

Hidrološke značilnosti reke Drave

Hydrological characteristics of the Drava river

Andrej SOVINČ

1. UVOD

Konec leta 1980 je pričela obratovati zadnja izmed hidrocentral na slovenskem odseku toka reke Drave: HE Formin ali Srednja Drava 2. Skupaj imamo v Sloveniji na reki Dravi zgrajenih 8 hidroelektrarn.

HE Formin leži na spodnjem delu Dravskega polja. Veliki jez, za katerim se zbira voda v umetnem Ptujskem jezeru, je bil zgrajen pri vasi Markovci. Voda iz jezera je tako poplavila več sto ha kmetijskih površin. Jezero se začne kmalu pod mestom Ptuj, pri jezu v Markovcih pa je bil zgrajen poseben dovodni kanal za dovod vode na turbine HE Formin, ki leži 8,5 km nižje. Po pretoku turbin v HE Formin se voda prek enako dolgega (8,5 km) odvodnega kanala pri Ormožu vrne v staro dravsko strugo. Razen tako imenovanega biološkega minimuma se prek markovskega jezu v staro dravsko strugo prelivajo le občasni viški visokih voda, ki jih turbine HE Formin ne morejo spremeniti v električno energijo.

2. OPIS OBJEKTOV ELEKTRARNE SD 2

HE Formin sestavljajo naslednji sklopi:

JEZ V MARKOVCIH IN VODNA AKUMULACIJA

Jez sestavlja šest pretočnih polj s segmentnimi zapornicami. Pretočna sposobnost jezu je $4.200 \text{ m}^3/\text{sec}$, skupaj z dovodnim kanalom pa $4.650 \text{ m}^3/\text{sec}$. Površina Ptujkega jezera obsega okoli 346 ha. Dolžina jezera je 4,2 km, v jezeru je akumuliranih okoli 25 milijonov m^3 vode. Na desni strani se na jez naslanja nasuta pregrada prek stare struge, ki se nadaljuje z desnim bočnim nasipom. Vtok v derivacijski kanal je na levi strani jezu.

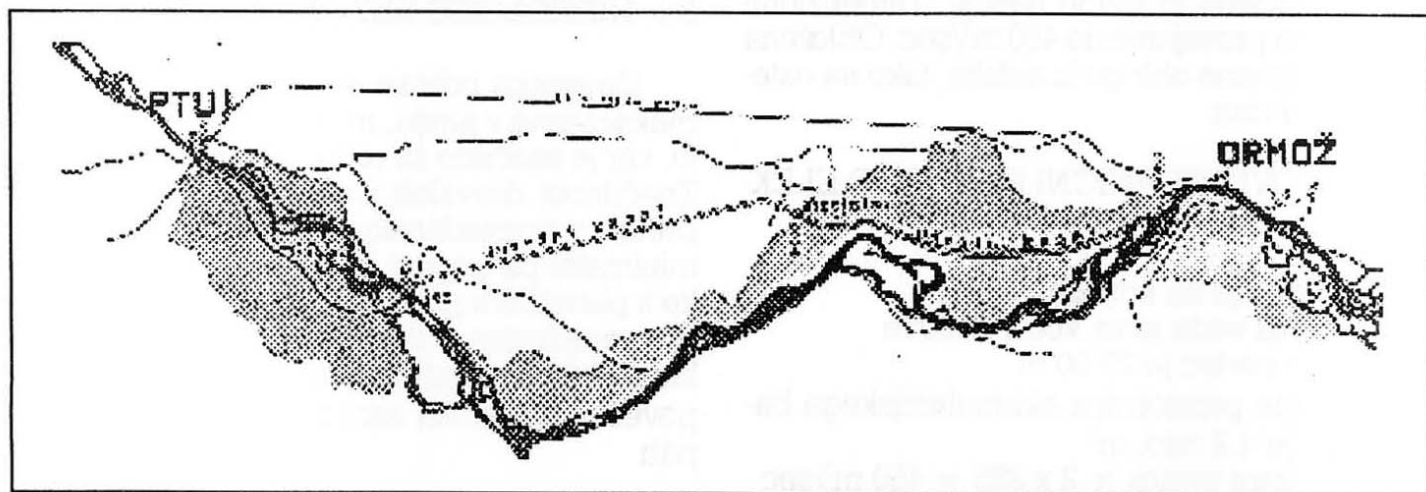
BOČNI NASIPI

Bočni nasipi so grajeni iz gramoznega materiala s peščeno meljastim jedrom in tesnilno steno na vodni strani, v območju nihanja gladin pa so prekriti še z asfaltno vodotesno oblogo.

Ob nasipih so zgrajeni kanali za odvod površinskih voda, ki se pri Markovcih stekajo v staro dravsko strugo; s tem je urejen odvod površinskih voda, ki so gravitirale proti današnjim derivacijskim kanalom.

