

Primerjava bazena HE Mokrice z bazeni drugih HE na Spodnji Savi

julij 2019

Kazalo vsebine:

1	UVOD	3
2	HIDRAVLICNI REŽIM OBRATOVANJA HE MOKRICE	3
3	HIDRAVLIČNE RAZMERE V BAZENIH.....	4
3.1	DELEŽ PRITOKOV V PRETOKIH SAVE	4
3.2	HITROST IZMENJAVE VODE	5
3.3	HITROSTI VODNEGA TOKA.....	6
4	FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI VODE.....	9
4.1	TEMPERATURA	9
4.2	VSEBNOST KISIKA	16
5	POVEZANOST MED AKUMULACIJAMI, HABITATI V PRITOKIH IN POVEZANOST Z NJIMI	18
6	UREĐITVE ZA ZAGOTOVITEV ŽIVLJENJSKIH POGOJEV ZA RIBE IN DRUGE VODNE ORGANIZME.....	19
7	ZAKLJUČKI	20

1 UVOD

V postopku pridobivanja ponovnih mnenj na okoljevarstveno soglasje za območje HE Mokrice so se pojavili dvomi o primernosti pogojev za življenje vodnih organizmov, zlasti rib, ki se bodo ustvarili v zajezitvenem prostoru HE Mokrice. Napovedi dinamike razvoja posameznih vrst so dokaj nezanesljive, ker so njihovi življenjski pogoji odvisni od številnih fizikalnih, kemijskih in drugih pogojev v zajezitvi. Možno pa je na osnovi opazovanj in meritev hidravličnih, hidroloških, nekaterih fizikalnih in bioloških parametrov v gorvodnih bazenih in nekaterih parametrov, ki jih je možno določiti za bazen HE Mokrice, podati kvalitativno oceno teh parametrov v primerjavi z gorvodnimi zajezitvami. V predmetnem elaboratu je prikazana primerjava hidravličnih, hidroloških, nekaterih fizikalnih in bioloških parametrov HE Mokrice in nekaterih značilnih gorvodnih bazenov.

- Hidravlični režim obratovanja (izravnalni bazen – obratovanje po pretoku)
- Hidravlični pogoji (hitrost izmenjave vode pri sQ_n , hitrosti vodnega toka, delež pritokov v pretoku)
- Fizikalne in kemijske lastnosti (temperatura, količina kisika)
- Habitati v pritokih in povezanost z njimi, povezanost med bazeni,
- Ureditve za zagotovitev življenjskih pogojev za ribe in druge vodne organizme

2 HIDRAVLIČNI REŽIM OBRATOVANJA HE MOKRICE

Veriga hidroelektrarn na Savi obratuje po principu pretočne akumulacije. To pomeni, da vse elektrarne razen zadnje, dnevno večkrat spreminjajo pretok in moč v skladu s potrebami elektroenergetskega sistema v taktu s prvo elektrarno, ki ima »čelno akumulacijo«. Le ta po potrebi k naravnemu pretoku, ki doteka v njen akumulacijski bazen dodaja del vode iz akumulacijskega bazena in ga tako prazni v okviru dovoljenega nihanja gladine, potem pa v času manjše potrebe po električni energiji pretok zmanjšuje in akumulacijski bazen polni. Za zadnjo elektrarno v verigi mora biti pretok izravnani, t.j. povrnjen v naravno stanje, zato se zadnji akumulacijski bazen imenuje »izravnalni bazen«. HE Mokrice, ki bo imela vlogo izravnalnega bazena bo torej obratovala s konstantnim, t.j. naravnim pretokom, ki je enak dotoku v čelno akumulacijo z dodanimi pretoki pritokov. Pretok v akumulacijskem bazenu HE Mokrice bo tako več ali manj enakomeren, podoben naravnemu in se ne bo spreminjal tako, kot pri gorvodnih stopnjah, kar je razvidno iz naslednjega diagrama. **Večjih dnevnih sprememb pretoka ne bo, zato bodo hidravlične razmere v bazenu HE Mokrice ugodnejše za ribe in druge vodne organizme kot v gorvodnih bazenih.**

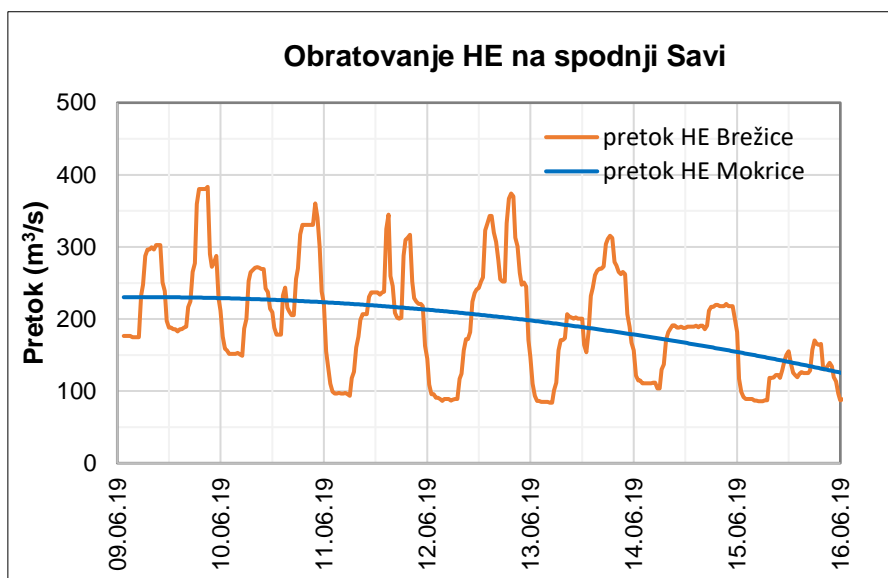
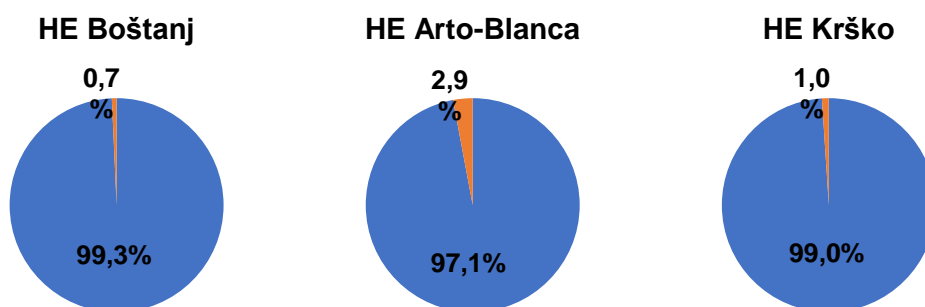


Diagram: Obratovanje HE na spodnji Savi

3 HIDRAVLIČNE RAZMERE V BAZENIH

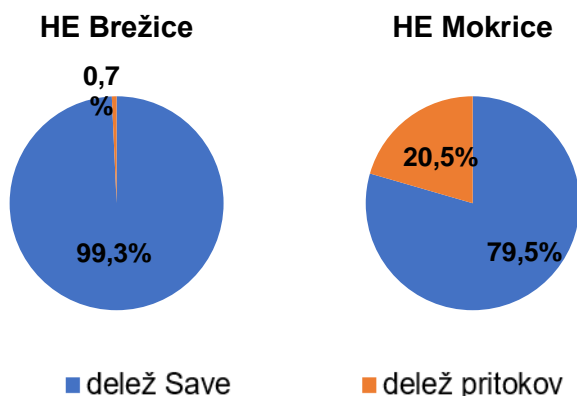
3.1 DELEŽ PRITOKOV V PRETOKIH SAVE

Sava v območju verige HE razen Krke nima večjih pritokov. V akumulacijske bazene HE Boštanj, Krško in Brežice se izliva nekaj manjših potokov, ki v pretokih v profilih HE prispevajo manj kot 1% skupnega srednjega nizkega pretoka¹. V bazen HE Arto Blanca se izliva nekaj razmeroma večjih pritokov (Mirna, Sevnična, Vranjski potok), vendar je njihov skupni prispevek slabih 3%. V bazen HE Mokrice se izliva Krka, ki v pretoku HE Mokrice predstavlja več kot 20% pretoka². V naslednjem diagramu so prikazani deleži pritokov v pretokih posameznih hidroelektrarn.



¹ Primerjave so izvedene za srednji nizki pretok; statistično gledano je to pretok, ki se ga lahko najpogosteje pričakuje večji del leta, zlasti v neugodnem poletnem času (visoke temperature, nizki pretoki). Pri večjih pretokih so problemi glede kakovosti in temperature vode manjši, zato so primerjave izvedene predvsem za srednji nizki pretok.

² Analiza je izvedena na osnovi študije »HIDROLOŠKA ŠTUDIJA SAVE na odseku HE Boštanj, HE Blanca, HE Krško, HE Brežice in HE Mokrice«, Inštitut za vode, avgust 2002.



Tudi pri primerjavi srednjih mesečnih pretokov lahko ugotovimo, da voda Krke celo leto predstavlja približno eno petino pretoka Save skozi bazen HE Mokrice.

Q _s	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	Pov
Krka VP Podbočje (1980 – 1999)	48.4	42.4	64.4	67.3	49.2	47.2	31.5	24.4	38.8	62.4	64.3	69.9	50.8
Sava VP Čatež (1980 – 2000)	245	203	269	322	286	267	197	148	206	339	354	315	263

Tabela: Primerjava srednjih mesečnih pretokov Save in Krke

Vežano na domnevo, da se kakovost vode v akumulacijskih bazenih zaradi zaježitve spremeni in se življenjski pogoji za nekatere vrste vodnih organizmov poslabšajo, je za celovito podajanje ocene kakovosti vode in primerjavo med bazeni možno upoštevati, da voda iz pritokov situacijo izboljšuje. Glede tega so **razmere v bazenu HE Mokrice v primerjavi z ostalimi HE na Spodnji Savi najboljše, ker več kot petino celotnega pretoka predstavlja »sveža« voda iz Krke.** V vsakem primeru bo po izgradnji HE Mokrice ostal dotok vode iz Krke količinsko in kakovostno enak kot pred izgradnjo in bo zaradi okvirnega razmerja pretokov Krke in Save 1:5 predstavljal pomemben element za zagotavljanje raznolikosti življenjskih prostorov v akumulaciji Mokrice.

