

mag. Andrej KRYŽANOWSKI*
asist. Anja HORVAT*
prof. dr. Mitja BRILLY*

MOŽNOSTI IZKORIŠČANJA ENERGETSKEGAPOTENCIALA V SLOVENIJI

UVOD

V Sloveniji so energetsko najpomembnejša porečja velikih vodotokov: Drave, Save, Soče in Mure, ki se napajajo predvsem iz alpskega pogorja. Ob tem pa je tudi možna energetska raba na manjših vodotokih predalpskega področja. Hidrološke značilnosti slovenskih rek so zelo različne: Drava in Mura imata snežni režim; Sava in Soča snežno-dežni režim; pri ostalih manjših vodotokih predalpskega področja pa prevladuje dežni režim. Delež izkoriščenosti je po glavnih vodotokih naslednji: Drava 98%, Soča 34% in Sava 18% (prevladujejo pretežno velike HE), pri manjših vodotokih pa je izrabljenega 25% potenciala, pretežno z malimi HE. Energetski bruto potencial slovenskih vodotokov je ocenjen na 19.440 GWh/leto. Od tega je tehnično izkoristljivega potenciala 9.145 GWh/leto, ekonomsko pa je možno izkoristiti med 7.000 in 8.500 GWh/leto. Trenutno je izkoriščenih 4.115 GWh/leto, kar predstavlja 45% celotnega tehničnega razpoložljivega potenciala. V elektroenergetski bilanci Slovenije predstavljajo hidroelektrarne dobro tretjino vse energetske proizvodnje. Signifikantna pa je vloga hidroelektrarn pri prevzemu sistemskih storitev.

Trenutno poteka v Sloveniji intenzivni investicijski cikel izgradnje energetskih kapacitet, pri čemer predstavlja gradnja hidroelektrarn prioriteto. Najbolj intenzivna je gradnja energetske verige na reki Savi, kjer sta načrtovani verigi HE: na odseku spodnje Save s šestimi stopnjami in na odseku srednje Save z desetimi stopnjami. Skupni potencial verige HE na Savi po izgradnji bo dobrih 2.200 GWh/leto. Veriga HE na Savi bo predvidoma zgrajena v roku 20 let. Na gornjem toku reke Mure je načrtovanih šest HE z načrtovanim potencialom 600 GWh/leto, ki bodo predvidoma zgrajene v roku 20 let. Glede na potrebe energetskega sistema po sistemskih storitvah so načrtovane tudi črpalne HE – od teh je prva, kapacitete 180MW v gradnji, druge so pa v načrtovanju. Skladno s strateškimi plani je predvideno, da se dolgoročno delež proizvedene električne energije v celotni energetski bilanci dvigne na 40%.

REČNI REŽIM

Voda je edini naravni vir, ki ga, v sicer surovinski osiromašeni Sloveniji, premoremo v obilju. Skupna dolžina vseh vodotokov znaša 26.000 km, kar predstavlja skoraj 1.300 m vodotokov na 1 km² ozemlja. V povprečju pade 1.589 mm padavin na leto, kar znaša v celotni letni količini 32,2 km³ vode. Od letne količine vode jo odteče 18,7 km³ (58 %) in izhlapi 13,5 km³ (42 %). Manjši del vode, količine 350 hm³, kar predstavlja slabih 2% letne količine, je namenjen za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, namakanje kmetijskih površin in industrijske potrebe. Celotno zbirno območje vseh vodotokov, ki prečkajo državne meje in tečejo preko Slovenije, obsega površino 43.274 km². Letna količina vode iz celotnega vodo zbirnega območja znaša 33,9 km³, od tega ima količina 15,2 km³ izvor izven državnih meja. Upoštevajoč podatek o celotni letni količini vode, ki se pretoči v vodotokih, znaša srednji letni pretok 1.072 m³/s s tem, da obsega tako imenovani tranzit 480 m³/s. Primerjano na število prebivalcev znaša letna količina 17.000 m³ vode na prebivalca, kar uvršča Slovenijo v Evropi po vodnem bogastvu v sam vrh, takoj za Švico in Norveško.

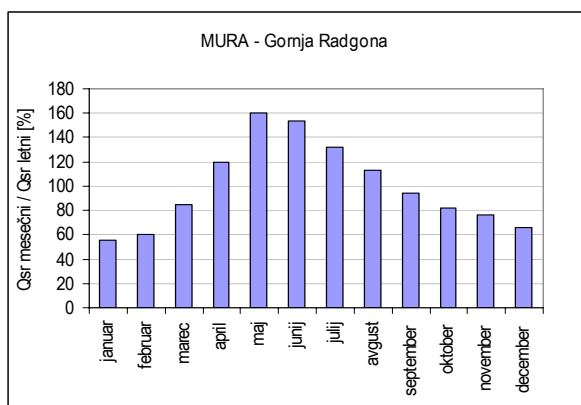
Energetsko najpomembnejša porečja velikih vodotokov: Drave, Save, Soče in Mure se napajajo predvsem iz alpskega pogorja. Energetska raba je možna tudi na manjših vodotokih predalpskega

* mag. Andrej KRYŽANOWSKI, univ. dipl. inž. gradb., *Anja HORVAT, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., *prof. dr. Mitja BRILLY, univ. dipl. inž. gradb., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Hajdrihova 28, Ljubljana.

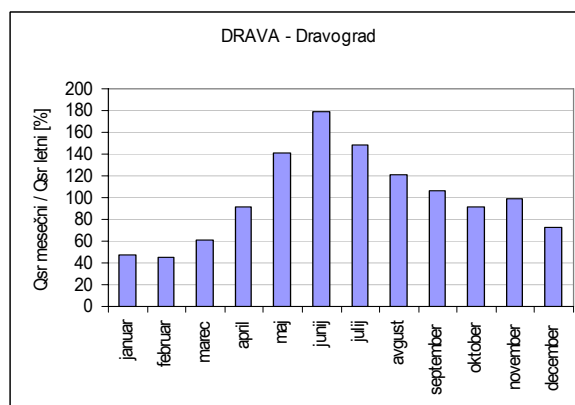
področja. Hidrološke značilnosti slovenskih rek so zelo različne. Drava in Mura imata snežni režim, za katerega so značilni visoki vodostaji poleti in nizki pozimi. Na vodotokih visokogorskega sveta in njihovega neposrednega predgorja (reke Sava, Soča in Savinja v zgornjem toku), prevladuje snežno-dežni režim, z izrazitimi visokimi vodostaji spomladi in malo manj izrazitimi jeseni ter nizkimi poleti in pozimi.

