

Određivanje prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova

Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

Ključne riječi

vodnogospodarski plan, prioritet u realizacija, navodnjavanje, Primorsko-goranska županija, plan navodnjavanja

Key words

water management plan, priority in realization, irrigation, Primorje-Gorski kotar County Irrigation Plan

Mots clés

plan de gestion des eaux, priorité dans la réalisation, irrigation, plan d'irrigation du Département de Primorje-Gorski kotar

Ключевые слова

водохозяйственный план, приоритет при реализации, ирригация, Приморско-Горанская жупания, план орошения

Schlüsselworte

wasserwirtschaftlicher Plan, Priorität in der Realisierung, Bewässerung, Region von Primorje und Gorski kotar, Bewässerungsplan

B. Karleuša, N. Ožanić

Stručni rad

Određivanje prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova

Prikazan je postupak određivanja prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova na primjeru izbora lokacije pilot projekta navodnjavanja Primorsko-goranske županije. Primijenjena je višekriterijska analiza kojom su obrađene potencijalne lokacije za navodnjavanje, suženje skupa potencijalnih lokacija i konačan izbor lokacije proveden u usvojenom Planu navodnjavanja PGŽ. Uz pripremu ulaznih podataka, prikazan je izbor upotrebom metoda višekriterijskog sortiranja i rangiranja.

B. Karleuša, N. Ožanić

Professional paper

Determination of priorities during realization of water management plans

The procedure for determining priorities in the realization of water management plans is presented using as an example the selection of site for the pilot project relating to irrigation activity in the Primorje-Gorski kotar County. The multicriterial analysis is used for selecting potential irrigation sites, for reducing the group of potential sites, and for the final selection of the site which is then entered into the adopted Primorje-Gorski kotar County Irrigation Plan. In addition to the preparation of input data, the authors also present the selection procedure as based on multicriterial sorting and ranking.

B. Karleuša, N. Ožanić

Ouvrage professionnel

Détermination des priorités au cours de réalisation des plans de gestion des eaux

La procédure pour la détermination des priorités dans la réalisation des plans de gestion des eaux est présentée en utilisant comme exemple la sélection de site pour le projet pilote d'irrigation dans le Département de Primorje-Gorski kotar. L'analyse multicritères est utilisée pour sélectionner les sites potentiels d'irrigation, pour réduire le groupe de sites potentiels, et pour la sélection finale du site qui est alors entré dans le plan d'irrigation adopté pour le Département de Primorje-Gorski kotar. En plus de la préparation des données d'entrée, les auteurs présentent aussi la procédure de sélection basée sur sélection et classement par multicritères.

B. Карлеуша, Н.Ожанич

Отраслевая работа

Определение приоритетов при реализации водохозяйственных планов

Приведена процедура определения приоритетов при реализации водохозяйственных планов на примере выбора локаций для пилот-проекта орошения Приморско-Горанской жупании. Применен многокритериальный анализ, в котором произведена обработка потенциальных локаций для орошения и сужение выбора потенциальных локаций. Окончательный выбор произведен в утвержденном плане орошения ПГР. Приведена подготовка входных данных, и показан выбор с использованием метода многокритериальной сортировки и ранжирования.

B. Karleuša, N. Ožanić

Fachbericht

Bestimmung des Prioritäts im Realisieren wasserwirtschaftlicher Pläne

Dargestellt ist ein Verfahren der Bestimmung des Prioritäts im Realisieren wasserwirtschaftlicher Pläne am Beispiel der Standortauswahl des Pilotprojekts der Bewässerung der Region von Primorje und Gorski kotar. Angewendet wurde die Mehrkriterienanalyse mit der man potentielle Standorte für Bewässerung bearbeitete. Verengung der Gruppe potentieller Standorte und endgültige Standortauswahl wurden im angenommenen Plan der Bewässerung der PGR durchgeführt. Neben der Vorbereitung grundlegender Daten ist die Auswahl durch Anwendung der Verfahren mehrkriterialen Sortierens und Rangierens dargestellt.

Autori: Doc. dr. sc. **Barbara Karleuša**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Nevenka Ožanić**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka

1 Uvod

Gospodarenje vodnim resursima obuhvaća planiranje, projektiranje, izvedbu i upravljanje vodnogospodarskim sustavima uz najpovoljnije ekonomske, socijalne i ekološke efekte. Planiranje obuhvaća definiranje problema (ciljeva, kriterija i mjera, ograničenja), generiranje mogućih rješenja problema, analizu rješenja po odabranim kriterijima uz poštovanje ograničenja i donošenje konačne odluke o izboru najpovoljnijeg rješenja [1].

Donošenje odluke o izboru najpovoljnijeg rješenja u fazi planiranja vodnogospodarskih sustava složen je proces zbog brojnih ciljeva koji se moraju zadovoljiti, a čiji se stupanj ostvarenja vrednuje primjenom više kriterija i različitih mjera, pri čemu treba voditi računa i o brojnim ograničenjima [2].

Za podršku u složenim procesima donošenja odluka, kao što je donošenje odluka u vodnogospodarskom planiranju, gdje je izbor između više generiranih rješenja (varijanata) potrebno provesti uzevši u obzir veći broj kriterija i različitih mjera, danas je razvijen niz metoda višekriterijske analize [3, 4, 5, 6]. Pregled primjene različitih metoda višekriterijske analize na problemima gospodarenja vodama dan je detaljno u radovima [6, 7, 8, 9]. Može se istaknuti da su metode višekriterijske analize našle primjenu u rangiranju i izboru: strategija gospodarenja vodama [10, 11], kao i u užem smislu strategija gospodarenja npr. podzemnim vodama [12], vodnogospodarskih projekata [13], varijanata sustava navodnjavanja [6, 14, 15] i vodoopskrbe [16], načina iskorištavanja akumulacija [17], postupaka desalinizacije [18], varijanata gospodarenja otpadnim vodama [19], rješenja dispozicije otpadnih voda [20] i lokacija raznih hidrotehničkih odnosno vodnogospodarskih građevina (hidroelektrana, brana i dr.) [21, 22].

U ovom radu prikazat će se određivanje prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova primjenom postupaka višekriterijske analize na primjeru izbora lokacije za realizaciju pilot-projekta navodnjavanja u Primorsko-goranskoj županiji.

Cilj je ovoga rada potvrditi primjerenost takvog pristupa i metoda u određivanju prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova, na izabranom primjeru, kao i prikazati pripremu ulaznih podataka za primjenu odabranih postupaka višekriterijske analize.

Upotrijebit će se tri različite metode: metoda višekriterijskog sortiranja ELECTRE TRI (*EL*imination and (*Et*) *Choice Translating RE*ality), metoda višekriterijskog rangiranja PROMETHEE (*Pre*ference *R*anking *O*rganizational *ME*THod for *E*nrichment *E*valuations) i metoda višekriterijskog rangiranja na temelju usporedbe parova AHP (*Analytic H*ierarchy *P*rocess).