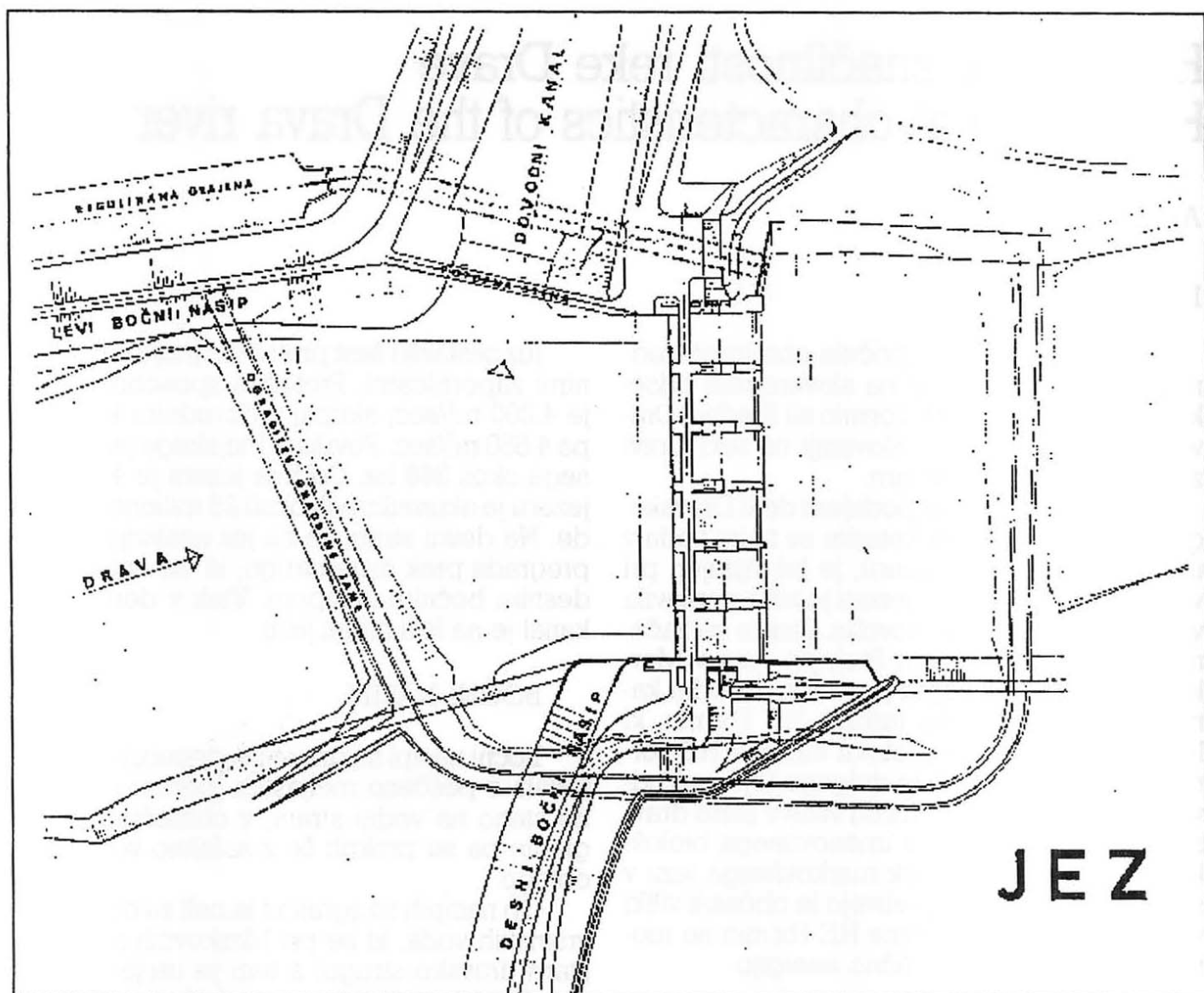
STROJNICA

Strojnica je klasične visoke izvedbe z mostnim žerjavom. V strojnici sta dva agregata.



Slika 1: Topografski položaj Ptujkega jezera in HE Formin (Hvastja, Bojc 1978)

Figure 1: Topographical situation of Ptuj Lake and HP Formin (Hvastja, Bojc 1978)



Slika 2: Jezovna zgradba v Markovcih z dovodnim kanalom in bočnimi nasipi (Hvastja, Bojc 1978)

Figure 2: Markovci dam with inlet channels and side embankments (Hvastja, Bojc 1978)

Vgrajena je Kaplanova turbina.

DOVODNI IN ODVODNI KANAL

Derivacijska kanala sta trapezne oblike, delno vkopana in delno nasuta. Dimenzionirana sta za prevajanje do $450 \text{ m}^3/\text{sec}$. Obložena sta z vodotesno oblogo iz asfalta, tako na ostenju kot na dnu.

