri izbrani obtežbi kriterijev najboljša mHE 10. Iz grafičnega prikaza najslabših vrednosti analize občutljivosti za sintetični indeks pa vidimo, da je pri izbrani obtežbi kriterijev najslabša mHE 5.



Slika 21: Prikaz najboljših in najslabših mHE; 3 homogene skupine

4.9.4.2 Predstavitev alternativ pri treh homogenih skupinah

Trikotni diagrami podrobnosti alternativ (slika 22) kažejo, da je izmed zgornjih izbranih najbolj enotno obarvan diagram mHE 10, kar nam pove, da bo pri spremembi uteži dosegala podobne rezultate, kot jih zaseda ob privzeti obtežbi. Pri ostalih mHE pa bo sprememba uteži zelo vplivala na rezultat in bomo že ob manjši spremembi razmerja uteži dobili drugačen rang take mHE. To kaže na bistven pomen izbora uteži in kriterijev.



Slika 22: Prikaz podrobnosti alternativ; 3 homogene skupine

5 ZAKLJUČEK

Zadostitev potrebe po energiji predstavlja v sodobnem svetu največje ekološko breme. Hidroenergija je sicer ena najbolj čistih in glede izkoristka eden izmed najboljših virov obnovljive energije. mHE so zelo pomembna možnost in lahko zadostijo znatnemu deležu potreb po energiji. Raba hidroenergije ne povzroča emisij in nima škodljivih vplivov na naše podnebje, njene posledice pa so velike hidrološke spremembe in grobi posegi v ekosisteme površinskih vodotokov. Iskanje optimalnih rešitev pri gradnji mHE je zato zelo zahteven in dolgotrajen proces. Čeprav HE izkoriščajo obnovljiv vir, pa vse HE niso enake, ker uporabljajo različne tehnologije, ki so prilagojene posameznim okoljem, in zato je tudi njihov vpliv na vodne in obvodne ekosisteme zelo različen.

Med različnimi programskimi opremami je HYPSE programska oprema razvita posebej za izvajanje večkriterijskega načina vrednotenja v selekciji alternativnih projektov mHE. Namenjena je tako projektantom, katerim oprema ponuja orodje za oceno, kako različne odločitve vplivajo na okolje ter kateri olajševalni in nadomestni ukrepi izboljšajo sprejemljivost mHE z okoljevarstvenega stališča, kot tudi oblastem, pristojnim za področje mHE, ki morajo namero o gradnji mHE dovoliti ali ustaviti. Odločitve morajo biti rezultat podrobne raziskave okoljskih problemov, povezanih z izvedbo in sporazumom med različnimi vejami oblasti. Z uporabo programa je na konkretnih primerih, že izvedenih mHE na področju severozahodne Slovenije, prikazana njegova uporabnost.

Podatki o 10 mHE so vneseni v evalvacijsko matriko. Izbrani so bili kriteriji, standardizirane vrednosti, določeni indeksi in narejena matrika ocenjevanja z uporabo različnih razmerij uteži. Pri analizi občutljivosti z dvema homogenima soscupinama so na primer združeni tehnični in ekonomski kriteriji (skupno 24 %), ostalih 76 % so okoljski. Z različnimi grafi je prikazana analiza občutljivosti za sintetični indeks. Najbolj ilustrativni so prikazi več alternativ za tri homogene skupine in najboljše in najslabše alternative. Pri izbranih obtežbah najboljše rezultate doseže mHE 10, najslabše pa mHE 5. Pri spremembi uteži kriterijev je ugotovljeno, da je prevrednotenje, glede na izbor kriterijev, zelo enostavna možnost za iskanje optimalnih

rešitev oziroma realne opredelitve posamezne rešitve. Če uporabljamo ta sistem pri projektiranju, je končna ocena na podlagi izbranih kriterijev enostavna in objektivna.

Z izdelavo ocenjevalne matrike, v kateri vidimo range posameznih primerov pri različnih razmerjih uteži, ugotovimo najboljše rezultate za mHE 10, kar je bilo, glede na površino, ki jo zaseda v prikazanem trikotnem diagramu, tudi pričakovati. S takim postopkom tako ovrednotimo različne objekte.

Enak postopek lahko uporabimo tudi za oceno enega objekta z različnimi vhodnimi podatki. Dejstvo, da po izbiri kriterijev in uteži pridemo do kvantitativno nedvoumnih rezultatov, je lahko v določenih primerih sprejemanja odločitev tudi moteče ali celo neprimerno. To je verjetno tudi razlog, da ta metoda ni uporabljena širše ali celo kot izbrana metodologija v posamezni državi.