Za vodotoke iz predalpskega območja in spodnjega toka Save in Soče pa je prevladujoč dežni-snežni režim, z značilnimi visokimi vodostaji v jesenskem in pomladanskem obdobju. S hidrološkega vidika se karakteristike vodotokov v Sloveniji dopolnjujejo in omogočajo, v smislu energetske izrabe, sorazmerno dobro izravnavo skozi vse leto.

Reki Mura in Drava imata snežni rečni režim. Zanj sta značilna po en maksimum in minimum (*sliki 1. in 2.*). Minimum nastopi v času zimskih nizkih voda (januar, februar) in je predvsem posledica snežnega zadržka (retinence). Ta je povezan z visokogorjem v prispevnem zaledju, kjer se zimske padavine nabirajo in obležijo kot sneg do pomladi. Nižek padavin sočasno sovпада z minimalno evapotranspiracijo. Nadpovprečne vode nastopijo aprila in dosežejo maksimum v pozni pomladi (maj) ter ostajajo take vse do julija, ko se na večini slovenskih rek že kažejo značilnosti poletnega sušnega obdobja. Drava in Mura imata torej največ vode maja in junija, najmanj pa pozimi. To je zelo ugodno za hidroenergetsko izrabo, saj številnim drugim rekam v poletnem času vode primanjkuje.

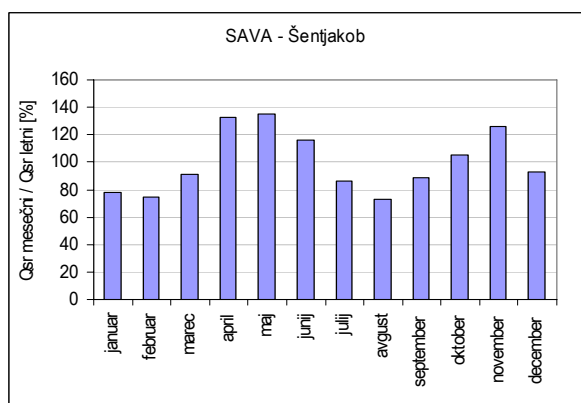


Slika 1: Rečni režim - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 za Muro na VP Gornja Radgona.

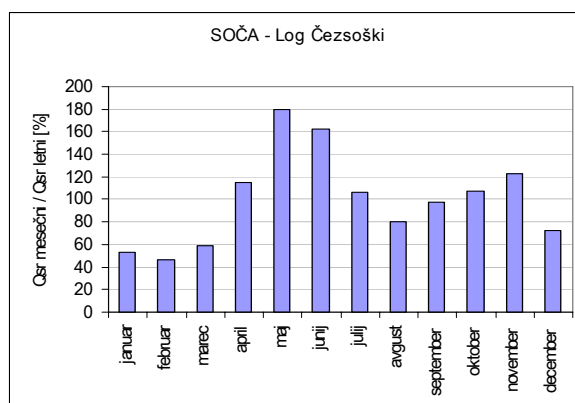


Slika 2: Rečni režim - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 za Dravo na VP Dravograd.

Vodotoki visokogorskega sveta Slovenije (Julijske Alpe, Karavanke) in njihovega neposrednega predgorja imajo snežno-dežni režim. Snežno-dežni režim je torej prisoten na Savi do sotočja z Ljubljano in na Soči do sotočja z Idrijco. Pri dinamiki razporeditve odtoka sta značilna dva viška in dva nižka. Primarni višek nastopi v pozni pomladi, praviloma maja ali celo junija. Sekundarni porast v novembru ga kljub poudarjenosti ne doseže. Primarni nižek je pozimi in traja od decembra do marca, z nižkom januarja ali februarja ter je nižji od poletne nizke vode (*sliki 3. in 4.*).



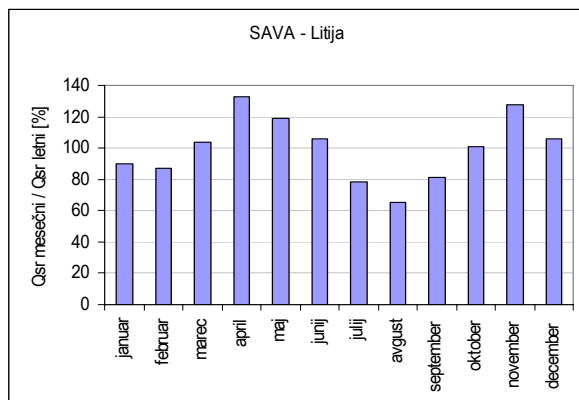
Slika 3: Rečni režim - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 za Savo na VP Šentjakob.



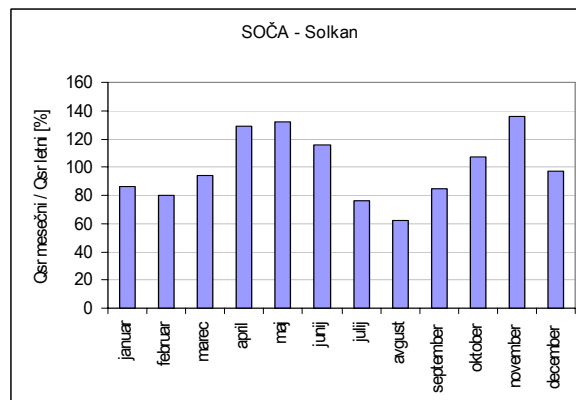
Slika 4: Rečni režimi - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 Sočo na VP Log Čezsoški.

Na spodnjem toku Save in Soče, ko se napajata iz predalpskega hribovja, prevladuje pretežno dežno-snežni režim. Osnovne poteze dežno-snežnega režima so v primarnem višku, ki običajno nastopi aprila, lahko pa v marcu ali celo v maju. Sekundarni višek je vedno v novembru, ki sega še v

december. Primarni nižek nastopi poleti, običajno avgusta, redkeje septembra. Sekundarni nižek je pozimi, ne traja dolgo in je večji od poletnega. Sava ima v spodnjem toku (*slika 5*) kontinentalno varianto dežno-snežnega režima za katero je značilno, da je sekundarni višek manj izrazit, a se doba najnižje poletne vode lahko zavleče tudi v september. Soča v spodnjem toku (*slika 6*) ima mediteransko varianto dežno-snežnega režima, kjer se običajno jesenski maksimum združi z marčno-aprilskim ali se mu povsem približa ali pa ga celo malenkostno preseže. Soča je sicer izrazito alpska reka, vendar se mediteranskemu režimu približa očitno zaradi vpliva njenih pritokov, predvsem Idrijce.