3.2 HITROST IZMENJAVE VODE

V skladu z »Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo« je vodotok stalno tekoča celinska površinska voda, ki izvira iz naravnih virov in teče v naravnih ali reguliranih strugah, ter zaježena celinska voda, v kateri pride zaradi vodne zapore, hidroelektrarne ali jezua do upočasnitve vodnega toka, vendar zadrževalni čas vode zaradi zaježitve ni daljši od petih dni, pri čemer je zadrževalni čas količnik med prostornino zaježene vode in srednjim malim pretokom zaježene celinske vode. Po tem kriteriju so vse zaježitve HE na spodnji Savi vodotoki, kriteriju za stoječo vodo se najbolj približa akumulacijski bazen HE Brežice.

Krajši čas zadrževanja vode v akumulacijskih bazenih pomeni, da je manj možnosti za pojav neželenih pojavov, kot so eutrofikacija in cvetenje alg, ki so predvsem posledica onesnaženosti vodotoka. Teh pojavov ne bi bilo, če voda ne bi bila onesnažena. V naslednjem grafu so prikazani časi zadrževanja vode v akumulacijah pri srednjem nizkem pretoku. Srednji nizki pretok je za prikaz izbran zato, ker pri višjih, npr. srednjih pretokih, zadrževalni časi ne predstavljajo problema z vidika kakovosti vode.

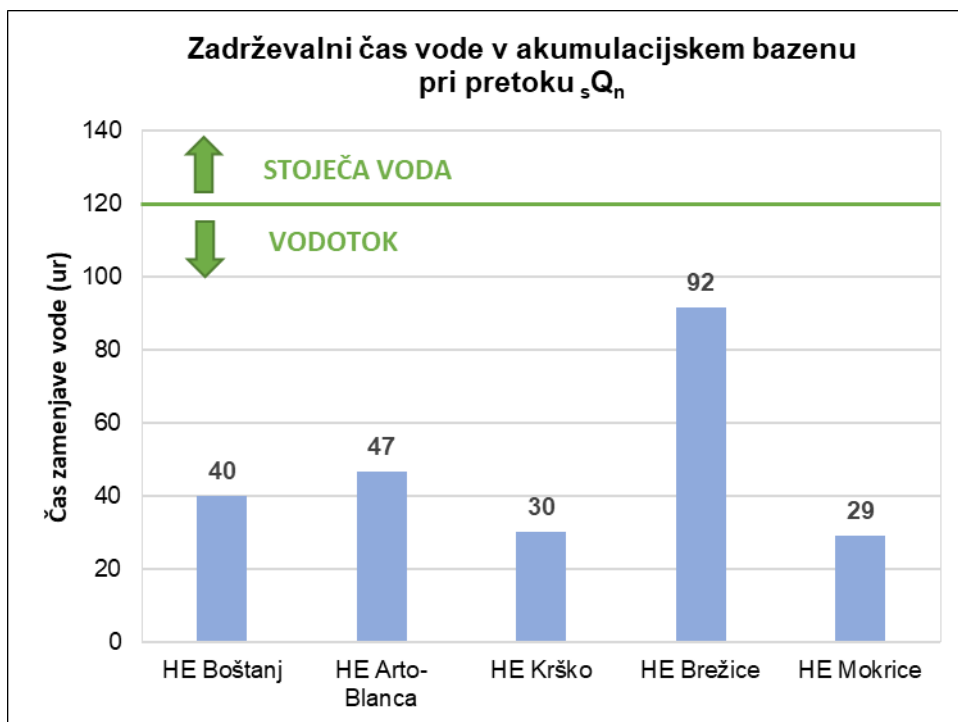


Diagram: Zadrževalni časi vode v akumulacijski bazenih HE na spodnji Savi pri sQ_n

Iz zgornjega diagrama je razvidno, da se voda v vseh akumulacijskih bazenih, razen pri HE Brežice, razmeroma hitro izmenja. Zgornji časi izmenjave vode veljajo za srednje nizke pretoke sQ_n (med $58 \text{ m}^3/\text{s}$ pri HE Boštanj in $74 \text{ m}^3/\text{s}$ pri HE Mokrice). Ker so pretoki Save 11,4 mesecev na leto pretoki večji od navedenih pomeni, da se **voda v vseh akumulacijskih bazenih dobro izmenjuje skozi vse leto, pri čemer so pogoji najbolj ugodni pri akumulacijskem bazenu HE Mokrice.**

3.3 HITROSTI VODNEGA TOKA

Hitrost vodnega toka v bazenu je pomembna iz več razlogov. Npr. pri večjih hitrostih je tok bolj turbulenten in zato se na površini v stiku z zrakom voda bolj ozrači, vodni tok je pomemben za orientacijo migratornim vrstam rib itd. Ker so drugi vplivi hitrosti toka zajete v drugih primerjanih parametrih je v tej točki kot najpomembnejši vpliv upoštevan vpliv na migracijo rib. Pri tem je kot najpomembnejša vrsta upoštevana platnica, za katero je potrebno zagotoviti povezljivost med Sotlo in Krko skozi akumulacijski bazen HE Mokrice zaradi zagotavljanja dobrega genetskega stanja populacije. Čeprav platnica migrira iz več razlogov je za genetiko najpomembnejša

migracija v času drsti med marcem in majem. Minimalna hitrost vodnega toka pri kateri se platnica še lahko orientira je 15-20 cm/s.

V tem poglavju so prikazane hitrosti vodnega toka v akumulacijskih bazenih HE na spodnji Savi. Meritve hitrosti v naravi niso bile izvajane, zato je bil izveden izračun z matematičnimi modeli. Hitrost na posameznem odseku je odvisna od dimenzij prečnega profila akumulacije (širina, globina) in od pretoka. Upoštevan je srednji nizki pretok in sicer povprečje v času od začetka marca do konca maja.

Akumulacijski bazen HE Mokrice je nekoliko plitvejši od drugih bazenov, njegova globina ob pregradi je cca 10 m, v srednjem delu na območju visokovodnega razbremenilnika cca 8 m in v zgornjem delu pri sotočju Save in Krke cca 5,5 m. Te globine veljajo na območju matice toka in ob pogoju normalne kote zaježitve. Zaradi izravnalne vloge akumulacijskega bazena bodo globine tekom dneva lahko tudi do 1,3 m manjše in hitrosti večje. Akumulacijski bazen se gorvodno od visokovodnega razbremenilnika postopno zožuje tako, da je gorvodno od Mosteca, vse do HE Brežice, v sedanji rečni strugi.

V spodnji preglednici so prikazane povprečne hitrosti v profilih na posameznih odsekih akumulacijskih bazenov (spodnji, srednji, zgornji del bazenov ob pogoju polne zaježitve in povprečnem srednjem nizkem pretoku (sQ_n) v času od marca do konca maja (čas drsti platnice) izračunane z 1D matematičnim modelom.

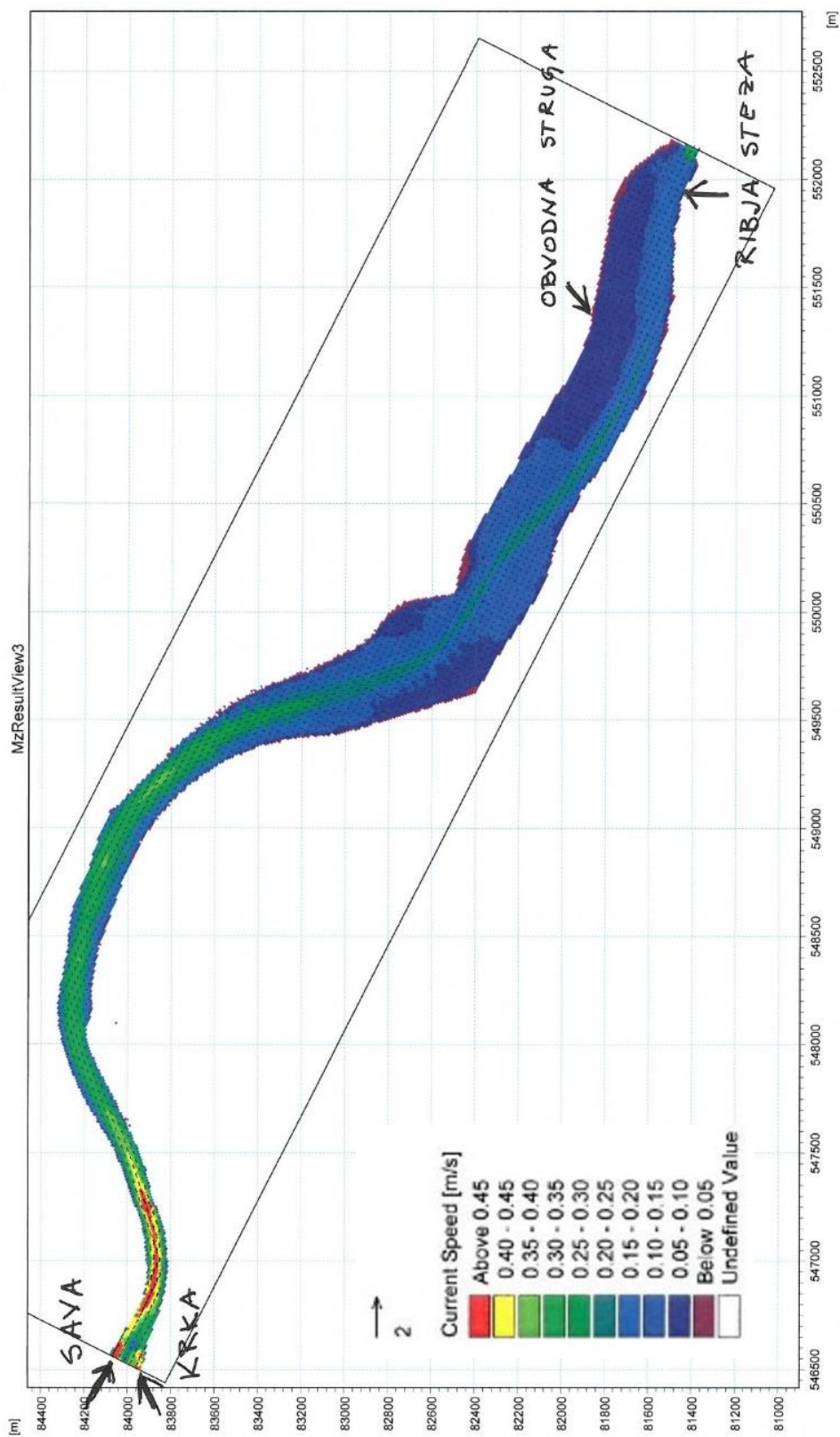
	Pretok sQ_n (m ³ /s)	Povprečna hitrost (m/s)		
		spodaj	v sredini	zgoraj
HE Boštanj	132,3	0,08	0,18	0,28
HE Arto - Blanca	136,2	0,06	0,20	0,37
HE Krško	137,6	0,12	0,20	0,29
HE Brežice	138,1	0,02	0,15	0,60
HE Mokrice	171,6	0,10 (0,20*)	0,20 (0,30*)	0,77 (nad 0,45*)

* Hitrost matice toka izračunana z 2D modelom

Tabela: Povprečne hitrosti v profilih akumulacijskih bazenov pri sQ_n (povprečje obdobja marec – maj)

1D model daje le povprečno hitrost v profilu vodotoka, zato so s tem modelom pridobljene hitrosti le groba orientacija za primerjavo med bazeni. Dejansko so hitrosti v prečnem prerezu neenakomerne in so največje v matici toka.