Kao polazište za primjenu navedenih metoda prikazat će se višekriterijsko vrednovanje potencijalnih lokacija i izbor prioritete lokacije na način na koji je to provedeno u Planu navodnjavanja Primorsko-goranske županije bez upotrebe razvijenih metoda (alata) višekriterijske analize, a zatim će se podaci pripremiti za primjenu izabranih višekriterijskih metoda sortiranja i rangiranja i provesti postupak izbora upotrebom tih metoda.

2 Općenito o višekriterijskoj analizi

Višekriterijska se analiza može definirati kao model donošenja odluka koji se sastoji od skupa rješenja (varijanata koje treba rangirati ili sortirati donosilac odluke), skupa kriterija (kvantitativnih i kvalitativnih, uz upotrebu različitih mjera) i skupa vrijednosti (ocjene) svake varijante po svakom kriteriju [7].

Iz navedenog je moguće formirati matricu X s n -varijanata i m -kriterija. Vrijednost varijante i po kriteriju j možemo označiti sa x_{ij} , pri čemu je nužno da postoje barem dvije varijante i barem dva kriterija ($n \geq 2$ i $m \geq 2$). Težine kriterija daju se u obliku vektora W koji sadrži m težina, a gdje w_j predstavlja težinu definiranu za kriterij j . Vrijednosti u matrici X i vektoru W mogu biti kvantitativne i kvalitativne. S obzirom da većina metoda višekriterijske analize rangira ili boduje varijante, kod višekriterijske se analize definiraju:

$$r_i = f_1(X, W) \quad \text{i} \quad u_i = f_2(X, W)$$

gdje je r_i predstavlja rang varijante, a u_i ukupna vrijednost varijante.

Metodologija primjene višekriterijske analize obuhvaća sljedeći algoritam [7, 8]:

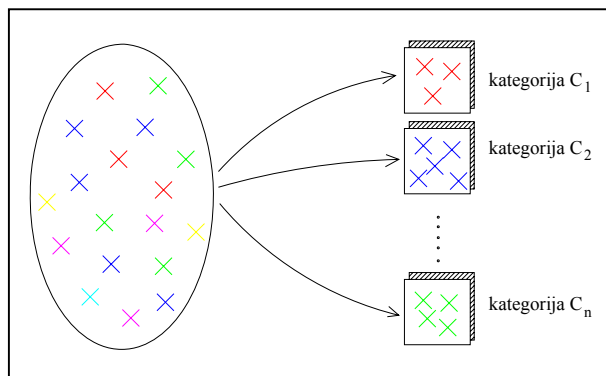
1. generirati više rješenja (varijanti)
2. definirati kriterije
3. vrednovati rješenja po svim kriterijima
4. odrediti težine kriterija
5. rangirati ili sortirati rješenja
6. provesti analizu osjetljivosti
7. donijeti konačnu odluku.

Postoji niz klasifikacija i vrsta metoda višekriterijske analize [4, 5, 6, 7, 8], od kojih su ovome radu primijenjene ELECTRE TRI, PROMETHEE i AHP.

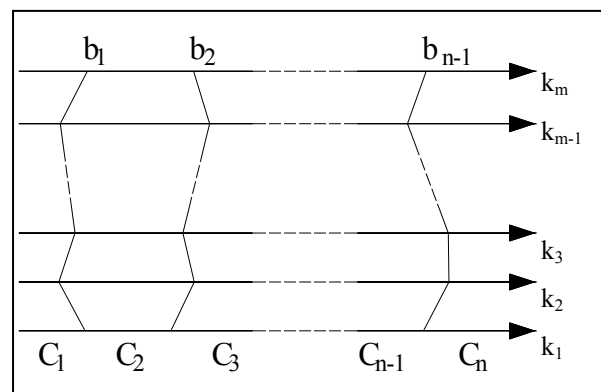
3 Odabrane metode višekriterijskog sortiranja i rangiranja

ELECTRE TRI je postupak višekriterijske optimizacije koji se bavi problemom sortiranja varijanata po unaprijed definiranim kategorijama (npr. C_1 kategorija - jako dobra rješenja, C_2 kategorija - dobra rješenja ..., C_r -ta

kategorija – srednje dobra rješenja ..., C_n -ta kategorija – jako loša rješenja) prema slici 1. [23,24]. Sortiranje varijante a temelji se na njezinoj usporedbi s referentnim tzv. fiktivnim varijantama b_i ($i = 1, \dots, n-1$), odnosno s vrijednostima fiktivnih varijanti po odabranim kriterijima k_j ($j= 1, \dots, m$, gdje je m ukupan broj kriterija). Fiktivne varijante predstavljaju granice kategorija C_i ($i = 1, \dots, n$, gdje je n broj kategorija) što se vidi na slici 2. Postupak višekriterijskog sortiranja varijanata ELECTRE TRI razlikuje se od većine standardnih postupaka rangiranja varijanata jer su kategorije koje razmatramo kod ovog pristupa definirane „a priori“ i ne slijede kao rezultat analize. Na teoretskim matematičkim osnovama postupka ELECTRE TRI detaljno objašnjenim u radovima [23, 24] razvijen je računalni program ELECTRE TRI 2.0a.



Slika 1. Sortiranje varijanata u kategorije



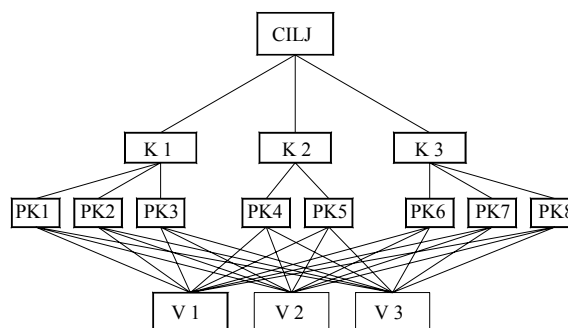
Slika 2. Prikaz kategorija definiranih fiktivnim varijantama

PROMETHEE je metoda koja se može primijeniti za dobivanje parcijalnog (PROMETHEE I) ili potpunog rangiranja varijanata (PROMETHEE II) [25, 26]. U PROMETHEE metodi je pojam kriterija proširen uvođenjem funkcije preferencije, kojom se daje preferencija donositelja odluke za varijantu a u odnosu na varijantu b za svaki kriterij posebno. Na teoretskim matematičkim osnovama postupka PROMETHEE detaljno objašnje-

nim u radovima [25, 26], razvijen je računalni program PROMCALC & GAIA V.3.2 i novija verzija Decision Lab 2000.

Metode ELECTRE TRI i PROMETHEE omogućuju dodjeljivanje različitih težina kriterijima kao i primjenu različitih tipova kriterija, od kojih je u ovome radu odabran običan kriterij.