Slika 5: Rečni režim - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 za Savo na VP Litija.



Slika 6: Rečni režim - moduli odtoka za obdobje 1961-1990 za Sočo na VP Solkan.

Iz prikazanih podatkov lahko zaključimo, da imata v Sloveniji le dve reki en sam enostavni režim (snežni), to sta Mura in Drava (*Preglednica 1*). Pri drugih rekah prihaja do zapletenih nivalnih in plavalnih (padavinskih) vplivov zaradi različnih klimatskih področij. Večina slovenskih rek ima kombinirane rečne režime, saj nanje vplivajo tako jesenska deževja, kot taljenje snega. Tako ima Sava, npr. pri Radovljici, snežno-dežni režim, v Krškem pa preide že v dežno-snežnega; to pomeni, da v spodnjem toku Save v Sloveniji na rečni režim bolj vpliva jesensko deževje, kot spomladansko taljenje snega. Rečni režimi se spreminjajo torej tudi vzdolž rečnega toka.

Preglednica 1: Rečni režimi določeni na podlagi 30-letnih meritev (1961-1990).

vodotok	vodomerne postaja (VP)	modul odtoka [%]												rečni režim
		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sept	okt	nov	dec	
MURA	Gornja Radgona	56	60	85	120	160	154	132	113	94	82	76	66	snežni
DRAVA	Dravograd	47	46	61	91	141	179	148	122	106	91	99	72	snežni
	Radovljica	60	55	71	129	165	137	98	80	96	108	120	80	snežno dežni
SAVA	Šentjakob	78	75	91	133	135	116	86	73	89	105	126	93	snežno dežni
	Litija	90	87	104	133	119	106	78	65	81	101	128	106	dežno snežni - kontinentalni
LJUBLJANICA	Moste	108	105	126	140	95	89	62	50	71	98	131	126	dežno snežni - kontinentalni
SAVINJA	Laško	85	87	113	138	112	105	85	67	79	104	125	103	dežno snežni - kontinentalni
	KRKA Podbočje	88	103	138	148	95	89	71	56	73	97	126	118	dežno snežni - kontinentalni
	Log Čezsoški	53	46	59	115	180	162	106	80	98	107	123	72	snežno dežni
SOČA	Solkan	86	80	94	129	132	116	76	62	85	107	136	97	dežno snežni - kontinentalni
IDRIJCA	Podroteja I	112	98	128	138	81	79	58	54	78	110	150	116	dežno snežni - kontinentalni

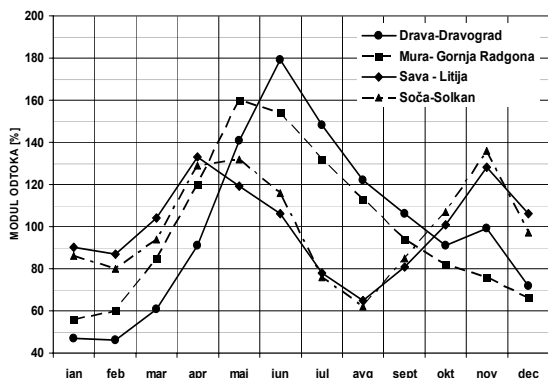
vodotok	vodomerne postaja (VP)	srednji mesečni pretok [m ³ /s]												rečni režim
		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sept	okt	nov	dec	
MURA	Gornja Radgona	87	91	126	182	251	221	204	157	144	146	125	106	snežni
DRAVA	Dravograd	125	120	160	240	370	470	390	320	280	240	260	190	snežni
SAVA	Litija	140	130	151	202	183	163	124	92	122	192	215	180	dežno snežni - kontinentalni
SOČA	Solkan	77	65	74	111	116	102	70	48	73	119	129	95	dežno snežni - kontinentalni
SKUPAJ		428	405	511	735	920	957	788	617	619	697	729	571	

Karakteristike režima odtoka, primerjane s srednjim letnim pretokom so razvidne iz *slike 7*. Pri Dravi in Muri nastopi izrazit maksimum v poznem spomladanskem oz. zgodnjem poletnem obdobju, ko je pretok odvisen od taljenja snežne odeje v zaledju. Po doseženem maksimumu je zaznaven enakomerni upad, ki doseže svoj minimum v zimskem času, ko so vodne količine v zaledju pretežno akumulirane v snežni odeji. Pri Soči in Savi sta zaznavna dva maksimuma: prvi, v spomladanskem obdobju, kot posledica taljenja snežne odeje v zaledju in drugi, v jesenskem obdobju, kot posledica običajnega deževnega obdobja v jesenskem času.

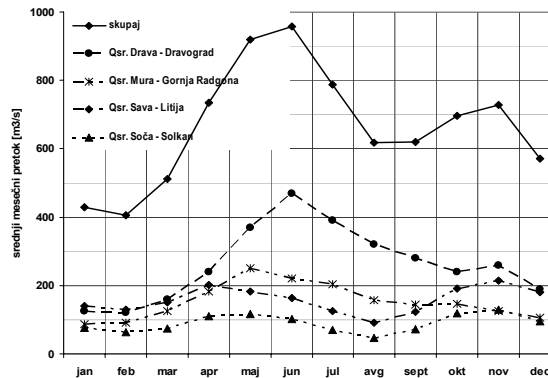
Maksimuma na Soči in, še izraziteje, na Savi se pojavita dober mesec pred nastopom maksimuma Drave in Mure. Zamik pojava visokih voda zaradi taljenja snežne odeje je povezan s klimatskimi

razmerami v visokogorju in je v prispevnem področju Mure in Drave bistveno bolj značilen od Soče in Save. Na zamik pojava spomladanskega maksimuma Mure in Drave pa tudi ni zanemarljiv vpliv polnjenja sezonskih akumulacij v prispevnem področju. Zaradi večjih vodnih količin, ki so vezane s snežno odejo v zaledju, je trajanje visokovodnega odtočnega režima Soče, primerjano z reko Savo, v pomladanskem in zgodnjem poletnem času nekoliko daljše.

Jesenski odtočni maksimum na Soči in Savi je posledica pojava jesenskih deževij in je na obeh vodotokih praktično enak, ali še višji spomladanskemu maksimumu. Pretočne količine Drave in izraziteje Mure so v upadu. Na Dravi je zaznaven rahel dvig pretokov v jesenskem času, vendar ne toliko izrazit kot pri Savi in Soči.