Za bazena HE Brežice in za HE Mokrice je bil izdelan tudi 2D hidravlični model, ki pokaže razporeditev hitrosti tudi po prečnih prerezih (slika spodaj), zato daje realnejšo hitrostno sliko kot 1D model. Iz rezultatov je razvidno da je večji del toka v akumulaciji v območju matice, ki bo tudi po zaježitvi ostala na območju sedanje struge. Hitrosti so v matici toka bistveno večje od povprečnih hitrosti prikazanih v zgornji tabeli. V naslednji risbi so hitrosti v akumulacijskem bazenu HE Mokrice ponazorjene z različnimi barvami in je matica toka jasno vidna.



Slika: Razporeditev hitrosti v akumulaciji HE Mokrice na osnovi 2D hidravličnega modela pri srednjem nizkem pretoku

Hitrosti v matici toka so ca 20 cm/s pri jezovni zgradbi in ob vtoku v prehod za vodne organizme, ca. 30 cm/s v srednjem delu bazena in v zgornjem tudi nad 45 cm/s. Torej so **hitrosti v matici toka v bazenu HE Mokrice v času drsti in večji del leta primerna za migracijo platnice, kar je eden od pogojev za doseganje povezljivosti za platnico na odseku Sotla – Krka.**

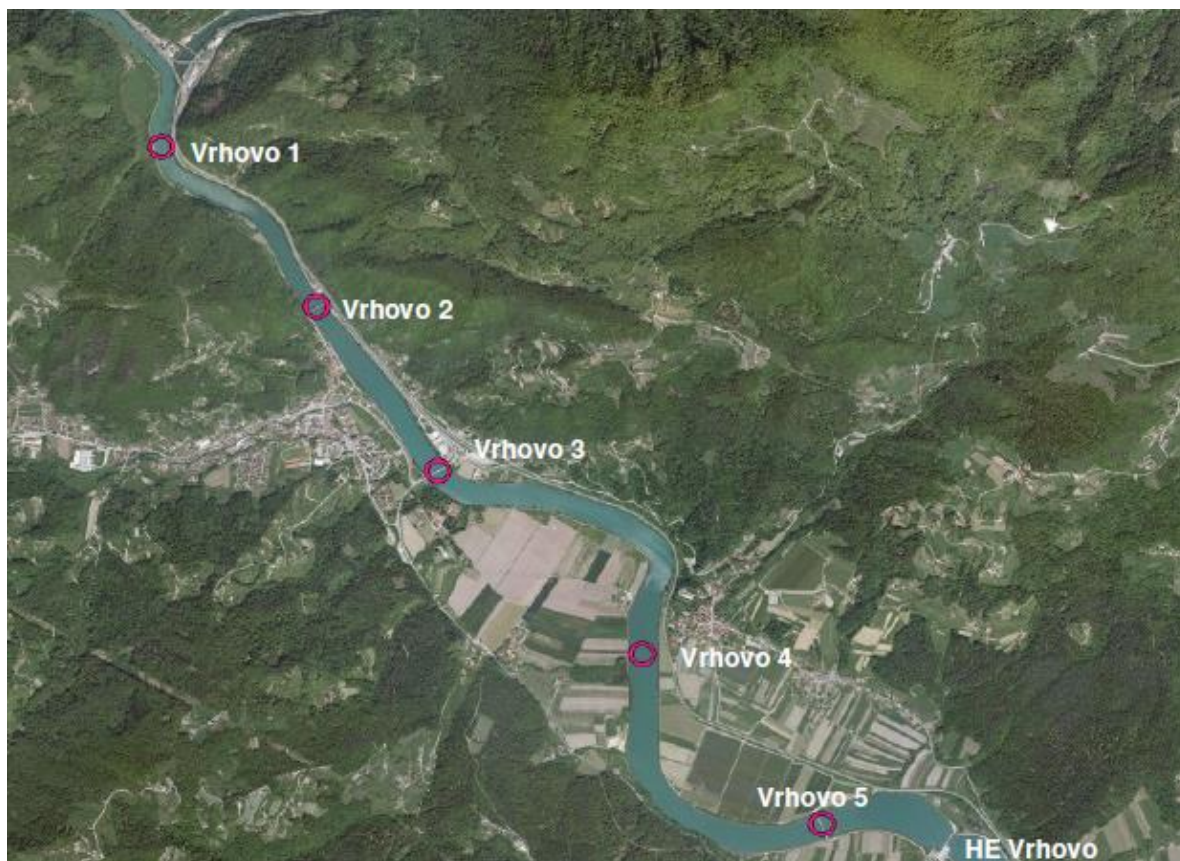
Na osnovi razmerja povprečnih hitrosti in hitrosti v matici toka v bazenu HE Mokrice in podatkov o povprečnih hitrostih lahko tudi brez 2D modelov, ki za gorvodne bazene niso bili izdelani, ocenimo hitrosti v njihovih maticah. Podobne hitrosti kot v bazenu HE Mokrice so v bazenu HE Krško, v katerem je prav tako hitrost matice vzdolž bazena povsod višje od 20 cm/s. V bazenih HE Boštanj in Arto-Blanca so hitrosti matice v spodnjih delih bazenov nekoliko pod 20 cm/s, v bazenu HE Brežice pa ca. 5 cm/s.

4 FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI VODE

4.1 TEMPERATURA

Temperatura vode ima pomembno vlogo za življenje rib v novo nastalih pogojih. Zaradi višjih temperatur spodnje Save so bile že pred izgradnjo HE na spodnji Savi prizadete tiste ribje vrste, ki živijo v hladnejših vodah. Višje temperature spodnje Save so posledica nižinskega značaja reke in segrevanja vode zaradi podnebnih sprememb (višja temperatura zraka, hidrološki ekstremi, sončno obsevanje).

Z meritvami pred in po izgradnji akumulacijskih bazenov ter matematičnimi modeli je ugotovljeno, da akumulacijski bazeni HE na Spodnji Savi dejansko ne zvišujejo temperature vode, kot se je predhodno domnevalo. Glede na meritve na gorvodnih HE (HE Vrhovo, HE Boštanj in HE Blanca) ter na poročilo Medsebojni vplivi energetskih objektov ob in na reki Savi z vidika toplotne obremenitve Save – revizija a, (IBE d.d., 2012) prihaja v bazenih HE do stratifikacije vode. Pri tem se gornja plast vode, ki je debeline od 0,75 m na gornjem delu akumulacije, do 2 m na spodnjem delu akumulacije, segreva bolj intenzivno in preprečuje segrevanje spodnjim plastem vode. V globini bistvenih temperaturnih sprememb ni (le razpon dnevnega nihanja temperature je manjši). V nadaljevanju so prikazane meritve temperature po globini na več mestih v do sedaj zgrajenih HE na spodnji Savi. V grafih je jasno razvidna **stratifikacija, ki v bazenih preprečuje dvig temperature zaradi upočasnitve toka, in zaježitve.**



Slika: Lokacije meritev temperature v bazenu Vrhovo (avgust 2011).