AHP metoda je primjenjiva na problemima koji se mogu prikazati u hijerarhijskom obliku [27, 28]. Vrh hijerarhije predstavlja cilj, zatim slijede na nižoj razini kriteriji te postoji mogućnost za upotrebu više razina potkriterija, dok najnižu hijerarhijsku razinu predstavljaju varijante (slika 3.).

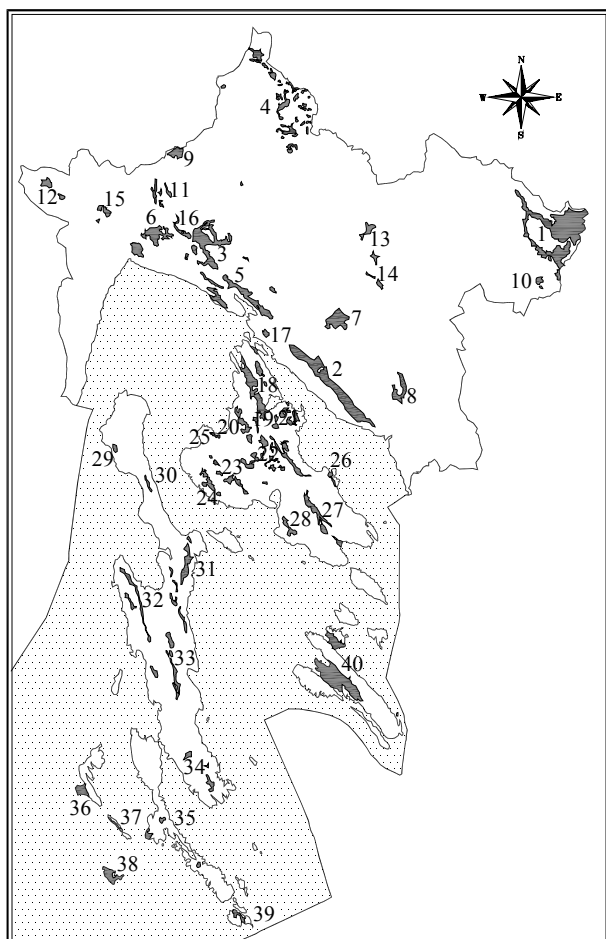


Slika 3. Hijerarhijski prikaz strukturiranja problema (kriteriji, podkriteriji, varijante)

AHP metoda podrazumijeva provedbu proračuna težina, prioriteta odnosno važnosti (pot)kriterija i varijanata. Formiraju se matrice usporedbe u kojima se definiraju preferencije dobivene usporedbom parova određene razine hijerarhije u odnosu na višu razinu hijerarhije. Stupci u matricama se normaliziraju i određuju se vektor težina ili prioriteta kriterija u odnosu na cilj i vektori težina ili prioriteta varijanata po svakom kriteriju. Kao rezultat potrebno je dobiti ukupnu matricu težine ili prioriteta varijanata u kojoj vektori prioriteta varijanata po pojedinom kriteriju čine stupce i koja množenjem s vektorom prioriteta kriterija daje ukupni vektor prioriteta varijanata u odnosu na cilj iz kojeg slijedi rangirana lista varijanata. Prednost ove metode jest što se može upotrijebiti i kada su poznati samo međusobni odnosi varijanata po pojedinim kriterijima i međusobna važnost kriterija u odnosu prema cilju, ali i u slučaju kada su zadane egzaktnije vrijednosti varijanata po pojedinim kriterijima, te težina svakog kriterija, što je slučaj u primjeni te metode na primjeru u ovom radu. Na teoretskim matematičkim osnovama postupka AHP detaljno objašnjenim u radovima [27, 28], razvijen je računalni program EXPERT CHOICE 11,5 [29].

4 Višekriterijska analiza potencijalnih lokacija i izbor pilot-lokacije za navodnjavanje

Primorsko-goranska županija razmjerno je siromašna poljoprivrednim resursima. Karakterizira je rascjepkanost malih posjeda u više parcela, a nepovoljna je i kvalitativna struktura zemljišta te uređenost zemljišta i poljoprivredne proizvodnje. Stanovništvo i gospodarstvo je također u znatno manjem udjelu vezano uz poljoprivredu nego što je to u državi. Ipak, važnost poljoprivrede u Županiji izuzetna je i nezaobilazna radi njezina utjecaja na različite segmente prostora i društva. Naime, na pojedinim lokacijama poljoprivrede može biti presudni izvor dohotka i zaposlenosti stanovništva, postati zalog zadržavanja stanovništva i zaustavljanje negativnih demografskih kretanja te sprječavanje daljnje litoralizacije prostora [30].



Slika 4. Karta potencijalnih lokacija za navodnjavanje u Primorsko-goranskoj županiji

Cilj je Plana navodnjavanja PGŽ-a bio da se utvrđivanjem postojećih prirodnih uvjeta, zemljišnog fonda i vodnih resursa, sadašnje poljoprivredne proizvodnje i organiziranosti obiteljskih poljoprivrednih gospodarsta-

va, definiraju lokacije poljoprivrednih površina Županije na kojima je moguće uspostaviti sustave navodnjavanja, predložiti strukturu poljoprivredne proizvodnje u uvjetima navodnjavanja, analizirati stanje i potrebu za vodom, odrediti moguće izvore vode za navodnjavanje na lociranim i definiranim poljoprivrednim zemljištima te odrediti pilot-projekt navodnjavanja.

U Planu navodnjavanja Primorsko-goranske županije, analizom svih raspoloživih poljoprivrednih površina (uporabom Namjenske pedološke karte PGŽ), isključujući površine u zonama sanitarne zaštite izvorišta vode za piće (uporabom Karte zona sanitarne zaštite izvorišta PGŽ-a) i zaštićenih područja (nacionalni park, park prirode, park šuma, posebni rezervat, strogi rezervat i značajni krajobraz), izdvojene su potencijalno pogodne površine za navodnjavanje. Izdvojeno je 40 područja odnosno potencijalnih lokacija za navodnjavanje relativno malih poljoprivrednih površina (veličine u rasponu između 9 i 3525 ha) disperzno raspoređenih na prostoru Primorsko-goranske županije (slika 4.).

Pogodnost tla za poljoprivredno iskorištavanje, veličina raspoloživih poljoprivrednih površina, stupanj uređenosti poljoprivrednog zemljišta, raspoloživost vodnih resursa i hidrotehničkih objekata za osiguranje potrebnih količina vode za navodnjavanje uz prihvatljive troškove, kao i troškovi osiguranja potrebnih količina vode, interes lokalnog stanovništva za navodnjavanje i postojeća dokumentacija o raspoloživim vodnim resursima i potencijalnim zahvatima vode za potrebe navodnjavanja bili su temeljni kriteriji za određivanje prioriternih lokacija za navodnjavanje u Primorsko-goranskoj županiji.