Slika 7: Prikaz razmerja odtokov slovenskih vodotokov na osnovi 30-letnih meritev (1961-1990)



Slika 8: Prikaz srednjih mesečnih pretokov slovenskih vodotokov na osnovi 30-letnih meritev (1961-1990)

Kakor je razvidno iz *slike 8*, se s hidrološkega vidika karakteristike vodotokov v Sloveniji dopolnjujejo. V poletnem obdobju, ko dosejata Soča in Sava letni minimum pretoka, sta Mura in, še posebej, Drava nadpovprečno vodnati in zagotavljata kompenzacijo primanjkljaja energetske proizvodnje v sušnem režimu obratovanja Save in Soče. Nasprotno, pa sta Soča in, še posebej, Sava v ostalem letnem obdobju, v jesenskem in zimskem času, relativno bolj vodnati od Drave in Mure, kar prispeva k boljši izravnavi letne bilance hidro proizvodnje. Še posebej je navedeno razvidno iz prikaza sumarnega pregleda razporeditve pretokov slovenskih vodotokov skozi vse leto. Izrazit minimum nastopi le v zimskem času, v preostalem letnem obdobju so pretoki sorazmerno dobro izravnani in omogočajo dobro izravnavo v smislu energetske izrabe skozi vse leto.

ENERGETSKI POTENCIAL VODOTOKOV V SLOVENIJI

Delež energetske izkoriščenosti se od porečja do porečja spreminja (*Preglednica 2*). Od velikih vodotokov je energetsko najbolj izkoriščena reka Drava (98%), sledi Soča (34%), najmanj Sava (18%); energetska izkoriščenost reke Mure je praktično zanemarljiva (<1%); potencial vodotokov izrabljen z malimi hidroelektrarnami obsega 25,5% delež. V strukturi bruto energetske proizvodnje predstavljajo hidroelektrarne 30% delež proizvodnje (od tega: javne elektrarne 25% in elektrarne v samoproizvodnji 5%); termoelektrarne 70% delež proizvodnje (od tega: javne elektrarne 35% in jedrska elektrarna 35%). V strukturi celokupne porabe energije v Sloveniji znaša delež električne energije okoli 20%. V okviru elektro energetskega sistema igrajo hidroelektrarne pomembno vlogo pri prevzemu sistemskih storitev, predvsem pri primarni in sekundarni regulaciji.

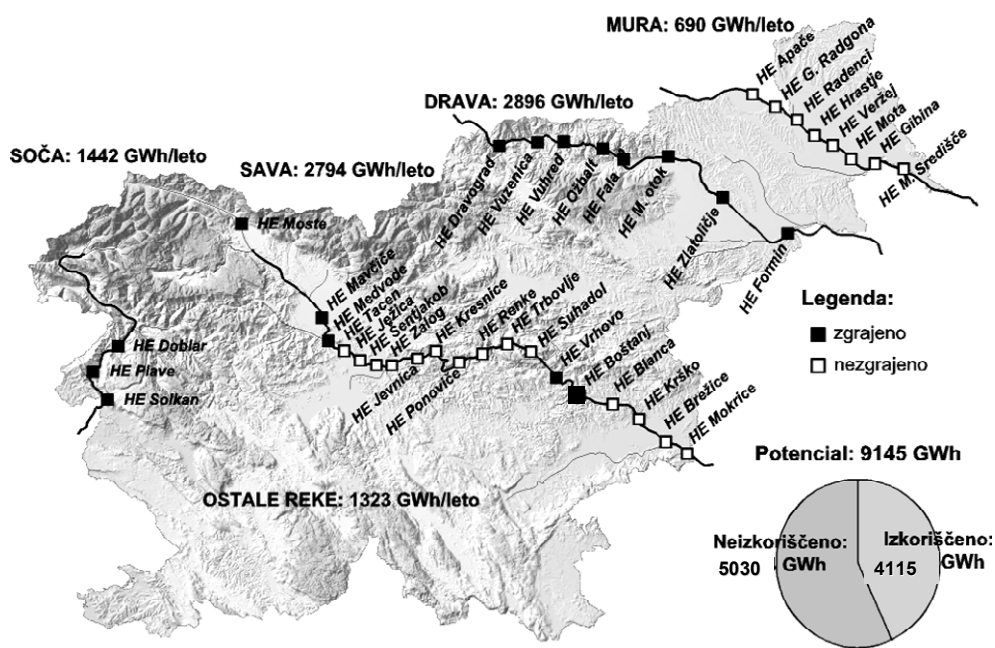
Preglednica 2: Ocena energetskega potenciala vodotokov v Sloveniji.

VODOTOK	BRUTO POTENCIAL	TEHNIČNO IZKORISTLJIV POTENCIAL	IZRABLJEN POTENCIAL	DELEŽ ENERGETSKE IZRABE
	[GWh/leto]	[GWh/leto]	[GWh/leto]	[%]
Sava z Ljubljano	4.134	2.794	502	18,0
Drava	4.301	2.896	2.833	97,8
Soča z idrijco	2.417	1.442	491	34,0
Mura	928	690	5	0,7
Kolpa	310	209	0	0,0
ostali vodotoki	7.350	1.114	284	25,5
skupaj	19.440	9.145	4.115	45,0

Skupni bruto potencial vseh vodotokov je ocenjen na 19.440 GWh na leto; od tega je možno – z upoštevanjem možnosti energetske izrabe, izkoristiti 9.145 GWh na leto, kar predstavlja tehnično izkoristljivi potencial, ki ga je možno izrabiti na 122 potencialnih energetskih lokacijah (nad 0,5 MW moči). Z upoštevanjem deleža še neizrabljenega potenciala malih in mikro HE, v višini 830 GWh (evidentiranih je okoli 650 možnih lokacij), pa se tehnični izkoristljivi potencial poveča na slabih 10.000 GWh na leto. Od tega je kot okoljsko sprejemljivih ocenjenih 200-300 lokacij malih in mikro HE, s proizvodnjo 450 GWh in instalirano močjo 100 MW. Pri tem je potrebno omeniti, da male HE v vsakem elektro energetskem sistemu predstavljajo le dopolnilni vir energije brez možnosti pokrivanja porabe v konicah, rezerve ali sodelovanja pri regulaciji frekvence.