Bistvena prednost uporabljenega sistema HYPSE je torej v objektivnosti rezultatov, ker je pri določeni izbiri kriterijev in uteži rangiranje matematična operacija. Slabost pa je v tem, da z izbiro kriterijev in uteži pravzaprav že končno določimo izide rangiranja, kar pomeni, da moramo biti ravno pri določitvi le-teh posebej previdni in ne smemo pozabiti na pomen vseh možnih vplivov. Ker ima sprememba posameznega kriterija lahko tako pozitivne kot negativne vplive, je lahko njihovo združevanje pri izbranih utežeh preveč poudarjeno.

Ukrepi za zmanjšanje vplivov mHE na okolje temeljijo na sodobnem načrtovanju urejanja vodnega režima, kar je kompleksen proces, ki mora vključevati številne dejavnike in temeljiti na:

- načelih (okvir, v katerem za vodarstvo skrbi uradna politika in običaji),
- standardih (opredeljujejo uniformnost in usklajenost osnov za primerjanje in meritve ter presojo načrtov in ukrepov),
- postopkih (podrobno obdelani postopki za izvajanje načrtovanja na različnih ravneh).

Prostorske probleme, ki so posledica gradnje mHE, moramo reševati v skladu s trajnostnim razvojem, vendar se moramo zavedati, da trajnostni razvoj ne pomeni zgolj spodbujanje rabe obnovljivih virov, temveč tudi spoštovanje načela, da v naravo posegamo samo takrat, kadar je to nujno potrebno, in z alternativo, pri kateri so vplivi na okolje kar se da majhni,

gospodarska korist pa zadovoljiva. Cilj vsakega načrtovanja prostorskega razvoja bi moral biti družbeno odgovoren gospodarski razvoj ob hkratnem varovanju narave, naravnih virov (obnovljivih in neobnovljivih) ter naravnih in kulturnih vrednot okolja za dobrobit prihodnjih generacij.

VIRI

Adams, W. 2000. The Social Impact of Large Dams: Equity and Distribution Issues, Thematic Review I.1 prepared as an input to the World Commission on Dams. Cape Town. www.dams.org. (27.01.2010).

ARSO, Agencija Republike Slovenije za Okolje.
<http://www.arso.gov.si> (08.01.2010).

Beamish, FWH. 1978. Swimming capacity. In Fish Physiology volume 8, Hoar WS, Randall OJ (eds). New York, Academic Press: str. 101-175.

Bohanec, M., Rajkovič, V. 1995. Večparametrski odločitveni modeli. Organizacija 28: str. 427-438.

Bohanec, M. 2006. Odločanje in modeli. Ljubljana, DMFA – založništvo: 312 str.

Bohanec, M. 2009. Računalnik in odločanje. Odločitveni modeli in sistemi za podporo pri odločanju. Ljubljana, Proc. Information Society IS: str. 350-353.

CIPRA, alpMedia. 2002. Vodna energija kot ekološka znamka. Poročilo. CIPRA International: 11 str.
<http://www.cipra.org> (26.01.2010).

ESHA, European Small Hydropower Association.
<http://www.esha.be> (12.02.2010)

European Commission, 2000. New Solutions in Energy Supply. Small hydroelectric plants. Guide to the Environmental Approach and Assessment. CD-ROM.

Gordon, N.D., McMahon, T.A, Finlayson, B.L., Gippel, C.J., Nathan, R.J. 2004. Stream Hydrology, An Introduction for Ecologists, Second Edition. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England: 424 str.

Habič, T. 2006. Male hidroelektrarne danes. Hidroenergetska raba vode v Sloveniji. 17. Mišičev vodarski dan: 3 str.

Haley, MA. 2009. The impact of stream support on the hydrology and Makrofiti of the upper Bristol Avon. Bioscience Horizons 2, 1: str. 44-54.

European Commission. Environment Directorate.
<http://ec.europa.eu/environment/eia/full-legal-text/85337.htm> (10.01.2010)

Center za energetske in ekološke tehnologije. Fakulteta za strojništvo. Univerza v Ljubljani.
http://www.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/majhne_hidroelektrarne.pdf (25.12.2009)

Jackson, D., Marmulla, G. 2000. The Influence of Dams on River Fisheries. In Dams, fish and fisheries - opportunities, challenges and conflict resolution. Marmulla G. (ed). FAO Fisheries technical paper: str. 1-45.

Jereb, E., Bohanec, M., Rajkovič, V. 2003. Dexi: računalniški program za večparametrsko odločanje. Uporabniški priročnik. Kranj, Moderna organizacija: 91 str.

Jerkovič, B. 1996. Male hidroelektrarne. Maribor, Javno podjetje EGS, Razvoj in inženiring: 83 str.