Odabir kriterija proveden je radi iskorištavanja pogodnih tala za poljoprivrednu proizvodnju veće površine (okrupnjena), koja se većim dijelom već rabe za poljoprivrednu proizvodnju, na kojima se uz prihvatljive troškove mogu osigurati potrebne količine za navodnjavanje, gdje postoji interes stanovništva za poljoprivrednom proizvodnjom i navodnjavanjem čime se osigurava realizacija Plana, te na kojima je već provedena analiza raspoloživih vodnih resursa i postoje razrađene studije i projektna dokumentacija o potencijalnim zahvatima vode koja bi se mogla upotrebljavati u realizaciji pilot-projekta.

Zadovoljavanje kriterija prirodnih potencijala (tlo i voda), kao i mogućnosti uklapanja u sadašnje stanje, plansku i detaljnu dokumentaciju, utvrđeno je ekspertnom procjenom na osnovi analizirane dostupne i izrađene tehničke dokumentacije, dok je kriterij iskazanog interesa krajnjih korisnika ustanovljen intervjuiranjem nadležnih osoba u gradovima i općinama.

Izbor pilot-projekta proveden je u dva koraka. Prvim je korakom provedeno suženje skupa potencijalnih lokacija

Tablica 1. Rezultati analize potencijalnih lokacija po kriterijima K1-K5

Br.	LOKACIJA	Klasa pogodnosti		Površina (ha)	Način korištenja	Vodotoci i hidrotehnički objekti	Interes lokalnog stanovništva
		K1	K2				
1	SEVERIN (Grad Vrbovsko)	P3	3525		pašnjaci	-	nije iskazan
2	VINODOL (Općina Vinodolska)	P3	1126		poljoprivreda	vodotok koji presušuje - mini akumulacija	veliki interes
		P1	1059				
3	JELENJE (Općina Jelenje)	P3	1255		pašnjaci, poljoprivreda	-	nije iskazan
		P1	153				
4	ČABAR (Grad Čabar)	P-3	1167		pašnjaci, poljoprivreda	vodotok koji presušuje - mini akumulacija	nije iskazan
5	BAKAR (Grad Bakar)	P3	1133		poljoprivreda	-	postoji
6	SROKI (Općina Viškovo)	P3	616		poljoprivreda	-	nije iskazan
7	FUŽINE (Općina Fužine)	P3	581		pašnjaci, poljoprivreda	višenamjenske akumulacije i jezero	postoji
8	BATER (Grad Novi Vinodolski)	P3	271		pašnjaci	-	nije iskazan
9	GOMANCE (Općina Klana)	P3	260		pašnjaci	-	nije iskazan
10	GOMIRJE (Grad Vrbovsko)	P3	99		pašnjaci, stočarstvo	vodotok koji presušuje	nije iskazan
11	KLANA (Općina Klana)	P3	214		poljoprivreda	vodotok koji presušuje	postoji
12	MUNE- ŽEJANE - BRUSAN (Općina Matulji)	P3	200		poljoprivreda	vodotok koji presušuje - mini akumulacija	veliki interes
13	DELNICE (Grad Delnice)	P3	167		poljoprivreda	-	nije iskazan
14	MRKOPALJ (Općina Mrkopalj)	P3	156		poljoprivreda	-	postoji
15	VELI BRGUD (Općina Matulji)	P3	154		poljoprivreda	vodotok koji presušuje	nije iskazan
16	KUKULJANI (Općina Jelenje)	P3	140		poljoprivreda	vodotok koji presušuje	nije iskazan
17	MALI DOL (Grad Kraljevica)	P3	63		poljoprivreda	-	nije iskazan
18	OMIŠALJ (Općina Omišalj)	P3	657		poljoprivreda	-	nije iskazan
19	ČIŽIĆI (Općine Omišalj i Dobrinj)	P3	539		poljoprivreda	jezero Njivice	nije iskazan
20	MIHOLJICE (Općine Malinska Dubašnica i Dobrinj)	P3	326		poljoprivreda	-	postoji
21	SVETI VID DOBRINJSKI (Općina Dobrinj)	P3	338		poljoprivreda, stočarstvo	-	nije iskazan
22	KRAS- GARICA-VRBNIK (Općine Dobrinj i Vrbnik i Grad Krk)	P3	758		poljoprivreda	-	veliki interes
		P1	145				
23	NENADIĆI-VRH (Grad Krk)	P3	304		poljoprivreda, stočarstvo	višenamjenska akumulacija Ponikve	postoji
24	ŠKRBČIĆI (Grad Krk)	P3	230		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
25	PORAT (Općina Malinska Dubašnica)	P3	49		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
26	SRŠĆICA (Općina Baška)	P3	68		stočarstvo	-	nije iskazan
27	DRAGA BAŠČANSKA (Općina Baška)	P3	592		poljoprivreda	-	veliki interes
28	DOKOLOVO (Općina Punat)	P3	163		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
29	DRAGOZETIĆI (Grad Cres)	P3	57		stočarstvo	-	nije iskazan
30	PREDOŠĆICA (Grad Cres)	P3	62		stočarstvo	-	nije iskazan
31	DRAGARSKA-ORLEC (Grad Cres)	P3	644		stočarstvo	-	nije iskazan
32	PERNAT-BERTULČIĆI (Grad Cres)	P3	358		poljoprivreda, stočarstvo	jezero Vrana	postoji
33	VRANA-BELEJ (Grad Cres)	P3	486		stočarstvo	jezero Vrana	nije iskazan
34	OSOR-PUNTA KRIŽA (Grad Mali Lošinj)	P3	245		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
35	LOŠINJ (Grad Mali Lošinj)	P3	83		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
		P2	82				
36	UNIJE (Grad Mali Lošinj)	P2	229		poljoprivreda, stočarstvo	-	postoji
37	VELE SRAKANE (Grad Mali Lošinj)	P3	36		poljoprivreda, stočarstvo	-	nije iskazan
38	SUSAK (Grad Mali Lošinj)	P2	134		poljoprivreda	-	postoji
		P3	217				
39	ILOVIK (Grad Mali Lošinj)	P3	127		poljoprivreda, stočarstvo	-	nije iskazan
40*	LOPAR - KAMPOR (Grad Rab) *(na slici 4 označeno sa 40 i 41)	P3	1385		poljoprivreda	-	postoji
		P2	9				
		P1	620				

na kojima bi se prioritetno trebalo provesti navodnjavanje, a zatim je unutar suženog skupa odabrana lokacija za pilot-projekt navodnjavanja PGŽ-a.