Iz *slike 9*, ki je povzeta po strokovnih podlagah k predlogu Nacionalnega energetskega programa, je razvidno trenutno stanje izrabe hidroenergetskega potenciala v Sloveniji na glavnih vodotokih, vključno s potencialnimi energetskimi lokacijami. Trenutno stanje izkoriščenosti je naslednje:

Reka Drava Na reki Dravi, ki je energetsko najpomembnejši vodotok v Sloveniji, trenutno obratuje sklenjena veriga 8 hidroelektrarn (Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbalt, Fala, Mariborski otok, Zlatoličje in Formin) z instalirano močjo 600 MW in srednjo letno proizvedeno energijo 2.833 GWh. V prihodnjem letu bo zaključena obsežna prenova hidroelektrarn na Dravi, ki je obsegala zamenjavo vse zastarele elektro-strojne opreme, s čimer so dosežene bistveno boljše energetske obratovalne karakteristike. V celotni hidroproizvodnji v Sloveniji znaša delež dravskih elektrarn slabih 70%. Reka Drava je mejna reka, zaradi česar je režim obratovanja verige hidroelektrarn usklajen z obratovanjem verige na avstrijski strani v dnevnem pretočno akumulacijskem režimu. Obratovanje poteka po načelu pretočne akumulacije z zagotavljanjem sposobnosti proizvodnje vršne energije in regulacijske moči.



Slika 9. Potenciali in možnih lokacij HE na glavnih vodotokih (Foreniti, 2002)

Reka Sava Na porečju reke Save, ki je energetsko primerljiva s porečjem Drave, trenutno obratuje 5 velikih hidroelektrarn (HE Moste/Završnica, HE Mavčiče, HE Medvode, HE Vrholovo, HE Boštanj) s skupno instalirano močjo 147 MW in povprečno letno proizvodnjo 502 GWh, kar predstavlja 18% tehničnega izkoristljivega energetskega potenciala reke Save. Hidroelektrarne na reki Savi obratujejo pretežno v dnevnem pretočno akumulacijskem režimu z zagotavljanjem proizvodnje vršne energije in regulacijske moči.

Reka Soča Na reki Soči trenutno obratujejo 3 velike hidroelektrarne s skupno močjo 142 MW in 491 GWh srednje letne proizvodnje, kar predstavlja približno eno tretjino tehničnega izkoristljivega energetskega potenciala. Z zaključkom doinstalacije HE Doblar in HE Plave v letu 2003 elektrarne na Soči zagotavljajo tudi potrebe po sistemskih storitvah. Za razliko od ostalih vodotokov je večji del reke Soče s svojimi pritoki opredeljene kot posebna naravovarstvena vrednota nacionalnega pomena, kar pomeni velike ovire pri načrtovanju energetske rabe.

Reka Mura je energetsko praktično še neizkoriščena. Trenutno obratuje mHE Ceršak, z instalirano močjo 0,67 MW in srednjo proizvodnjo 4,7 GWh letno, kot edina hidroelektrarna na slovenskem delu Mure. Razvojni potencial reke Mure je, takoj za reko Savo, še najbolj perspektiven. Zaradi velike naravovarstvene vrednosti toka reke Mure pa obstaja še veliko odprtih vprašanj glede izvedljivosti načrtovane energetske izrabe.

Razvojne možnosti

V vseh strateških razvojnih načrtih energetike v Sloveniji je osnovni cilj povečanje izkoriščenost razpoložljivega hidroenergetskega potenciala s sedanjih 45% na 64% do leta 2020 in povečati delež le-tega v energetske bilanci z namenom, da bi:

zmanjšali potrebo po uvozu energije in ohranili energetsko neodvisnost ter povečali zanesljivost oskrbe z energijo;

povečali proizvodnjo energije iz obnovljivih virov in na najučinkovitejši in ekonomsko najbolj sprejemljiv način izpolnili obveznosti Slovenije iz Kyotskega protokola;

izpolnili obveznosti znotraj evropske interkonekcije - UCTE in v okvirih povezovanja z elektroenergetskimi sistemi jugovzhodne Evrope;

graditev hidroelektrarn pozitivno vplivala tudi na druga področja družbenega in gospodarskega razvoja Slovenije (razrešitev vprašanja infrastrukturnih ureditev, povečanje konkurenčnosti slovenskega gospodarstva).

Na *sliki 10* je prikazan razvoj izgradnje energetske kapacitete, skladno z upoštevanjem razvojnih možnosti izrabe energetskega potenciala slovenskih vodotokov. Stanje v izhodiščnem letu 2008 je naslednje: trenutno obratuje 16 velikih hidroelektrarn s skupno instalirano močjo 889 MW in srednjo letno proizvodnjo 3.826 GWh. Z upoštevanjem proizvodnje malih hidroelektrarn znaša srednja letna proizvodnja vseh hidro kapacitet 4.115 GWh. V nadaljnjih prognozah nismo upoštevali povečanja deleža proizvodnje malih hidroelektrarn, ker predvsem zaradi naravovarstvenih razlogov nadaljnji razvoj širitve kapacitet ni mogoče natančneje opredeliti.

Prvi ključni mejnik predstavlja leto 2015, ko bodo zaključeni projekti I. prioritete, ki so trenutno v gradnji oz. načrtovanju (**preglednica 3**):

Na **reki Savi** so v gradnji oz. načrtovanju 4 energetske stopnje z instalirano močjo 154 MW in povprečno letno proizvodnjo 626 GWh: projekt HE Blanca je v fazi vgradnje elektro-strojne opreme in bo zaključen v letu 2009; projekt HE Krško je v fazi gradnje jezovne zgradbe in bo zaključen predvidoma leta 2012; projekta HE Brežice in HE Mokrice sta v fazi umeščanja v okolje in prostor. Končni rok za dograditev HE na spodnji Savi je predviden v letu 2015. Z dograditvijo celotne verige hidroelektrarn na spodnji Savi bo pridobljenih skupno 210 MW instalirane moči s povprečno letno proizvodnjo 903 GWh, pretežno vršne energije in regulacijske moči.

Na povodju **reke Soče** poteka gradnja prve črpalne hidroelektrarne v Sloveniji, čHE Avče z instalirano močjo 180 MW in srednjo letno proizvodnjo 426 GWh v turbinskem in 553 GWh v črpalnem režimu. ČHE Avče bo zaključena v letu 2009 in bo z vključitvijo v elektroenergetski sistem opravljala vlogo sistemske elektrarne z zagotavljanjem rezerve moči ter proizvodnjo vršne energije in regulacijske moči.

Na povodju **reke Drave** poteka priprava gradnje ČHE Kozjak, z instalirano močjo 440 MW in srednjo letno proizvodnjo 860 GWh v turbinskem režimu. ČHE Kozjak bo izgrajena predvidoma do leta 2013 in bo namenjena zagotavljanju sistemskih storitev (rezerva moči, proizvodnja vršne energije in regulacijske moči).