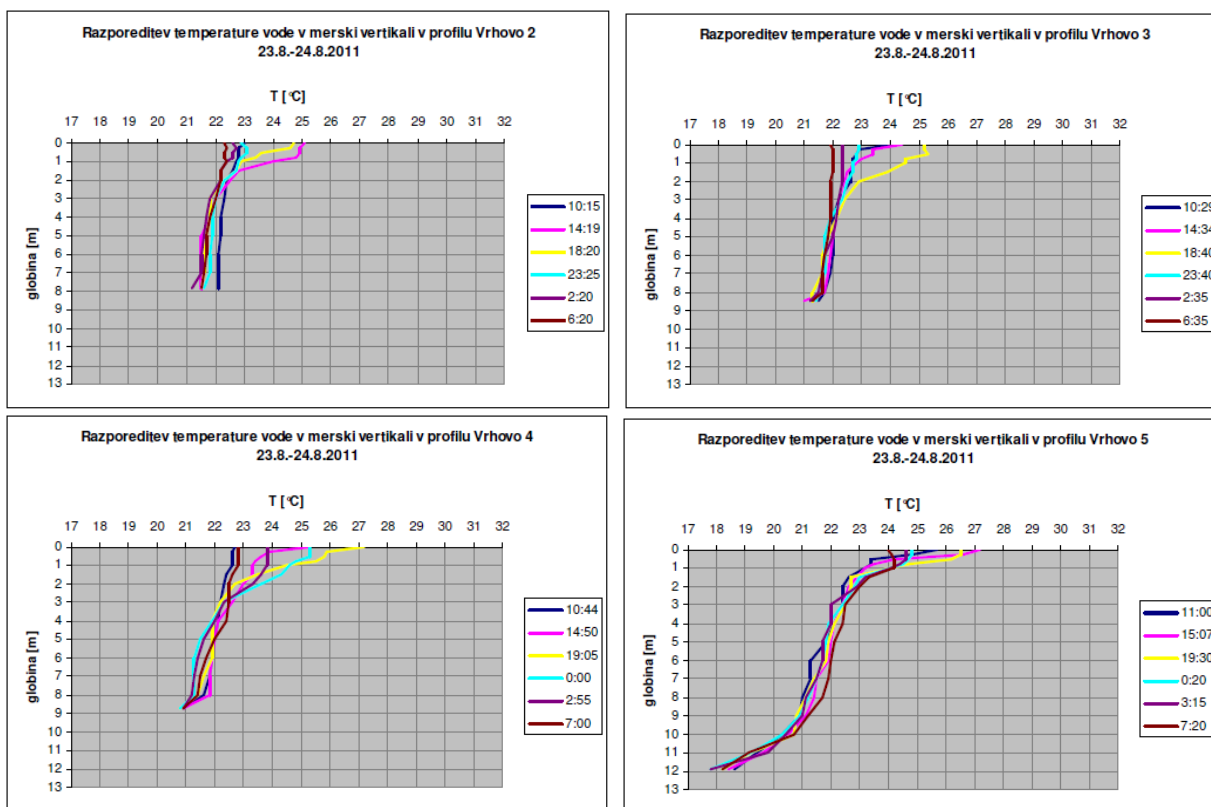
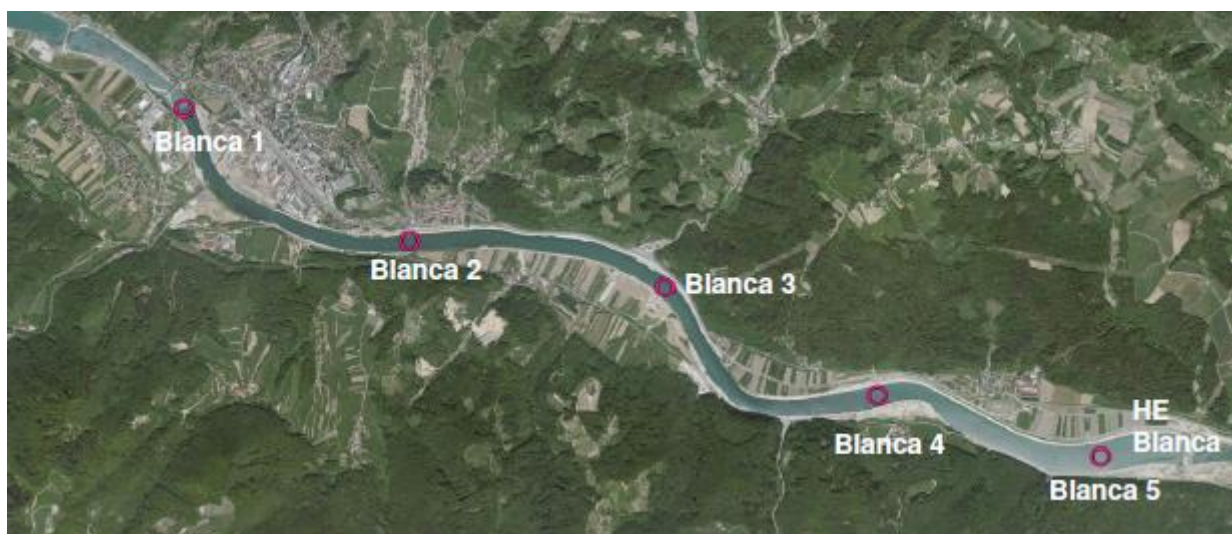


Diagram: Stratificiranost bazena Vrhovo v avgustu 2011 (IBE, 2012).



Slika: Lokacije meritev temperature v bazenu Arto-Blanca (avgust 2011).

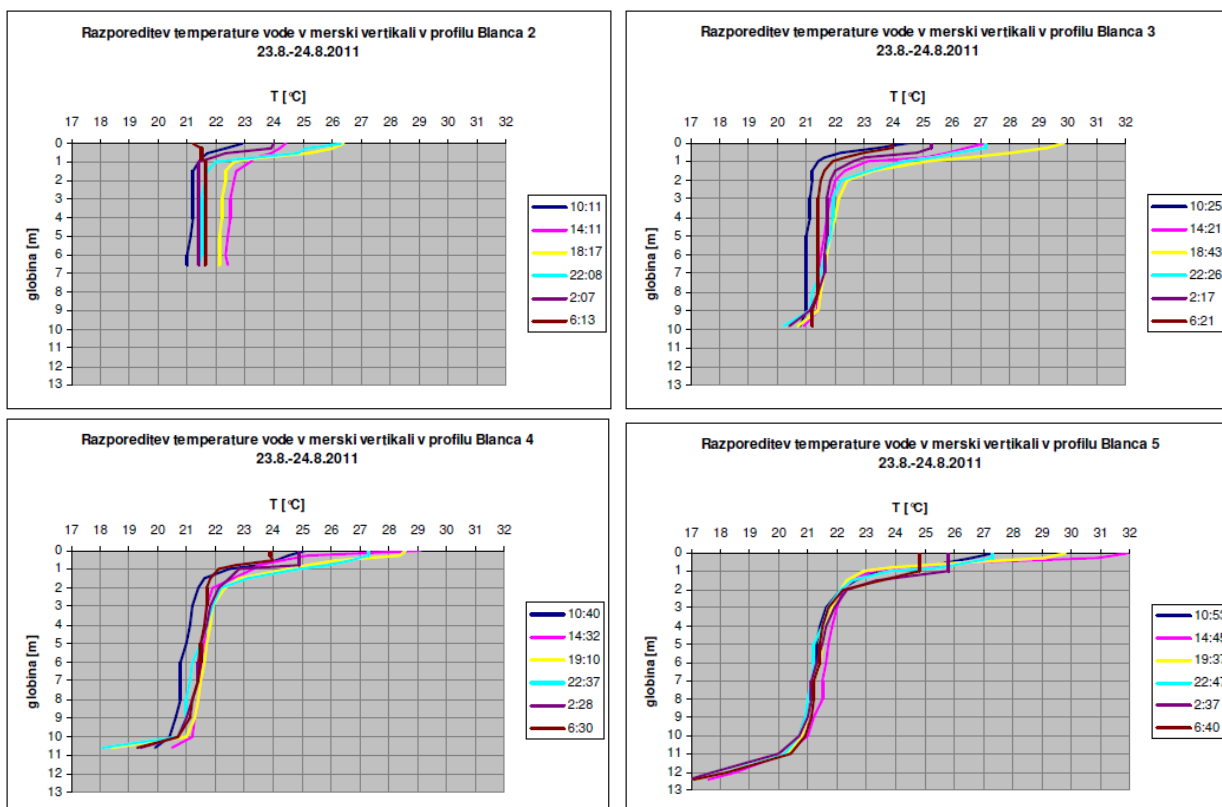
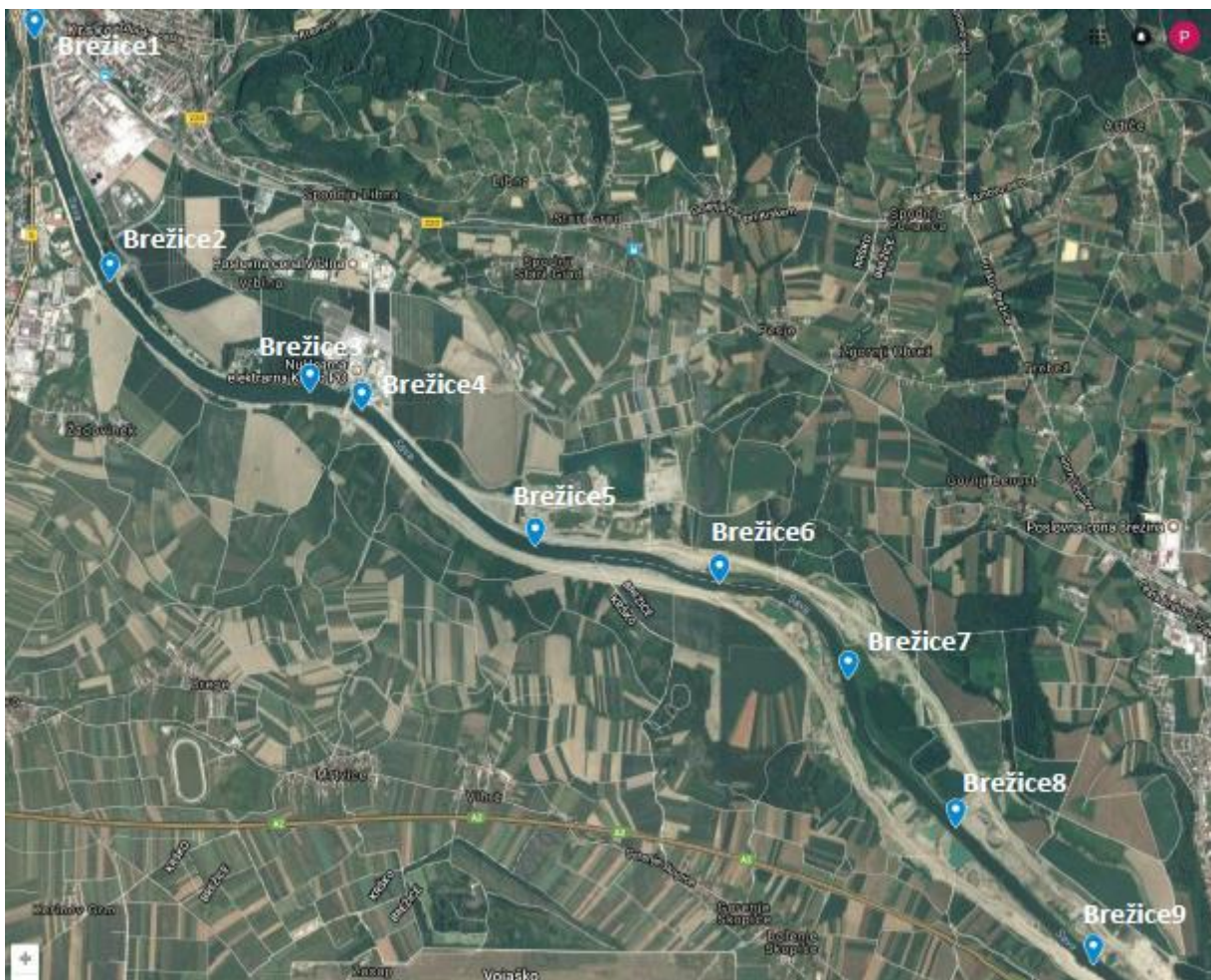
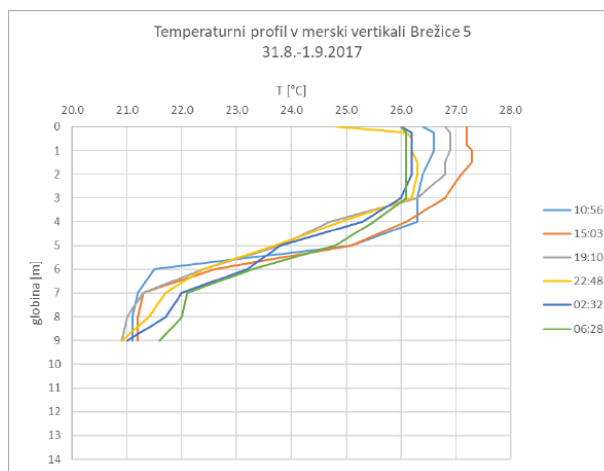
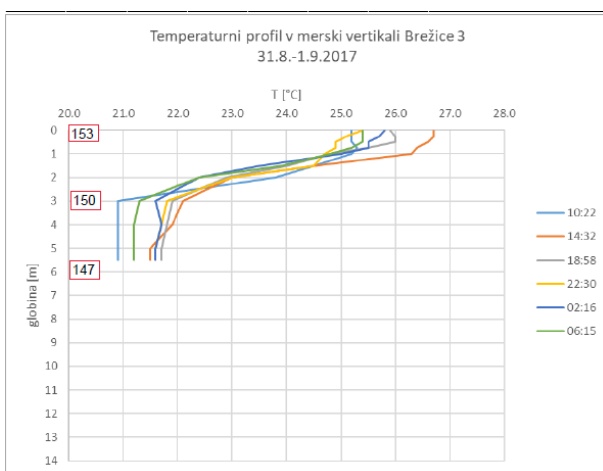