Analiza potencijalnih 40 lokacija, radi suženja skupa lokacija na kojima prioritetno treba osigurati navodnjavanje, provedena je prema sljedećim kriterijima (tablica 1.):

- Klasa pogodnosti tla za poljoprivredne svrhe (istaknuta je pogodnost tla na razmatranoj lokaciji s aspekta vrijednosti tla kao poljoprivrednog odnosno obradivog, rabljene su klase: P1 - Osobito vrijedno obradivo tlo, P2 - Vrijedno obradivo tlo, P3 - Ostala obradiva tla) – K1
- Veličina poljoprivredne površine (iskazana u ha) - K2
- Postojeći način iskorištavanja zemljišta (poljoprivreda, stočarstvo, pašnjaci) - K3
- Postojanje vodotoka i hidrotehničkih građevina kojima bi se moglo osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje uz prihvatljive troškove (vodotoci, postojeći zahvati, akumulacije i sl. koji bi se mogli rabiti u svrhu osiguravanja potrebnih količina vode za navodnjavanje) - K4
- Interes stanovništva za navodnjavanje (nije iskazan interes, postoji interes ili vrlo velik interes) - K5

Na osnovi rezultata provedenih analiza svih lokacija po odabranim kriterijima izdvojeno je 9 prioriternih lokacija za realizaciju navodnjavanja na području Županije, a to su lokacije pod brojevima 2, 7, 12, 14, 19, 22, 27, 36 i 40.

Na tim lokacijama izdvojena su manja područja na kojima se može provesti pilot-projekt navodnjavanja i definirani aproksimativni troškovi osiguranja potrebnih vodnih resursa za navodnjavanje (tablica 2.) te analizirana postojeća i raspoloživa dokumentacija o raspoloživim vodnim resursima i zahvatima kojima se mogu osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje te su stoga primijenjeni još i sljedeći kriteriji:

- Veličina poljoprivredne površine potencijalnog pilot-projekta (u ha) - K2P (umjesto K2)
- Troškovi osiguranja potrebnih količina vode za navodnjavanje (u kn) - K6
- Postojeća dokumentacija o potencijalnom zahvaćanju vodnih resursa na lokaciji - K7

Kao najpovoljnija lokacija, uključujući sve aspekte rješenja (kriteriji K1-K7) u Planu navodnjavanja Primorsko-goranske županije, za pilot-projekt odabrana je lokacija pod brojem 2 – Vinodolska dolina, i to područje Pavlomira (54 ha).

Tablica 2. Rezultati analize suženog skupa potencijalnih lokacija po kriterijima K2P i K6

Br.	LOKACIJA	Površina za pilot projekt (ha)		Troškovi osiguranja vode (kn)	
		K2P	K6	K6	K6
2	VINODOL	54		6.400.000	
7	FUŽINE	480		5.500.000	
12	MUNE-ŽEJANE - BRUSAN	13		4.300.000	
14	MRKOPALJ	63		6.400.000	
19	ČIŽIĆI	62		7.300.000	
22	KRAS- GARICA-VRBNIK	200		20.500.000	
27	DRAGA BAŠČANSKA	418		17.400.000	
36	UNJE	229		1.800.000	
40	LOPAR - KAMPOR	295		14.800.000	

Izbor pilot-projekta u Planu navodnjavanja PGŽ-a predstavljao je zahtjevan zadatak jer je razmatran velik broj potencijalnih lokacija (40) koje su bile vrednovane po pet kriterija uporabom različitih mjernih jedinica (K1-K5). Izbor je proveden postupnim eliminiranjem lošijih rješenja dok se skup rješenja nije sveo na 9 prioriternih lokacija. Izabranih 9 lokacija je još detaljnije analizirano (kriteriji K2P, K6 i K7) te je ponovno eliminacijom lošijih rješenja izdvojena konačna lokacija pilot-projekta Vinodolska dolina - Pavlomir.

Takvom izboru, gdje je potrebno razmotriti velik broj varijanata i kriterija, vrlo je teško donijeti odluku vodeći računa istovremeno o svim varijantama (lokacijama) i kriterijima. Za rješavanje takve vrste problema razvijeni su razni postupci višekriterijske analize, stoga će se ovdje na opisanom problemu, razmotriti mogućnost primjene triju odabranih metoda (ELECTRE TRI, PROMETHEE i AHP).

5 Sortiranje i rangiranje potencijalnih lokacija za navodnjavanje

5.1 Vrednovanje lokacija

Izbor pilot-projekta navodnjavanja u PGŽ-u primjenom izabranih metoda višekriterijske analize provest će se primjenom istih kriterija kao u Planu navodnjavanja PGŽ-a. Prvo će se sortirati i rangirati svih 40 lokacija, a zatim će se provesti izbor lokacije za pilot projekt unutar suženog skupa od 9 lokacija izabranih u Planu navodnjavanja PGŽ-a.

Za primjenu metoda višekriterijske analize nužna je priprema ulaznih podataka na način da se kvalitativni kriteriji kvantificiraju, odnosno da se provede kvantificirano vrednovanje po kvalitativnim kriterijima. Stoga je u nastavku prikazan postupak vrednovanja lokacija po odabranim kriterijima na temelju podataka iz tablica 1. i 2.

Za analizu svih (40) lokacija korišteni su kriteriji K1, K2, K3, K4 i K5:

- K1 - Klasa pogodnosti iskorištavanja tla za poljoprivredu

Izdvojenim je područjima, ovisno o klasi njihove pogodnosti za obradu i iskorištavanje u poljoprivredne svrhe, dodijeljena odgovarajuća ocjena na način da je za klasu pogodnosti P1 dodijeljena lokaciji kvalitativna ocjena 1, za P2 ocjena 2 te za P3 ocjena 3. Ako se područje promatrane lokacije sastoji od površina različite pogodnosti, proračunana je prosječna ocjena uzevši u obzir ocjenu pogodnosti svakoga pojedinog dijela i pripadajuću površinu. Što je ocjena niža to je lokacija bolja po kriteriju K1.

- K2 - Veličina poljoprivredne površine

Preuzete se veličine poljoprivrednih površina po potencijalnim lokacijama u ha. Što je površina veća to je lokacija bolja po kriteriju K2.

- K3 - Postojeći način iskorištavanja zemljišta

S obzirom da se neke potencijalno poljoprivredne površine trenutačno rabe u različite svrhe, vrednovanje je provedeno dodjeljivanjem kvantitativnih ocjena tako da se lokacijama na kojima zemljište služi za poljoprivredu dodjeljuje ocjena 3, poljoprivreda/stočarstvo i poljoprivreda/pašnjaci ocjena 2, a površinama koje služe za stočarstvo te kao pašnjaci ocjena 1. Što je ocjena viša to je lokacija bolja po kriteriju K3.

- K4 – Postojanje vodotoka i hidrotehničkih građevina kojima bi se mogle osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje uz prihvatljive troškove

Na temelju utvrđivanja postojanja vodotoka i zahvata vode (zdenaca, akumulacija) na terenu svaka potencijalna lokacija ocijenjena je kvantitativnom ocjenom od 0 (ako nema vodotoka i hidrotehničkih građevina kojima bi se mogle osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje uz prihvatljive troškove) do 3 (npr. ako postoji akumulacija koja bi mogla osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje uz prihvatljive troškove). Što je ocjena viša to je lokacija bolja po kriteriju K4.