Preglednica 3: Projekti I. prioritete, ki so v realizaciji.

LOKACIJA	INSTALIRAN PRETOK [m ³ /s]	BRUTO PADEC [m]	INSTALIRANA MOČ [MW]	SREDNJA LETNA PROIZVODNJA [GWh]	PREDVIDENO LETO IZGRADNJE
POVODJE REKE SAVE					
HE BLANCA	500	10,7	42,5	181,0	2009
HE KRŠKO	500	9,9	39,5	149,0	2012
HE BREŽICE	500	10,4	41,5	161,0	2014
HE MOKRICE	500	7,5	30,5	135,0	2015
SKUPAJ SAVA:			154,0	626,0	
POVODJE REKE SOČE					
ČHE AVČE	40	521,0	180,0		2009
SKUPAJ SOČA:			180,0		
POVODJE REKE DRAVE					
ČHE KOZJAK	48	713,2	440,0		2013
SKUPAJ DRAVA:			440,0		

V obdobju do leta 2015 bodo pričeti projekti II. prioritete, ki so trenutno v načrtovanju in za katere so bili že izdani oz. je v teku priprava postopkov za izdajo upravnih dovoljenj za gradnjo/koncesij ter bodo predvidoma v celoti zaključeni do leta 2030 (**preglednica 4**):

Na **gornjem toku reke Save** je do leta 2015 predvidena doinstalacija akumulacijske HE Moste, s povečanjem instalirane moči, s sedanjih 16,5 MW na 42 MW in izgradnja kompenzacijskega bazena, s ciljem, zagotoviti rezervo moči v sistemu in proizvodnjo vršne energije. Na HE Medvode je predvidena doinstalacija z dograditvijo dodatnega agregata, s čimer bo omogočeno obratovanje elektrarne v taktu z gorvodno ležečo HE Mavčiče. Z doinstalacijo HE Medvode v letu 2013 bosta elektrarni prevzeli vlogo čelnih elektrarn verige hidroelektrarn na Savi. Z doinstalacijo hidroelektrarn na zgornji Savi bo pridobljenih dodatnih 50 MW moči, kar pomeni tudi za dobrih 45 GWh večjo letno proizvodnjo.

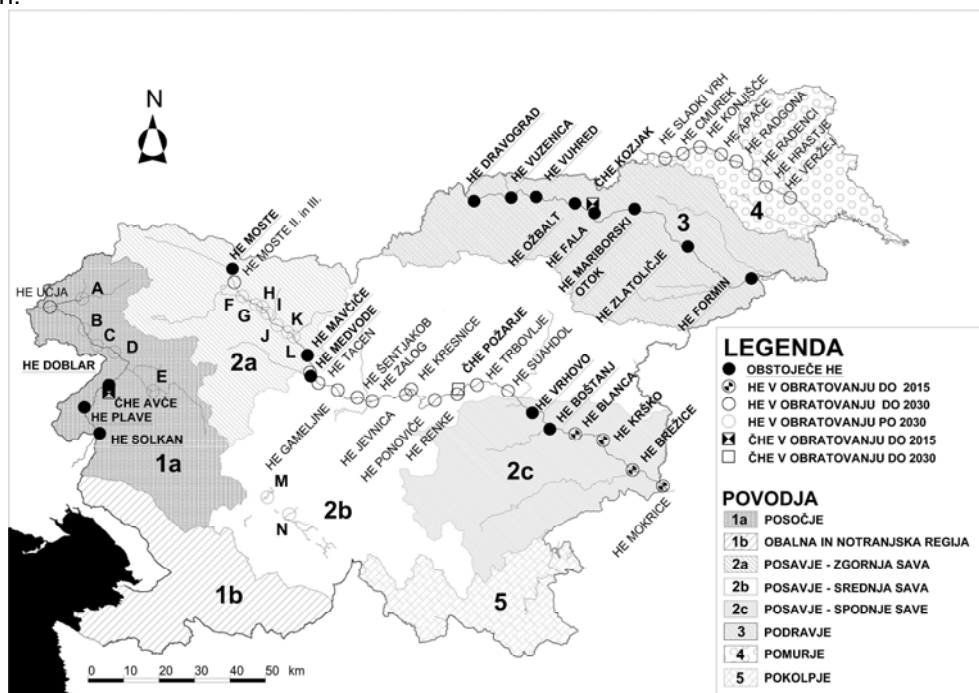
Na **srednjem toku reke Save** je načrtovana izgradnja sklenjene verige desetih hidroelektrarn, za katero je razpisana koncesija za izkoriščanje energetskega potenciala. Postopek podelitve koncesije bo predvidoma zaključen v letu 2009. Gradnja verige na Srednji Savi bo trajala 20 let in bo, s sklenitvijo celotne energetske verige, zaključena v letu 2028. Z dograditvijo verige hidroelektrarn na srednji Savi bo pridobljenih skupno 338,8 MW instalirane moči s povprečno letno proizvodnjo 1.029 GWh. Po izgradnji odseka na srednji Savi in dograditvi črpalne elektrarne Požarje v letu 2030, z instalirano močjo 200 MW, bo celotna veriga hidroelektrarn na Savi obsegala 20 energetskih objektov (19 hidroelektrarn in eno črpalno elektrarno), s skupno inštalirano močjo 890 MW (vključno s ČHE Požarje) in srednje letno proizvodnjo 2.200 GWh, s čimer se bo delež izkoriščenosti energetskega potenciala reke Save povečal na 79%.

Preglednica 4: Projekti II. prioritete, ki so v načrtovanju.