Diagram: Stratificiranost bazena Arto-Blanca v avgustu 2011 (IBE, 2012)



Slika: Lokacije meritev temperature v bazenu Brežice (avgust 2017).



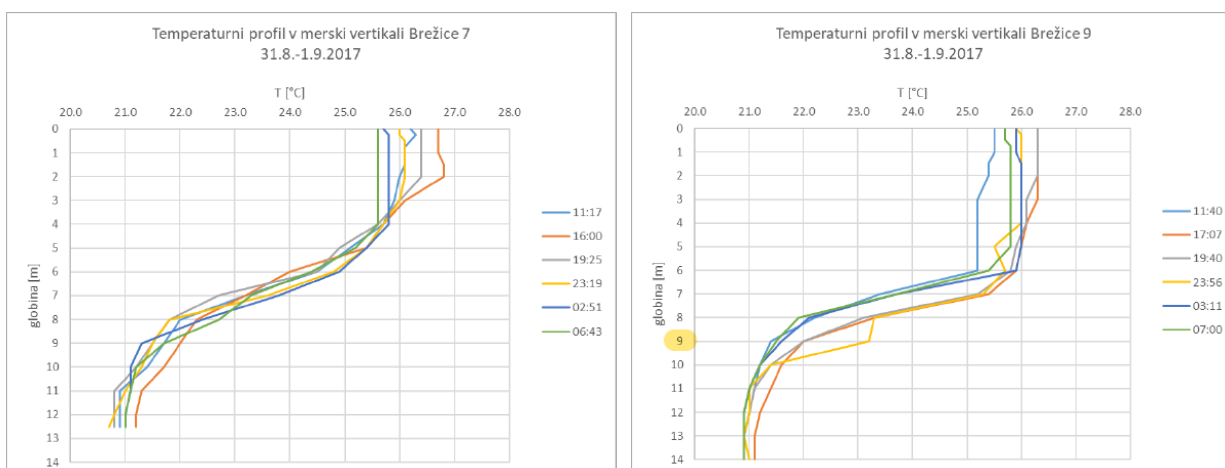


Diagram: Stratificiranost bazena Brežice v avgustu 2017 (Hidroinštitut, 2017)

Na podlagi dosedanjih meritev v bazenih pričakujemo, da se bo tudi v bazenu Mokrice pojavila stratificiranost, pri čemer bo hidrodinamično in toplotno stanje bazena dodatno razgibano zaradi močnega pritoka Krke.

V študiji »MEDSEBOJNI VPLIVI ENERGETSKIH OBJEKTOV OB IN NA REKI SAVI Z VIDIKA TOPLOTNE OBREMENITVE SAVE - revizija A« (IBE, 2012), poglavje 2.3.3 Rečne temperature, so za odsek spodnje Save podane povprečne mesečne rečne temperature na razpoložljivih merilnih mestih. Glede na ugotovitve te študije, da zaradi bazenov HE ne bo prišlo do dvigov srednjih rečnih temperatur³, in da bodo med vročimi obdobji zaradi stratifikacije temperature vode pod površinskim slojem lahko tudi nižje kot v prosto tekoči reki, lahko sklepamo, da bo Sava do sotočja s Krko pritekla v podobnem stanju kot do sedaj. **To okvirno pomeni naslednje razmere tudi po izgradnji verige HE na Savi:**

Tsred	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	Pov
Sava VP Čatež	5.4	6.3	9.0	11.4	15.2	17.4	19.8	20.7	16.6	12.8	8.7	6.3	12.3

Tabela: Srednje mesečne temperature Save pred izgradnjo verige HE na spodnji Savi (1980 – 2000)

Od kasnejših meritev je v študiji iz leta 2012 prikazano še obdobje 2000 – 2010 za VP Čatež, ko so že bile zgrajene HE do vključno HE Arto-Blanca. Ob upoštevanju splošnega trenda naraščanja temperatur vstopne vode na začetku verige, vpliv verige HE na dvig srednjih temperatur ni dokazljiv. To potrjuje predhodno navedbo, da vpliva verige na slabšanje temperaturnih razmer ni ali pa je kvečjemu zanemarljiv. Dokazano je tudi, da akumulacije blažijo dnevna nihanja in predvsem v ekstremnih razmerah upočasnjujejo trend naraščanja srednjih temperatur v primerjavi s prosto tekočo reko.

Tsred	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	Pov
Sava VP Čatež	5.6	6.5	8.9	11.3	16.5	19.6	22.0	21.3	16.7	12.8	9.4	6.7	13.1

Tabela: Srednje mesečne temperature Save po izgradnji verige HE do HE Arto-Blanca (2000 - 2010)

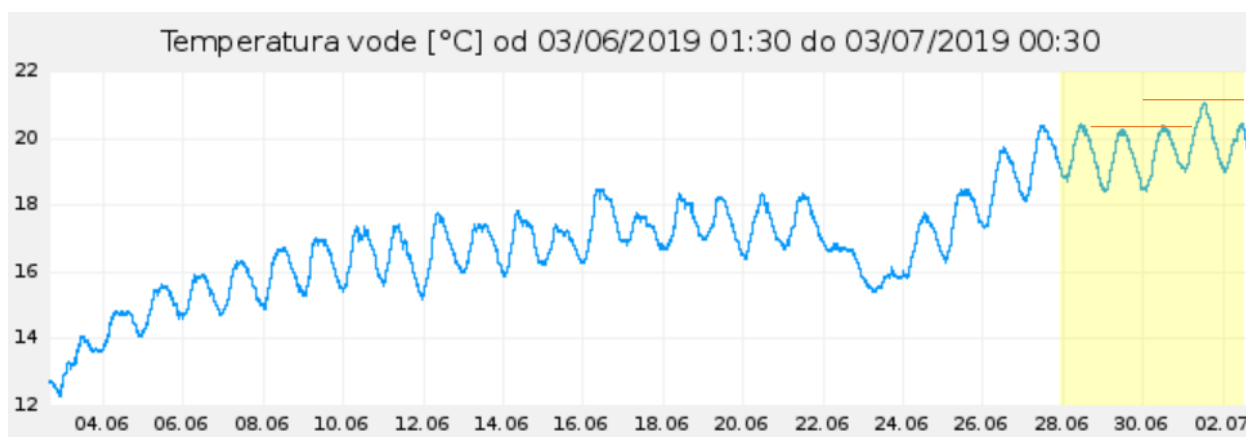
³ Na osnovi analize podatkov meritev temperature Save v okviru navedene študije v različnih obdobjih in stopnjah zgrajenosti verige HE na Savi je kot posledico vpliva zajezitev v kritičnih vremenskih razmerah možno pričakovati tudi ohlajanje vode. Podrobnejša razlaga je v prilogi na koncu teksta.

Po eni strani NEK sicer ogreva vodo Save pred vtokom v akumulacijski bazen HE Mokrice, po drugi pa bodo Krka ter manjši pritoki, v katerih prevladuje hladnejša drenirana podzemna voda, zniževale temperaturo vode v kritičnih obdobjih visokih temperatur in nizkih pretokov. Poleg tega je za začetek polnitve bazena postavljen pogoj, da se zagotovi ustrezna, nižja temperatura vode, ki se jo v Savo izpušča iz Term Čatež skozi Prilipsko mrtvico. **Ocenjujemo, da temperaturne razmere v bazenu HE Mokrice ne bodo bistveno drugačne kot pri gorvodnih bazenih, obstaja tudi verjetnost, da bodo zaradi predhodno navedenih dejavnikov celo boljše.**

Analiza razmer ob malem vročinskem valu konec junija in začetek julija (26.6 - 2.7. 2019, temperature zraka do 35 °C, pretoki manjši od mesečnih sQ_n , pod sotočjem s Savinjo ca 95 m³/s, torej podobni poletnim pretokom) je pokazala naslednje: najvišja dnevna zmesna temperatura Save in Savinje je na sotočju znašala 21,5 °C, v Čatežu, kjer se odražajo vpliv NEK, vseh bazenov in Krke, pa 25,5 °C, kar pomeni razliko 4 °C. Podobna razlika temperatur je bila izmerjena pred izgradnjo verige HE na Savi, ko je bila zgrajena le HE Vrhovo⁴.