- K5 - Interes stanovništva za navodnjavanje

Za svaku potencijalnu lokaciju vrednovan je interes stanovništva za navodnjavanjem na način da je lokacijama gdje je velik interes dodijeljena ocjena 2, lokacijama na kojima postoji interes ocjena 1, dok su lokacije gdje stanovništvo nije iskazalo interes za navodnjavanjem ocijenjene ocjenom 0. Što je ocjena viša to je lokacija bolja po kriteriju K5.

Za analizu suženog skupa lokacija (9) primijenjeni su i sljedeći kriteriji:

- K2P (umjesto K2) – Veličina poljoprivredne površine potencijalnog pilot-projekta

Način vrednovanja je isti kao za kriterij K2, ali je analizirano uže područje koje bi se moglo navodnjavati u sklopu pilot-projekta.

- K6 – Troškovi osiguranja potrebnih količina vode za navodnjavanje

Iskorištena je procjena troškova osiguranja potrebnih količina vode za navodnjavanje te proračunan trošak po ha poljoprivredne površine (10^6 kn/ha). Što je trošak manji to je lokacija bolja po kriteriju K6.

- K7 - Postojeća dokumentacija o potencijalnom zahvaćanju vodnih resursa na analiziranoj lokaciji

Analizirana je postojeća studijska i projektna dokumentacija o potencijalnom zahvaćanju vodnih resursa na analiziranim lokacijama suženog skupa te su lokacije vrednovane ocjenama od 1 (malo raspoložive dokumentacije) do 3 (ako za područje koje je analizirano postoji veći broj studija i projekata o načinima i građevinama kojima bi se mogle osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje). Što je ocjena veća to je lokacija bolja po kriteriju K7.

Kriterijima su dodijeljene težine i to na način da se kao najznačajniji kriteriji ističu K1 i K5 te im je dodijeljena težina 3, zatim K3, K4, a u užem skupu varijanti i K6 kojima je dodijeljena težina 2. Kriterijima K2 i K2P dodijeljena je težina 1, a za kriterij K7 provedena je analiza za težinu 1 i težinu 2.

Iz svega navedenog slijedi tablica 3., čiji su podaci upotrijebljeni kao ulazni podaci za sortiranje lokacija u tri kategorije (dobre, srednje i loše lokacije) primjenom metode ELECTRE TRI i rangiranje lokacija primjenom PROMETHEE i AHP metoda.

Sortiranje i rangiranje svih potencijalnih lokacija (40) provedeno je primjenom grupe kriterija:

- grupa kriterija **A**: K1,K2,K3,K4,K5

Sortiranje i rangiranje lokacija suženog skupa (9) provedeno je primjenom sljedećih kombinacija kriterija:

- grupa kriterija **B**: K1,K2P,K3,K4,K5
- grupa kriterija **C**: K1,K2P,K3,K4,K5,K6
- grupa kriterija **D**: K1,K2P,K3,K4,K5,K6,K7
- grupa kriterija **E**: K1,K3,K4,K5,K6,K7

U grupi D i E za kriterij K7 provedena je analiza uporabom težine 1 i težine 2.

Kombiniranjem kriterija i težina kriterija može se analizirati osjetljivost izbora.

Tablica 3. Vrednovanje lokacija po odabranim kriterijima

KRITERIJI		K1	K2	K2P	K3	K4	K5	K6	K7		
TEŽINE KRITERIJA		3	1	1	2	2	3	2	1 i 2		
Br.	LOKACIJA	Vrednovanje lokacija									
1	SEVERIN	3	3525		1	0	0				
2	VINODOL	$\frac{3}{1}$	2	$\frac{1126}{1059}$	2185	54	3	2	2	0,12	3
3	JELENJE	$\frac{3}{1}$	2,78	$\frac{1255}{153}$	1408		2	0	0		
4	ČABAR	3	1167		2	2	0				
5	BAKAR	3	1133		3	0	1				
6	SROKI	3	616		3	0	0				
7	FUŽINE	3	581	480	2	3	1	0,01	2		
8	BATER	3	271		1	0	0				
9	GOMANCE	3	260		1	0	0				
10	GOMIRJE	3	99		1	1	0				
11	KLANA	3	214		3	1	1				
12	MUNE- ŽEJANE - BRUSAN	3	200	13	3	2	2	0,33	1		
13	DELNICE	3	167		3	0	0				
14	MRKOPALJ	3	156	63	3	0	1	0,10	1		
15	VELI BRGUD	3	154		3	1	0				
16	KUKULJANI	3	140		3	1	0				
17	MALI DOL	3	63		3	0	0				
18	OMIŠALJ	3	657		3	0	0				
19	ČIŽIĆI	3	539	62	3	3	0	0,12	3		
20	MIHOLJICE	3	326		3	0	1				
21	SVETI VID DOBRINJSKI	3	338		2	0	0				
22	KRAS- GARICA-VRBNIK	$\frac{3}{1}$	2,67	$\frac{758}{145}$	903	200	3	0	2	0,10	3
23	NENADIĆI-VRH	3	304		2	3	1				
24	ŠKRBCIĆI	3	230		2	0	1				
25	PORAT	3	49		2	0	1				
27	DRAGA BAŠČANSKA	3	592	418	3	0	2	0,04	2		
28	DOKOLOVO	3	163		2	0	1				
29	DRAGOZETIĆI	3	57		1	0	0				
30	PREDOŠĆICA	3	62		1	0	0				
31	DRAGARSKA-ORLEC	3	644		1	0	0				
32	PERNAT-BERTULČIĆI	3	358		2	3	1				
33	VRANA-BELEJ	3	486		1	3	0				
34	OSOR-PUNTA KRIŽA	3	245		2	0	1				
35	LOŠINJ	$\frac{3}{2}$	2,5	$\frac{83}{82}$	165		2	0	1		
36	UNIJE	2	229	229	2	0	1	0,01	1		
37	VELE SRAKANE	3	36		2	0	0				
38	SUSAK	$\frac{2}{3}$	2,62	$\frac{134}{217}$	351		3	0	1		
39	ILOVIK	3	127		2	0	0				
40	LOPAR - KAMPOR	$\frac{3}{1}$	2,38	$\frac{1385}{620}$	2014	295	3	0	1	0,05	2

5.2 Sortiranje lokacija primjenom metode ELECTRE TRI

Sve se lokacije (varijante) sortiraju u tri kategorije (C1 – dobre, C2 - srednje, C3 – loše lokacije) koje su definirane s dvije granice tzv. fiktivne varijante C 1/2 i C2/3 (tablica 4.).

Rezultati sortiranja provedenog metodom ELECTRE TRI za sve kombinacije kriterija (grupe) i težina kriterija prikazani su u tablici 5.