LOKACIJA	INSTALIRAN PRETOK [m ³ /s]	BRUTO PADEC [m]	INSTALIRANA MOČ [MW]	SREDNJA LETNA PROIZVODNJA [GWh]	PREDVIDENO LETO IZGRADNJE
POVODJE REKE SAVE					
HE MOSTE II.	70	75,3	42,0	69,2	2015
HE MOSTE III.	40	14,0	4,8	28,9	2015
HE MEDVODE III.	130	19,6	20,0	15,0	2013
ZGORNJA SAVA					
HE TACEN	260	16,0	34,8	89,1	2013
HE GAMELJNE	260	13,0	27,6	69,7	2015
HE ŠENTJAKOB	260	8,0	16,8	43,4	2016
HE ZALOG	260	8,0	16,8	43,4	2018
HE JEVNICA	400	9,0	29,8	91,6	2019
HE KRESNICE	400	8,5	29,8	92,2	2021
HE PONOVIČE	400	20,0	68,0	215,4	2022
HE RENKE	400	10,9	36,2	118,3	2024
HE TRBOVLJE	400	10,6	35,2	117,1	2026
HE SUHADOL	400	13,0	43,8	148,9	2028
HE POŽARJE		435,0	200,0		2030
SKUPAJ SAVA:			605,6	1142,2	
POVODJE REKE SOČE					
HE UČJA	15	196,0	24,0	38,0	2015
SKUPAJ SOČA:			24,0	38,0	
POVODJE REKE MURE					
HE SLADKI VRH	250	8,0	16,0	77,2	2013
HE CMUREK	250	8,0	16,0	77,8	2015
HE KONJIŠČE	250	8,0	16,0	77,4	2017
HE APAČE	333	8,0	22,0	86,5	2019
HE RADGONA	333	8,0	22,0	87,5	2021
HE RADENCI	333	8,0	22,0	90,0	2023
HE HRASTJE	333	8,0	22,0	90,0	2025
HE VERŽEJ	333	8,0	22,0	90,5	2027
SKUPAJ MURA:			158,0	676,9	

- Na povodju *reke Soče* je v kratkoročnem obdobju, do leta 2015 načrtovana še izgradnja akumulacijske HE Učja, z instalirano močjo 24 MW in srednje letno proizvodnjo 38 GWh, ki bo namenjena proizvodnji vršne energije in regulacijske moči. Po dograditvi HE Učja bo stopnja izkoriščenosti energetskega potenciala porečja Soče povečana na 36,7%.

Za izkoriščanje energetskega potenciala reke Mure je razpisana koncesija za osem hidroelektrarn, s skupno instalirano močjo 158 MW in srednjo letno proizvodnjo 676,9 GWh. Mura je mejna reka, zato mora biti režim obratovanja verige hidroelektrarn usklajen z obratovanjem verige na avstrijski strani v dnevnem pretočno akumulacijskem režimu. Poseben problem pri načrtovanju energetske izrabe Mure predstavlja okoljevarstvo. Tako vodotok, kot obrežni pas sta zaradi ohranitve naravnih habitatov in bivalnih razmer za vrste, ki naseljujejo vplivno območje ureditev vpisana v register naravne dediščine, zaradi česar so posegi na tem območju omejeni. Zaradi sorazmerno obsežnih študij in raziskav območja je pričakovano, da bo projekt izgradnje verige hidroelektrarn na Muri zaključen v sklopu realizacije projektov II prioritete, predvidoma najkasneje do leta 2030. Z zaključkom projekta izgradnje verige hidroelektrarn v letu 2030 bo energetski potencial reke Mure, ki pripada Sloveniji skoraj v celoti izkoriščen.



Slika 10: Prikaz evidentiranih energetskega lokacij na velikih vodotokih (Kryžanowski et. al 2008)

(A-HE Kal, B-HE Gabrje, C-HE Kobarid, D-HE Kamno, E-HE Kuk, F-HE Radovljica; G-HE Globoko, H-HE Otoče, I-HE Podnart, J-HE Besnica, K-HE Struženo, L-HE Kranj, M-HE Planina, N-HE Cerknica)

V nadaljevanju prikazujemo še energetske lokacije, ki so evidentirane kot tehnično izkoristljive, eventualna realizacija projektov pa sega v obdobje po letu 2030

Na porečju *reke Soče* je možna izgradnja verige štirih hidroelektrarn na gornji Soči (HE Kal, HE Gabrje, HE Kobarid in HE Kamno), z instalirano močjo 120 MW in predvideno letno proizvodnjo 510 GWh ter akumulacijska elektrarna HE Kuk na Idriji, z instalirano močjo 158 MW in srednjo letno proizvodnjo 175 GWh. Omenjeni projekti so sicer izrednega pomena za slovenski elektroenergetski sistem, so pa iz naravovarstvenega vidika v sedanjem času neizvedljivi, ker je reka Soča s svojimi pritoki opredeljena kot posebna naravovarstvena vrednota nacionalnega pomena.

Na porečju *reke Save* ostaja še neizkoriščen odsek na gornji Savi, kjer je predvidenih sedem energetskega stopenj (HE Radovljica, HE Globoko, HE Otoče, HE Podnart, HE Besnica, HE Struženo, HE Kranj), z instalirano močjo 145 MW in srednjo letno proizvodnjo 330 GWh. Na tem odseku je predvidena tudi sezonska akumulacija HE Radovljica, kot čelna elektrarna za celotno savsko energetskega verigo. Zaradi okoljevarstvenih razlogov je bil projekt izgradnje gornjesavskih stopenj v preteklosti ustavljen. Na odseku srednje Save sta načrtovani tudi dve akumulacijski elektrarni (HE Planina in HE Cerknica), s skupno instalirano močjo 165 MW in srednjo letno proizvodnjo 480 GWh. Akumulaciji se nahajata na področju zavarovane naravne vrednote nacionalnega pomena, sistema presihajočih kraških jezer Cerknica-Planina in sta, iz naravovarstvenih razlogov, v sedanjem času neizvedljivi.

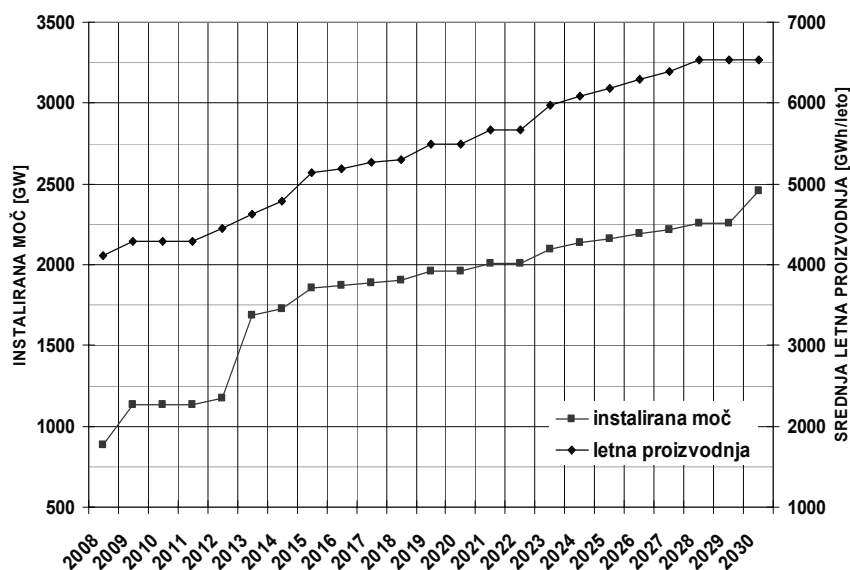
Od večjih vodotokov ostaja v celoti neizkoriščen potencial mejne **reke Kolpe**, ki je v Sloveniji zavarovana kot posebna naravna vrednota. V sosednji Hrvaški sicer obstajajo projekti možne energetske rabe, vendar so zaradi varstvenega statusa reke Kolpe v sedanjem času neizvedljivi.