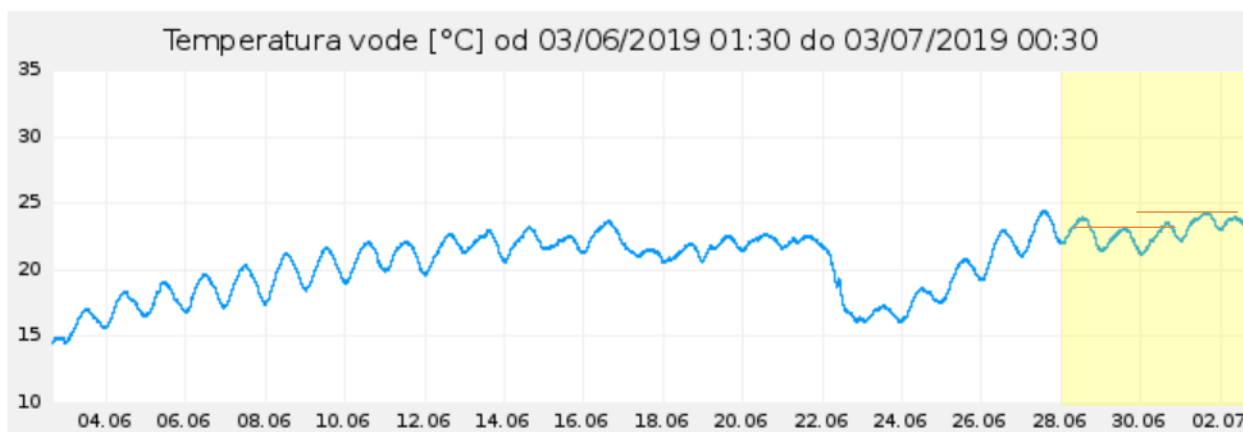
V analiziranem času razmere niso bile najbolj kritične, ker so bili pretoki nekoliko večji od najnižjih, tudi obdobje vročin ni bilo zelo dolgo, vendar so enake **izmerjene temperaturne razlike pred in po izgradnji verige HE ob podobnih vremenskih in hidroloških razmerah dovolj dober indikator, da bazeni vode ne ogrevajo, ampak je dvig temperature posledica naravnega segrevanja in izpusta hladilne vode NEK.**

Temperatura Krke je bila v tem času 24 °C, temperatura Save dolvodno od sotočja s Krko pa 25,5 °C kar pomeni, da **Krka dejansko hladi Savo**. Podobne primerjave se da na podlagi meritev opraviti za vse mesece v letu. Iz diagramov v nadaljevanju sledi, da so bile v omenjenem vročinskem obdobju najtoplejše reka Sava v Čatežu (25,5 °C), Savinja (24,2 °C) in Krka (24 °C), najhladnejša pa Sava pri Hrastniku (20,9 °C). Krka je bila s 17,1 °C nekje vmes.

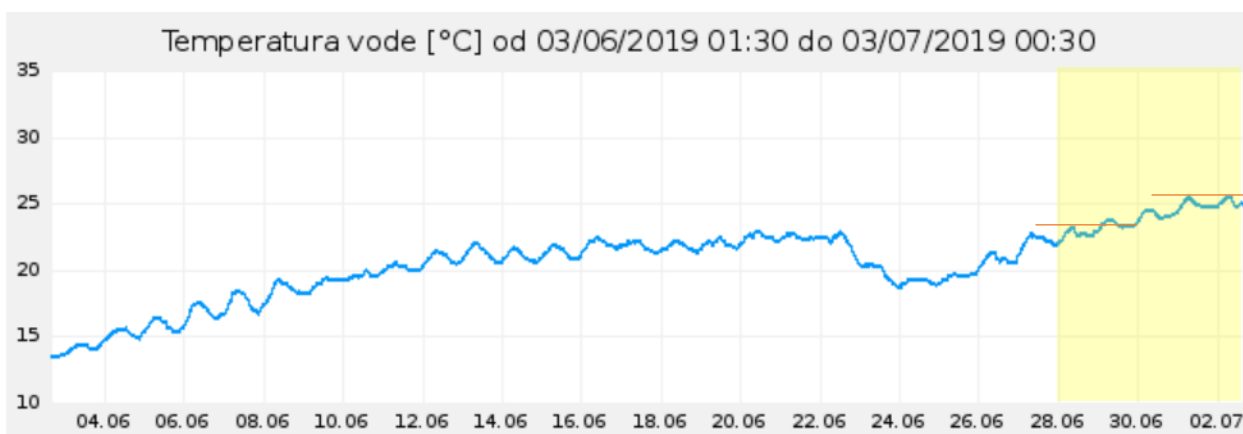


T vode Save v Hrastniku med 3.6.2019 in 3.7.2019. 20,2-20,9 °C.

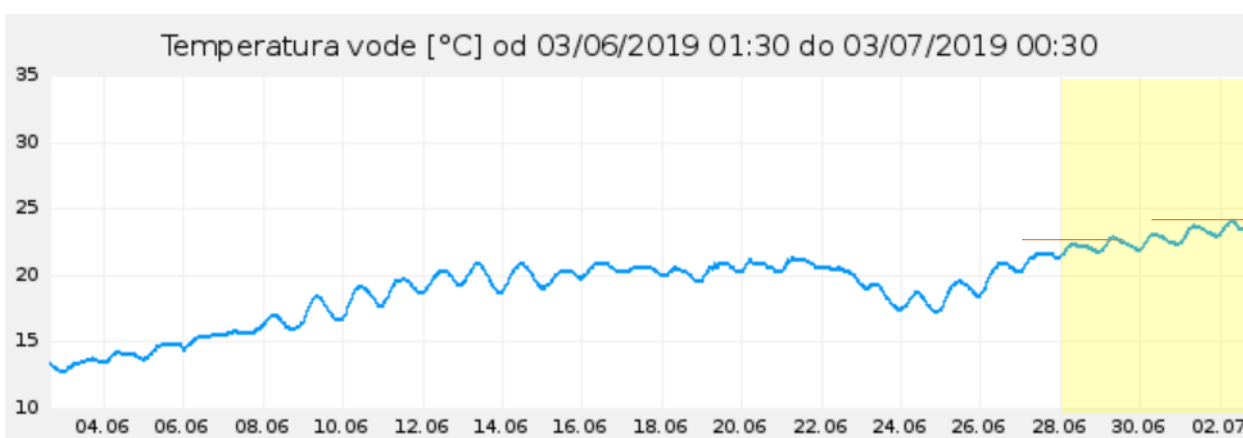
⁴ Gl. prilogo, 2. alineja.



T vode Savinje v Velikem Širju med 3.6.2019 in 3.7.2019. začetek julija 23,5-24,2 °C.



T vode Save v Čatežu med 3.6.2019 in 3.7.2019. začetek julija 23,7-25,5 °C.



T vode Krke v Podbočju med 3.6.2019 in 3.7.2019. začetek julija 23,4-24,0 °C.

Temperaturno stanje vode v bazenu Mokrice bo v povprečju podobno današnjim temperaturam Save brez zaježitve. Na to kažejo meritve v obstoječih gorvodnih bazenih, ki niso bistveno dvignili temperature Save. **V vročih poletnih razmerah bo nekoliko hladnejša Krka predstavljala vir sveže vode za bazen Mokrice.**

4.2 VSEBNOST KISIKA

Vsebnost kisika v vodi akumulacijskih bazenov HE na Savi je odvisna od več faktorjev, v glavnem pa jo povezujejo s temperaturo, vsebnosti alg in drugih mikroorganizmov, hidravličnimi razmerami (turbulenco).

Meritve vsebnosti kisika v akumulacijskem bazenu HE Boštanj⁵ 1.08.2018 med 6:00 in 6:30 v najglobljem delu bazena ca. 1 km gorvodno od pregradnega profila so pokazale, da je do globine 8 m vsebnost raztopljenega kisika več kot 8 mg/l, v večji globini pa so bile izmerjene vrednosti 7,9 – 2,9 mg/l. V spodnji dvometrski plasti pa je izmerjena količina pod 4 mg/l, kar je v skladu z Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Ur. L. RS št. 46/02 in 46/4-ZV-1) neprimerno za življenje rib. Izraženo v odstotkih od celotne prostornine akumulacijskega bazena (8,06 mio m³) je glede vsebnosti kisika 88,6% vode primerno za življenje rib, 7,7% manj primerno in 3,7% neprimerno. Glede na čas izvedene meritve je le ta dovolj ilustrativna za obdobje, ko so razmere v akumulaciji neugodne. V naslednjem diagramu so prikazani deleži prostornine akumulacijskega bazena HE Boštanj z različnimi vsebnostmi raztopljenega kisika:⁶

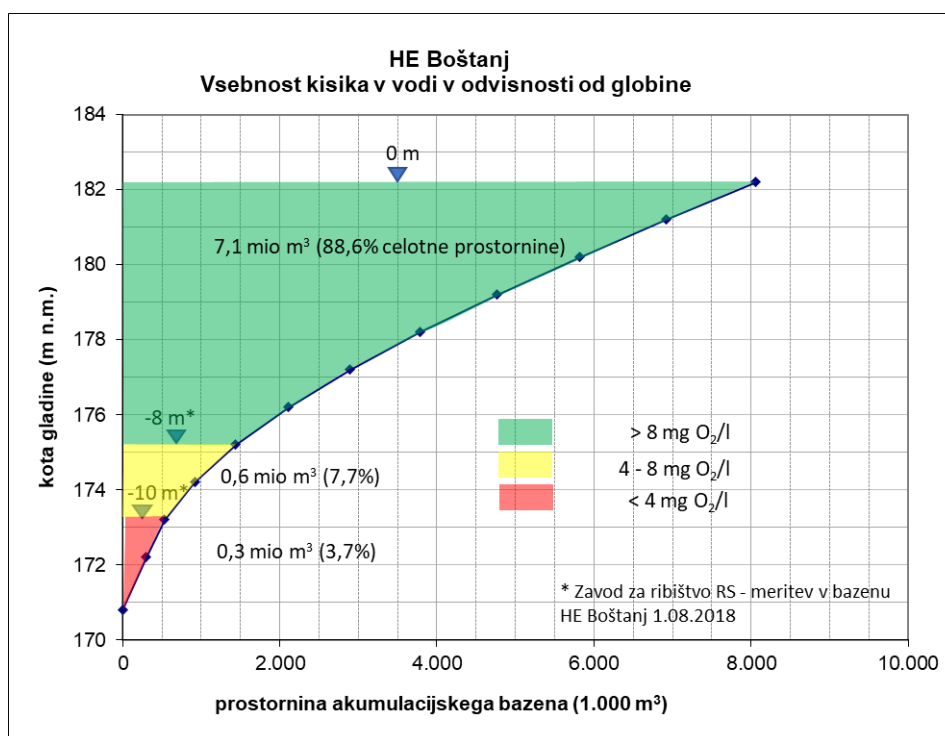


Diagram: Vsebnost kisika v bazenu HE Boštanj

Vsebnost kisika v vodi akumulacijskega bazena HE Mokrice je aproksimativno ocenjena na osnovi enakih izhodišč (globina do 8 m dobro ozračena, 8-10 m slabše, nad 10 pa nezadostno).