Tablica 4. Fiktivne varijante

Kriterij	Granica dobro/srednje C1/2	Granica srednje/loše C 2/3
K1	2,5	1,5
K2	150	1000
K2P	100	201
K3	1,5	2,5
K4	0,5	2,5
K5	0,5	1,5
K6	0,14	0,09
K7	1,5	2,5

Tablica 5. Rezultati sortiranja lokacija ELECTRE TRI metodom

Grupa kriterija	Kategorije		
	C1	C2	C3
A	2, 5, 12, 19, 22, 27, 40	3, 4, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 38	1, 8, 9, 10, 17, 26, 29, 30, 31, 37, 39
B	2, 7, 12, 19, 22, 27, 40	14, 36	-
C, D, E	2, 12, 19, 22, 27, 40	7, 14, 36	-

Iz rezultata sortiranja 40 potencijalnih lokacija po predefiniranim kategorijama prema grupi kriterija A može se uočiti da je u kategoriji dobrih lokacija sadržano 6 lokacija izabranih u Planu navodnjavanja PGŽ (2, 12, 19, 22, 27 i 40), u srednjoj kategoriji tri lokacije (7, 14 i 36), dok ih u lošoj kategoriji nema.

Provedeno je i sortiranje lokacija suženog skupa prema kombinaciji kriterija B, C, D i E. Može se uočiti da je, izuzev lokacije 7, dobiven isti rezultat za sve kombinacije kriterija i težina kriterija.

Primjenom metode sortiranja ELECTRE TRI izdvojene su lokacije pod brojem 2, 12, 19, 22, 27 i 40 kao lokacije na kojima treba prvenstveno pokrenuti navodnjavanje. Unutar tog skupa postupak izbora lokacije pilot-projekta može se nastaviti primjenom iste metode, ali uvođenjem većeg broja kategorija ili primjenom neke druge metode.

5.3 Rangiranje lokacija primjenom metode PROMETHEE

Rezultati rangiranja lokacija provedenog metodom PROMETHEE (II) za sve definirane kombinacije kriterija i težina kriterija prikazani su u tablicama 6. i 7.

Tablica 6. Rezultati rangiranja svih lokacija metodom PROMETHEE (grupa kriterija A)

Rang	Lokacije	Rang	Lokacije	Rang	Lokacije	Rang	Lokacije
1	2	11	35	21	16	31	1
2	22	12	23	22	24	32	10
3	40	13	5	23	28	33	31
4	12	14	20	24	18	34	39
5	38	15	19	25	6	35	37
6	27	16	14	26	25	36	8
7	36	17	3	27	33	37	9
8	11	18	4	28	13	38	26
9	7	19	15	29	17	39	30
10	32	20	34	30	21	40	29

Iz rezultata rangiranja 40 potencijalnih lokacija može se uočiti da su u prvih 16 rangova sadržane sve lokacije suženog skupa izabranog u Planu navodnjavanja Primorsko-goranske županije. Od toga je u prvih 9 rangova sadržana većina, i to redom lokacije br. 2, 22, 40, 12, 27, 36 i 7 među kojima se javljaju dvije lokacije (38 i 11) koje

se ne pojavljuju u suženom skupu iz Plana. Na nešto se lošijim rangovima nalaze lokacije 19 i 14.

Tablica 7. Rezultati rangiranja lokacija suženog skupa metodom PROMETHEE (grupe kriterija B, C, D i E)

Rang	Rangiranje lokacija po grupi kriterija					
	B	C	D (K7=1)	D (K7=2)	E (K7=1)	E (K7=2)
1	2	2	2	2	2	2
2	22	22	22	22	22	22
3	12	27	27	27	27	27
4	27	40	40	40	40	40
5	40	36	7	7	36	7
6	36	7	36	36	7	36
7	7	12	12	19	12	12
8	19	14	19	12	19	19
9	14	19	14	14	14	14

Rangiranje lokacija suženog skupa ističe lokaciju 2 kao najbolju i lokaciju 22 kao 2. po rangui. Osim za grupu kriterija B (gdje je na 3. rangui lokacija 12), za ostale grupe kriterija i različite težine kriterija K7 na 3. i 4. rangui nalaze se lokacije 27 i 40, dok su ostale (7, 12, 14, 19 i 36) različito raspoređene od 5. do 9. rangui i mogu se smatrati lošijim lokacijama.

5.4 Rangiranje lokacija primjenom metode AHP

Rezultati rangiranja lokacija provedenog metodom AHP za sve definirane kombinacije kriterija i težina kriterija prikazani su u tablicama 8. i 9.

Tablica 8. Rezultati rangiranja svih lokacija metodom AHP (grupa kriterija A)

Rang	Lokacije	Rang	Lokacije	Rang	Lokacije	Rang	Lokacije
1	2	11	19	21	25	31	1
2	12	12	36	22	28	32	37
3	22	13	5	23	34	33	39
4	27	14	14	24	6	34	10
5	40	15	20	25	18	35	31
6	7	16	35	26	33	36	8
7	23	17	4	27	13	37	9
8	32	18	15	28	17	38	26
9	11	19	16	29	3	39	29
10	38	20	24	30	21	40	30

Rangiranjem svih 40 potencijalnih lokacija metodom AHP na prvih 6 rangova ističu se lokacije izabrane Planom, i to redom 2, 12, 22, 27, 40 i 7 te na rangovima 11., 12. i 14. lokacije 19, 36 i 14. Stoga se može uočiti da su svih 9 lokacija užeg skupa iz Plana navodnjavanja PGŽ na prvih 14 rangova.

Rangiranjem 9 lokacija suženog skupa kao najbolja lokacija ističe se varijanta 2, a zatim varijanta 22 (osim za grupu kriterija C). Rezultati su prilično ujednačeni za grupe kriterija D i E, dok se rangiranje varijanata za grupe kriterija B i C razlikuje. Ta razlika proizlazi iz primjene kriterija K2P te ne uzimanja u obzir kriterija K6 i K7 u grupi kriterija B, te kriterija K6 (troškova) s težinom 2 u grupi kriterija B, dok grupe kriterija D i E uzimaju u obzir kriterij K7 (s težinom 1 i 2).

Tablica 9. Rezultati rangiranja lokacija suženog skupa AHP metodom (grupe kriterija B, C, D i E)

Rang	Rangiranje lokacija po grupi kriterija					
	B	C	D (K7=1)	D (K7=2)	E (K7=1)	E (K7=2)
1	2	2	2	2	2	2
2	22	36	22	22	22	22
3	12	22	27	27	27	27
4	36	40	7	7	7	7
5	40	27	40	40	40	19
6	27	7	19	19	12	40
7	7	12	36	36	19	12
8	19	19	12	12	36	36
9	14	14	14	14	14	14

6 Zaključak

U radu je prikazana metodologija određivanja prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova primjenom višekriterijske analize na primjeru izbora lokacije pilot-projekta navodnjavanja Primorsko-goranske županije. Prikazana je višekriterijska analiza potencijalnih lokacija za navodnjavanje, suženje skupa potencijalnih lokacija i konačan izbor lokacije za pilot-projekt proveden u usvojenom Planu navodnjavanja PGŽ, a zatim je, uz pripremu ulaznih podataka, prikazan izbor primjenom metode višekriterijskog sortiranja - ELECTRE TRI i metoda rangiranja - PROMETHEE i AHP.