Sumarni pregled razvojnih možnosti

Na *sliki 10* je, skladno z upoštevanjem razvojnih možnosti izrabe energetskega potenciala slovenskih vodotokov, prikazano končno stanje razvoja izgradnje energetskih kapacitet v letu 2030. Označili smo tudi lokacije, za katere predvidevamo, da bodo realizirane v naslednjem dolgoročnem obdobju, po letu 2030. V letu 2008 je na vseh glavnih vodotokih v obratovanju 16 velikih hidroelektrarn s skupno instalirano močjo 889 MW in srednjo letno proizvodnjo 3.826 GWh. Z upoštevanjem malih hidroelektrarn znaša sedanja srednja letna proizvodnja vseh hidro kapacitet 4.115 GWh.

V nadaljnjem sumarnem pregledu nismo upoštevali povečanja deleža proizvodnje malih hidroelektrarn, kjer bo predvsem zaradi naravovarstvenih razlogov razvoj širitve kapacitet precej omejen na realizacijo projektov na posamičnih lokacijah, za katere so bila že izdana upravna dovoljenja za graditev oz. z razširitvijo obstoječih kapacitet. Od še neizrabljenih 830 GWh potenciala malih in mikro elektrarn (okoli 650 lokacij) je ocenjenih kot okoljsko sprejemljivih 200-300 lokacij, s proizvodnjo 450 GWh in instalirano močjo 100 MW. V končni bilanci bi, z izgrajenostjo vseh sprejemljivih lokacij, znašal delež malih in mikro elektrarn dobrih 10% celotne hidro proizvodnje oz. 740 GWh na leto.

Slika 11: Kumulativni prikaz razvoja izgradnje hidroenergetskega potenciala v Sloveniji do leta 2030.



Z opredelitvijo ključnih mejnikov iz strateških in razvojnih dokumentov lahko ugotovimo naslednje (*slika 11*):

Prvi ključni mejnik predstavlja **leto 2015**, ko naj bi bili zaključeni projekti I. prioritete, ki so trenutno v gradnji oz. načrtovanju. Do leta 2015 bo predvidoma izgrajenih petnajst energetskih objektov (13 hidroelektrarn in 2 črpalni elektrarni) s skupno instalirano močjo 990 MW in srednjo letno proizvodnjo 1.143 GWh, kar pomeni za 111% povečanja deleža moči in za 28% povečanja proizvodnje glede na stanje v letu 2008.

Do **leta 2020** bodo predvidoma zgrajene še štiri velike hidroelektrarne s skupno instalirano močjo 101 MW in srednjo letno proizvodnjo 342 GWh. V tem letu bo skupna letna proizvodnja znašala 5.600 GWh, kar pomeni za 36% večjo proizvodnjo glede na leto 2008 in 61% delež izrabe tehnično izkoristljivega energetskega potenciala.

V **letu 2030** bo obratovalo skupno 42 energetskih objektov (39 hidroelektrarn in 3 črpalne elektrarne) s skupno instalirano močjo 2.480 GW in srednjo letno proizvodnjo 6.360 GWh, z upoštevanjem malih hidroelektrarn pa 6.650 GWh na leto. Primerjano z izhodiščnim letom 2008 pomeni povečanje moči za 180% in za 62% večjo proizvodnjo. Delež izrabe tehnično izkoristljivega potenciala bo ciljnem letu dosegel 72%, kar pomeni izpolnitev zastavljenih strateških ciljev.

VIRI

- Graditev hidroelektrarn in vključevanje vodnih akumulacij energetskih objektov v prostor, Zbornik referatov, Elektrotehniška Zveza Slovenije, april, 2000.
- Energetska bilanca RS, Ministrstvo za gospodarstvo, april 2007.
- V. Korošec, K. Kvaternik, Možnosti energetske izrabe vodotokov v Sloveniji in pomen graditve HE za narodno gospodarstvo, Graditev hidroelektrarn in vključevanje vodnih akumulacij energetskih objektov v prostor, Zbornik referatov, Elektrotehniška Zveza Slovenije, april, 2000.
- A. Kryžanowski, Predstavitev gradnje hidroelektrarn na Savi, Hidrotehnični betoni – zbornik gradiv in referatov, IRMA, Ljubljana 1999, s. 77-82.
- A. Kryžanowski, M. Brilly, A. Vidmar, A. Horvat, A. Gubina, F. Gubina, I. Zlatar, B. Kozan, Z. Stojič, L. Javornik, Pregled vodnega potenciala v republiki Sloveniji, Razvojna naloga (naročnik HSE), FGG-EF-Geateh, julij 2008.
- A. Kryžanowski, M. Porenta, L. Tomšič, M. Brilly, Hydropower Potential and Development Opportunities in Slovenia, Hydropower & Dams, Vol. 15/5, september, 2008, s. 41-46.
- Območje izvajanja koncesije in pogoji, pod katerimi se izvaja koncesija za rabo vode za proizvodnjo električne energije na delih vodnega telesa srednje Save – Priloge, Uradni list RS 121/04, Ljubljana 2004
- M. Porenta, Strokovne osnove za nacionalnega energetskega programa Slovenije – poglavje hidroenergija, WEC, marec 2002.
- M. Starec, Vodni viri v Sloveniji in možnost njihove večnamenske izrabe, Graditev hidroelektrarn in vključevanje vodnih akumulacij energetskih objektov v prostor, Zbornik referatov, Elektrotehniška Zveza Slovenije, april, 2000.
- Uredba o koncesiji za rabo vode za proizvodnjo električne energije na delu vodnega telesa reke Mure od Sladkega Vrha do Veržeja, Uradni list RS 120/05, Ljubljana 2005.
- Uredba koncesiji za rabo vode za proizvodnjo električne energije na delu vodnega telesa reke Save od Ježice do Suhadolega, Uradni list RS 121/04, Ljubljana 2004.