⁵ Zavod za ribištvo Slovenije, Ponovna izdaja mnenja po 61. členu ZVO-1 o sprejemljivosti nameravanega posega: gradnja HE Mokrice, 31.05.2019, str. 11

⁶ Prikaz je približen, ker je izračun prostornin izveden na osnovi predpostavke, da je količina kisika v odvisnosti od globine približno enaka v celotnem bazenu, vendar dovolj nazorno prikazuje razmere v akumulaciji.

Ob predpostavki, da temperatura vode ne bo presegala 25-26 °C (kar je nekoliko pesimistično ocenjeno in bodo dejanske temperature nižje) in upoštevanjem spodnjega diagrama, ki kaže topnost kisika v vodi v odvisnosti od temperature, bo voda vsebovala več kot 8 mg kisika na liter, v nižjih hladnejših plasteh pa več.

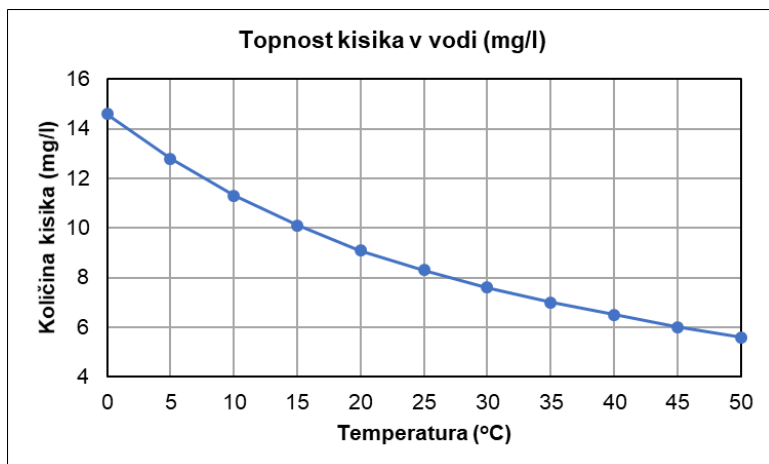


Diagram: vsebnost kisika v vodi v odvisnosti od temperature

V naslednjem diagramu je prikazano stanje v bazenu HE Mokrice, ocenjeno na osnovi navedenih izhodišč, ki se bo ustvarilo po zajeitvi:

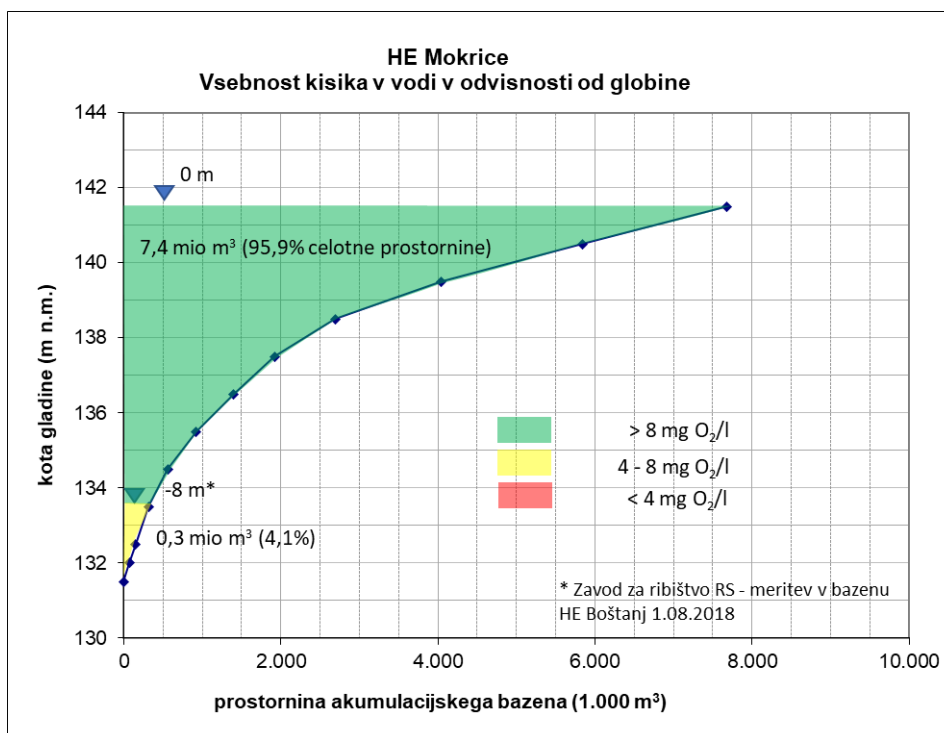


Diagram: Vsebnost kisika v bazenu HE Mokrice

Primerjava kaže, da bo v bazenu Mokrice (7,68 mio m³) skoraj 96% celotne količine vode dobro ozračene, slabše ozračene bo le dobre 4% vode, premalo ozračene vode ne bo. Temu je razlog manjši in plitvejši bazen, tudi konfiguracija bazena je takšna, da je praktično zanemarljiv delež

vode pod globino 8 m, kjer so razmere za življenje rib manj primerne. Primerjava je groba in temelji na analogiji, za bolj natančne rezultate bi bilo potrebno izdelati podrobnejšo analizo in izračune, ki bodo upoštevali toplotne razmere v bazenu in druge parametre, ki vplivajo na vsebnost kisika v vodi.

Če upoštevamo dejstvo, da se v akumulacijski bazen HE Mokrice izliva Krka, ki po vsej verjetnosti v kritičnih razmerah vsebuje več raztopljenega kisika, ter hitrejšo izmenjavo vode v bazenu, kar pripomore boljšim razmeram zlasti v poletnem času, ko je povečana nevarnost cvetenja alg in evtrofikacije lahko sklepamo, da bodo **razmere glede vsebnosti kisika boljše kot v bazenu HE Boštanj**.

5 POVEZANOST MED AKUMULACIJAMI, HABITATI V PRITOKIH IN POVEZANOST Z NJIMI

Za ohranitev populacije rib v akumulacijskih bazenih je pomembna povezanost med posameznimi akumulacijskimi bazeni ter ohranitev povezave s pritoki, zlasti če v pritokih obstajajo možnosti za drst. Večji pritoki z ustreznimi pogoji za življenje rib in drugih vodnih organizmov in ustrezno prehodnostjo imajo zelo velik, če ne odločujoč pomen za njihovo dobro stanje. Od bazena do bazena so razmere različne, kar vpliva tudi na razlike v velikosti in sestavi populacij v posameznih bazenih.

Bazen **HE Boštanj** ima najslabše pogoje med vsemi bazeni: nima prehoda za vodne organizme in ni povezan z drugimi akumulacijami, ker prehod ni bil zgrajen niti ob gorvodni HE Vrhovo. HE Vrhovo sicer ima umetno drstišče z dovodom vode iz svoje akumulacije, vendar le to praktično ne deluje. V akumulacijskem bazenu HE Boštanj ni večjih stalnih pritokov, pa še ti so zaradi v preteklosti izvedenih regulacij slabo prehodni za ribe iz Save.

Bazen **HE Arto – Blanca** je s prehodom za vodne organizme ter prehodi ob dolvodnih pregradnih objektih povezan s Savo le v dolvodni smeri, vendar poleg nekaj manjših stalnih pritokov ima nekoliko večji pritok Mirna, ki je tudi pred izgradnjo HE Blanca predstavljal pomemben habitat za ribe, ki so drstile v njenem izlivnem odseku. Po izvedbi niza pragov z drčami in drstišči namesto pragu, ki je onemogočal prehod ribam, le te lahko prosto prehajajo iz akumulacije v zgornji tok Mirne mimo male HE. Pri nekajletnem delovanju so se pokazale določene pomanjkljivosti. Investitor ureditev v Mirni, INFRA d.o.o. je začel z aktivnostmi na posegih s katerimi se bo delovanje drč in drstišč izboljšalo. Tu gre predvsem za

- zagotavljanje ustrezne globine in hitrosti vodnega toka na drstiščih z dovozom proda ustrezne zrnivosti,
- prilagoditev dolvodnega pragu denivelaciji akumulacijskega bazena, kjer se ob znižani gladini v akumulacijskem bazenu ustvari višinska razlika, ki jo nekatere vrste rib ne morejo premagati,

- zagotavljanje ustreznega pretoka po sonaravnem delu in drstiščih, kar je potrebno uskladiti s koncesionarjem male hidroelektrarne, ki domnevno odvzema več vode kot mu to dovoljuje koncesija.

Akumulacijski bazen **HE Krško** je s prehodi za vodne organizme povezan tako z gorvodno, kot z dolvodnimi akumulacijami, v akumulacijo se poleg nekaj manjših izliva le en pomembnejši pritok (Brestaniški potok), ki je manjši od Mirne. Do začetka obratovanja HE Brežice je predstavljal jez pri NEK neprehodno oviro za ribe in vodne organizme, zato se ribe, ki živijo v Savi dolvodno od jezua NEK niso mogle seliti v akumulacijski bazen HE Krško. Akumulacijski bazen HE Krško je bil torej kljub zgrajenemu prehodu za vodne organizme dolvodno praktično nepovezan s spodnjim tokom Save.

Situacija pri **HE Brežice** je glede pritokov podobna kot pri HE Krško. Opremljena je s prehodom za vodne organizme in ima le en z ribami naseljen pritok (Potočnica).