Rezultati izbora povedenog u Planu navodnjavanja PGŽ-a i izbora provedenih odabranim metodama višekriterijskog

skog rangiranja, PROMETHEE i AHP, ističu lokaciju br. 2 Vinodolska dolina – Pavlomisir kao najpovoljniju lokaciju za realizaciju pilot-projekta. Lokacija 2 ističe se kao najpovoljnija lokacija primjenom metoda višekriterijskog rangiranja svih četrdeset potencijalnih lokacija, kao i devet lokacija suženog skupa (izabranih u Planu). Primjenom različitih grupa kriterija i težina kriterija analizirana je osjetljivost izbora koja je pokazala da je lokacija 2 u svakoj kombinaciji najpovoljnija.

Metoda višekriterijskog sortiranja ELECTRE TRI između svih četrdeset potencijalnih lokacija, kao i devet lokacija suženog skupa definiranih u Planu, izdvaja lokacije 2, 12, 19, 22, 27 i 40 kao lokacije na kojima bi trebalo prvenstveno realizirati navodnjavanje (sortira ih u kategoriju C1) i to za sve kombinacije kriterija i težina kriterija. Unutar tog skupa konačan izbor lokacije pilot projekta treba provesti primjenom neke druge metode ili uvođenjem više kategorija u koje bi se rješenja sortirala.

Analizom rezultata primjene metoda višekriterijske analize na problematici izbora najpovoljnije lokacije za provođenje pilot-projekta navodnjavanja Primorsko-goranske županije potvrđuje se primjerenost odabranih metoda kao pomoć odnosno podrška u procesu određivanja prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova.

LITERATURA

- [1] Margeta, J.: *Osnove gospodarenja vodama*, Građevinski fakultet, Split, 1992.
- [2] Đorđević, B.: *Vodoprivredni sustavi*. Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [3] Opricović, S.: *Višekriterijumska optimizacija*, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [4] Triantaphyllou, E.: *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2000.
- [5] *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 78, Springer, New York, 2005.
- [6] Karleuša, B.: *Primjena postupaka višekriterijske optimalizacije u gospodarenju vodama - magistarski rad*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.
- [7] Hajkowicz, S.; Collins, K.: *A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management*, Water Resources Management 21(2007) 9, 1553-1566.
- [8] Hajkowicz, S.; Higgins, A.: *A comparison of multi-criteria analysis techniques for water management*, European journal of operational research, 184 (2008), 255-265.
- [9] Mendoza, G.A.; Martins, H.: *Multi-criteria analysis in natural resources management: A review of methods and modelling paradigms*, Forest ecology and management, 230 (2006), 1-22.
- [10] Raju, K.S.; Pillai, C.R.S.: *Multi-criterion decision making in river basin planning and development*, European Journal of Operational Research, 112 (1999), 249-257.
- [11] Paneque Salgado, P.; Corral Quintana, S.; Guirades Pereira, A.; del Moral Ituarte, L.; Pedregal Mateos, B.: *Participative multi-criteria analysis for the evaluation of water governance alternatives. A case in the Costa del Sol (Malaga)*, Ecological economics 68 (2009), 990-1005.
- [12] Duckstein, L.; Treichel, W.; El Magnouni, S.: *Ranking Groundwater Management Alternatives by Multi-criterion Analysis*, Journal of Water Resources Planning and Management, 120 (1994) 4, 546-565.
- [13] Al-Kloub, B.; Al-shemmeri, T.; Pearman, A.: *The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan*, European Journal of operational research, 99 (1997), 278-288.
- [14] Raju, K.S.; Pillai, C.R.S.: *Multicriterion decision making in performance evaluation of an irrigation system*, European Journal of Operational Research, 112 (1999), 479-488.
- [15] Karleuša, B.; Beraković, B.; Ožanić, N.: *Primjena ELECTRE TRI metode na izbor varijante navodnjavanja*, Građevinar 57 (2005) 1, 21-28.
- [16] Cordeiro Netto, O.; Parent, E.; Duckstein, L.: *Multicriterion Design of Long-Term Water Supply in Southern France*, Journal of Water Resources Planning and Management, 122 (1996) 6, 403-413.
- [17] Srđević, B.; Jandrić, Z.; Potkonjak, S.: *Vrednovanje alternativa korištenja akumulacije pomoću analitičkog hijerarhijskog procesa*, Jugoslavenski časopis: Vodoprivreda, 32 (2000), 237-242.

- [18] Afify, A.: *Prioritizing desalination strategies using multi-criteria decision analysis*, Desalination, 250 (2010), 928-935.
- [19] Riel, P.; Leblanc, D.: *Multicriterion Selection of Wastewater Management Alternatives*, Journal of Water Resources Planning and Management, 115 (1989) 5, 711-713.
- [20] Margeta, J.: *Izbor optimalnog rješenja dispozicije otpadnih voda Poljičke rivijere*, Vodoprivreda, 18 (1986), 79-87.
- [21] Margeta, J.; Andričević, R.; Mladineo, N.: *Višekriterijalno rangiranje potencijalnih lokacija za male hidroelektrane*, Naše građevinarstvo, 40 (1986), 34-38.
- [22] Margeta, J.; Mladineo, N.; Petrićec, M.: *Višekriterijsko rangiranje lokacija za male hidroelektrane*, Građevinar 39 (1987), 239-244.
- [23] Mousseau, V.; Slowinski, R.: *Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples*, Journal of Global Optimization 12 (1998) 2, 157-174.
- [24] Mousseau, V.; Slowinski, R.; Zielniewicz, P.: *ELECTRE TRI 2.0 a Methodological Guide and User's Manual*, Université Paris-Dauphine-Paris-Francuska i Poznan University of Technology-Piotrowo-Poljska, 1998.
- [25] Roy, B.; Vincke, P.; Mareschal, B.: *How to select and how to rank project: The PROMETHEE method*, European Journal of Operational Research 24 (1981), 228- 238.
- [26] Brans, J. P.; Vincke, Ph.: *Preference Ranking Organization Method: The Promethee Method for MCDM*, Management Science 31 (1985) 6, 647-656.
- [27] Saaty, T. L.: *The Analytic Hierarchy Process*, drugo izdanje, RWS Publications, Pittsburg, 1996.
- [28] Saaty, T. L.: *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*, RWS Publications, Pittsburg, 1994.
- [29] <http://www.expertchoice.com/> (15.06.2009.)
- [30] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci: *Plan navodnjavanja Primorsko-goranske županije*, lipanj 2006.