Kattelman R, Embury M. 1996. Riparian Areas and Wetlands. In Sierra Nevada Ecosystem Project: Final report to Congress, volume 3, Assessments, commissioned reports, and background information, Centres for Water and Wildland Resources, University of California, Davis, California.

Koželj, D. 2004. Obratovanje malih hidroelektrarn. Univerza v Mariboru.
<http://www.powerlab.uni-mb.si/Predavanja/Vodna.asp> (26.01.2010)

Ledec, G, Quintero, JD. 2003. Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for Site Selection of Hydroelectric Projects. Latin America and the Caribbean Region, Sustainable Development, Working Paper 16: 20 str.

Lenat, DR, Penrose, DL, Eagleson, KW. 1981. Variable effects of sediment addition on stream benthos. Hydrobiology 79, 2: str. 187-194.

Limnos. 2003. Dragonja. Ekoremediacijska pot.
http://www.limnos.si/files/Dragonja_slo.pdf (12.02.2010)

McCartney, MP., Sullivan, C., Acreman, MC. 2001. Ecosystem Impacts of Large Dams, Background Paper No 2. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources and the United Nations Environmental Programme: 82 str.

Mikoš, M. 1989. Metode vrednotenja zrnastih združb plavin v naravnih vodotokih. Gradbeni vestnik 38, 7/8: str. 158-165.

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje - Terminology in hydrology. Acta hydrotehnica 20, 32: 325 str.

Poročilo o plačilih koncesij za proizvodnjo elektrike v malih hidroelektrarnah z analizo vpliva višine plačila za koncesijo na ta sektor proizvodnje električne energije in analizo vplivov drugih razmerij razdelitve plačila koncesij med državo in občino. 2007. Ministrstvo za Okolje in Prostor, Ljubljana: 16 str.

O'Reilly, C., Silberblatt, R. 2009. Reservoir Management in Mediterranean Climates through the European Water Framework Directive. Water Resources Center Archives, University of California Water Resources Center, UC Berkeley: 22 str.

Smolar-Žvanut, N., Vrhovšek, D. 1996. Ekološko sprejemljiv pretok v slovenskih vodotokih. V: Zbornik strokovnega posvetovanja. Ljubljana, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: str. 53-54.

Smolar-Žvanut, N. 2001. The role of periphytic algae in the determination of the ecologically acceptable flow in running waters. *Acta hydrotechnica* 19, 30: str. 65-89.

Smolar-Žvanut, N., Povž, M., Kryžanowski, A. 2005. Vpliv zajezev in odvzemov vode iz vodotokov na vodni ekosistem. 7. posvetovanje SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Sevnica, Slovenski nacionalni komite za velike pregrade: str. 57-64.

Smolar-Žvanut, N., Mikoš, M., Breznik, B. 2005. Vpliv zajezev na reki Bistrici na vodni ekosistem. *Acta hydrotechnica* 23, 39: str. 99-115.

Stanford, JA., Ward, JV., Liss, WJ., Frissel, CA., Williams, RN., Lichatowich, JA., Coutant, CC. 1996. A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and management* 12, 4-5: str. 391-413.

Stojič, Z., 1996. Presoja vplivov na okolje za posege v vodno okolje in za male vodne elektrarne. V: Zbornik strokovnega posvetovanja. Ljubljana, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: str. 107-115.

Tellman, B., Yard, R., Wallace, MG. 1997. Arizona's changing rivers: How people have affected the rivers. *Water Resources Research Center Issue Paper 19*, College of agriculture, University of Arizona. Tucson, AZ.

Tiwari, BK., 2005. »Biological Impact Assessment«
http://www.freewebs.com/envir/bia_tiwari.htm (02.03.2010)

Toman, M. 1996. Male vodne elektrarne-vpliv na vodni in obvodni ekosistem. V: Zbornik strokovnega posvetovanja. Ljubljana, Oddelek za krajinsko arhitekturo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani: str. 45-52.

Tomšič, Ž. 2009. Najvažnija pitanja elektroenergetskog planiranja, Energetsko ekonomski modeli izgradnje EES-a 2009-2010, http://www.fer.hr/_download/repository/EEMIE_4-predavanje_2009-10_handouts.pdf (14.02.2010)

Tsui, PTP., McCart, PJ. 1981. Effects of stream-crossing by a pipeline on the benthic macroinvertebrate communities of a small mountain stream. *Hydrobiologia* 79, 3: str. 271-276.

Zornada, L., Bohanec, M., Rajkovič, V. 2000. Model lupine ekspertnega sistema za podporo večkriterijskemu odločanju. Zbornik 19. Posvetovanja organizatorjev dela. Kranj, Moderna organizacija: str. 516-525.