Pri **HE Mokrice** sta predvidena dva prehoda: prehod za vodne organizme dolžine ca. 650 m na desnem in obvodna struga dolžine ca. 1360 m na levem bregu. Poleg Krke se v Savo izlivata tudi potoka Močnik in Struga ter drenažni kanal na desnem nasipu akumulacijskega bazena. Krka je največji pritok na odseku spodnje Save, in predstavlja zelo pomemben habitat za ribe in druge vodne organizme, kar je od velikega pomena za vzdrževanje dobrega stanja tudi v akumulacijskem bazenu HE Mokrice. Tudi omenjeni pritoki sicer imajo razmeroma majhne (manj kot 1 m³/s) vendar stalne pretoke in bodo z zelo veliko verjetnostjo predstavljali pomemben habitat tudi za reofilne vrste rib⁷. Trenutno v teh manjših pritokih ni zagotovljena prehodnost ribam iz Save v času nizkih pretokov, to pa se bo zgodilo s polnitvijo akumulacijskega bazena HE Mokrice.

Pri Krki je načrtovana sonaravna ureditev izlivnega dela tako, da se zagotovijo čim bolj ustrezne hidravlične razmere za migracijo, drst in življenje vodnim organizmom. V projektnih rešitvah obdelanih v IDP, katerih funkcionalnost je potrdil konzultant ihtiološke stroke, je predvideno, da bo dno ob izlivu oblikovano s strmimi padci v obliki kaskad in drče, ki bodo zagotavljale prehodnost za ribe in druge vodne organizme ob vseh pretokih in gladinskih stanjih v Savi, gorvodni del do obstoječega praga v Krški vasi pa bo oblikovan z razgibanim reliefom rečnega dna, kjer bodo oblikovana drstišča. Detajlno parametriranje projektnih rešitev se izvaja s fizičnim hidravličnim modelom, s čem bo zmanjšana verjetnost morebitnih naknadnih korekcij, ki jih je potrebno izvesti pri podobni ureditvi na Mirni, pri kateri modelna raziskava ni bila izvedena.

Zaradi povezanosti s habitati v Krki in manjših pritokih, dveh povezav s spodnjo vodo namesto ene bodo razmere za ribe in druge vodne organizmov bazenu HE Mokrice bistveno boljše kot v gorvodnih bazenih.

⁷ Po razpoložljivih informacijah je tako v Močniku in Strugi, kot v drenažnem kanalu precej rib. Vrsta sestava in velikost populacij bosta znana po monitoringu, ki se izvaja v letošnjem letu. Pritoki imajo čisto vodo, ob izgradnji HE Brežice pa so njihove struge urejene tako, da lahko predstavljajo primeren habitat za ribe.

6 UREDITVE ZA ZAGOTOVITEV ŽIVLJENJSKIH POGOJEV ZA RIBE IN DRUGE VODNE ORGANIZME

V gorvodnih bazenih (HE Vrhovo, Boštanj, Blanca in Krško) je izvedenih razmeroma malo ali skoraj nič ureditev v strugi in brežinah, ki bi bile namenjene izboljšanju življenjskih pogojev za ribe in druge vodne organizme. Tu gre predvsem za plitvine, zalive, tolmune, trstičevje, večje kamne in potopljena drevesa, ki ustvarjajo primerne pogoje za življenje rib. Pri HE Blanca je nekaj takšnih ureditev v prehodu za vodne organizme.

Veliko teh ureditev je izvedenih v bazenu HE Brežice, predvidene so tudi v bazenu HE Mokrice. Poleg tega bosta tudi prehoda ob jezovni zgradbi v večji meri kot pri gorvodnih prehodih vsebovala sonaravne ureditve in ustrezne hidravlične pogoje, ki bodo poleg osnovne funkcije (prehodnost) predstavljale tudi habitat za ribe in vodne organizme vključno z drstiči. Oba prehoda bosta zagotavljala nemoteno obratovanje v vseh pogojih spodnje vode in tudi vseh gladinskih stanjih v akumulaciji.

Brežine akumulacijskega bazena HE Mokrice bodo predvsem v zgornjem delu bolj razgibane z vmesnimi plitvinami, kjer se bodo lahko vzpostavila drstiča.

Od vseh bazenov HE na Spodnji Savi je prav pri HE Mokrice predvidenih največ ureditev za izboljšanje življenjskih pogojev za ribe in vodne organizme.

7 ZAKLJUČKI

Akumulacijski bazen HE Mokrice bo izmed vseh elektrarn spodnjesavske verige imel bistveno boljše pogoje za življenje rib in vodnih organizmov:

- Vloga HE Mokrice kot izravnalnega bazena verige HE že sama po sebi zagotavlja najbolj enakomeren pretok skozi akumulacijo, podoben naravnem.
- Delež pritokov, t.j. »sveže« vode je v času nizkih pretokov pri Mokricah največji in znaša več kot 20% za razliko od gorvodnih akumulacijskih bazenov, kjer pritoki predstavljajo le par procentov pretoka skozi bazen.
- Zadrževanje vode v akumulacijskem bazenu je najkrajše – krajši čas zadrževanja pomeni tudi manj možnosti za razvoj nezaželenih procesov, kot je npr. evtrofikacija in cvetenje alg.
- V bazenu HE Mokrice so, podobno tudi v bazenu HE Krško, hitrosti toka največje. V celem bazenu je hitrost matice toka več kot 20 cm/s, kar bo platnicam večji del leta, zlasti v času drsti omogočalo orientacijo v bazenu in prehodnost in povezljivost populacij v Sotli in Krki.
- Glede temperatur in vsebnosti kisika je podana zelo verjetna ocena, da bo stanje ugodno, glede kisika nekoliko boljše kot v bazenu HE Boštanj. V bazenu HE Mokrice je pričakovati podobne temperature kot so že danes, ker bazeni HE na spodnji Savi praktično ne vplivajo na temperaturo vode.

- Krka kot največji pritok Save, ugodnejše hidravlične razmere in največji obseg ureditev za izboljšanje življenjskih pogojev in prehodnost za vodne organizme so argumenti, ki kažejo, da bo bazen HE Mokrice ponujal najugodnejše pogoje za dobro stanje rib in drugih vodnih organizmov med vsemi bazeni HE na Spodnji Savi in je v nekaterih elementih dejansko neprimerljiv z zgornjimi bazeni, zlasti z bazenom HE Boštanj.

Pripravili:



Krešimir Kvaternik



Dr. Andrej Širca



Iztok Močnik

PRILOGA: Meritve dviga temperature Save

V študiji »MEDSEBOJNI VPLIVI ENERGETSKIH OBJEKTOV OB IN NA REKI SAVI Z VIDIKA TOPLOTNE OBREMENITVE SAVE - revizija A« (IBE, 2012) so bile analizirane meritve temperature Save v značilnih profilih in časovnih obdobjih, t.j. različnih stopnjah zgrajenosti verige HE na Savi. V nadaljevanju so prikazane temperaturne razlike med sotočjem Save in Savinje, kar je vhodna temperatura v odsek verige ter profilom pred NEK, kjer še ni vpliva izpusta hladilne vode ter v profilu vodomerske postaje Čatež, v katerem se odraža vpliv vseh gorvodnih dejavnikov:

- 1. Julija 1998** so bili prirastki rečne temperature med sotočjem in NEK reda velikosti med 1,7 in 4,5 °C, srednja vrednost 5 delcev, ki smo jih spremljali vzdolž toka, je bila **2,76 °C** – analiza je bila narejena na podlagi MERITEV in ne matematičnega modela. Pretok Save je bil v povprečju 150 m³/s, pretok Savinje 30 m³/s. Dnevni temperaturni ekstremi so bili med 30 in skoraj 33 °C, ponoči pa se ni nikdar ohladilo pod 17 °C, v zadnji noči celo le do 19 °C. Zgrajena je bila samo HE Vrhovo, prirastek rečne temperature med Radečami in Vrhovim (spodnja voda) je znašal od -0,3 do +0,5, povprečje 5 vrednosti je bilo +0,16 °C.
- 2. V prvih dekadah avgusta 1992 in avgusta 1998** je dvig srednje rečne temperature med sotočjem in Čatežem znašal **5,0 oz. 4,0 °C**, kot kaže Preglednica 2.8-3⁸. Avgusta 1992 je bilo v prvi dekadi 8 dni z najvišjo temperaturo zraka preko 30 °C in 7 z najvišjo temperaturo zraka preko 34 °C, pretok Save pri NEK pa je znašal 51 m³/s. Avgusta 1992 HE Vrhovo še ni imela zajezitve, avgusta 1998 pa že. Ker je v tem času bila zgrajena le ena HE, je dvig temperature možno razložiti z naravnim segrevanjem Save do NEK ter izpustom hladilne vode NEK.
- 3. Junija 2003**, ko so bile razmere res ekstremne (eno najbolj vročih poletij, odkar se izvajajo meritve), je bil povprečni prirastek srednje rečne temperature med sotočjem in NEK **2,3 °C**, pri čemer je bila zgrajena samo HE Vrhovo. Julija je bil prirastek **2,96** in avgusta **2,62 °C**. Poletje 2003 velja za eno od najbolj ekstremnih, pretoki Save so bili med 60 in 45 m³/s. srednja Tzraka je bila 23,2 °C, povprečno sončno sevanje pa 272 w/m².
- 4. Avgusta 2007** je bil prirastek rečne temperature med sotočjem in NEK **1,36 °C**. Zgrajena je že HE Boštanj, pretok Save v Krškem je znašal 82 m³/s, srednja Tzraka 19,8, povprečno sončno sevanje pa 199 W/m².
- 5. Avgusta 2009** je bil prirastek rečne temperature med sotočjem in NEK **0,61 °C**. Zgrajena je že HE Arto-Blanča, pretok Save v Krškem je znašal 94 m³/s, srednja Tzraka 21,2 °C, povprečno sončno sevanje pa 240 w/m².

Pred izgradnjo verige HE je bil naravni prirastek temperature Save v poletnem času od sotočja s Savinjo do profila NEK 2,6-3,0 °C (1. in 3. alineja) in do VP Čatež 4-5 °C. Torej je prispevek NEK

⁸ Preglednice iz študije zaradi obsežnosti v tem elaboratu niso priložene.

bil ca. 2 °C. Z napredovanjem izgradnje verige HE se je temperaturna razlika v profilu NEK ob podobnih pogojih zmanjševala (3., 4. in 5. alineja)

Zaključek: Navedeni rezultati analiz temperatur Save v poletnih ali celo kritičnih poletnih razmerah ne dajejo osnove za trditve, da bazeni zvišujejo temperaturo vode. V ekstremnih razmerah velja ravno nasprotno, da jo ohranjajo hladnejšo kot bi bila v naravnem stanju.