OSNOVNI TEHNIČNI PODATKI O ELEKTRARNI:

- zajezev je na koti 220.00 m
- spodnja voda je na koti 191.00 m
- bruto padec je 29.00 m
- koristna prostornina akumulacijskega bazena je 4,2 mio. m^3
- instalirani pretok je $2 \times 225 = 450 \text{ m}^3/\text{sec}$
- instalirana moč je $2 \times 56 = 112 \text{ MW}$
- povprečna letna proizvodnja energije je

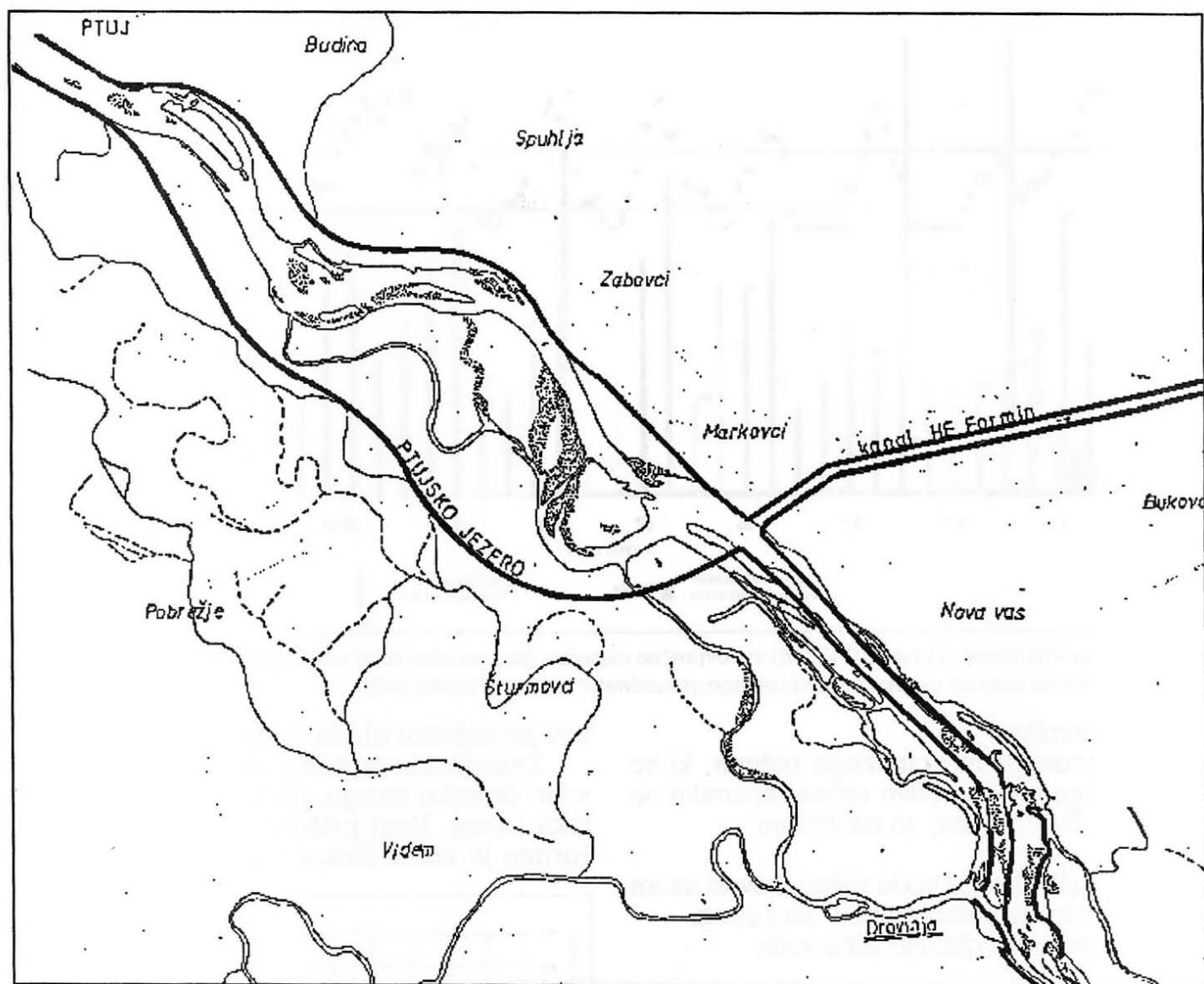
570 GWh

3. OSNOVNE HIDROLOŠKE ZNAČILNOSTI REKE DRAVE

3.1. HIDROLOŠKI REŽIM REKE DRAVE

Dinamika odtoka reke Drave kaže letne maksimume v juniju, minimume pa v februarju, kar je značilno za reke z nivalnim režimom. Značilnost dravskih pritokov so maksimalni pretoki v pomladanskih in jesenskih mesecih, minimalni pa pozimi in poleti, kar velja za reke s pluvialnim režimom. Visoke vode na Dravi so predvsem posledica močnih poznopomladanskih in poletnih nalivov, ob istočasnem povečanju pretoka zaradi taljenja snega v Alpah.

3.2. ZNAČILNOSTI OBDRAVSKE LOKE V ŠTURMOVCIH



Slika 3: Drava med Ptujem in sotočjem z Dravinjo pred in po postavitvi jezu v Markovcih

Figure 3: The Drava River between Ptuj and the Dravinja tributary before and after the Markovci dam construction

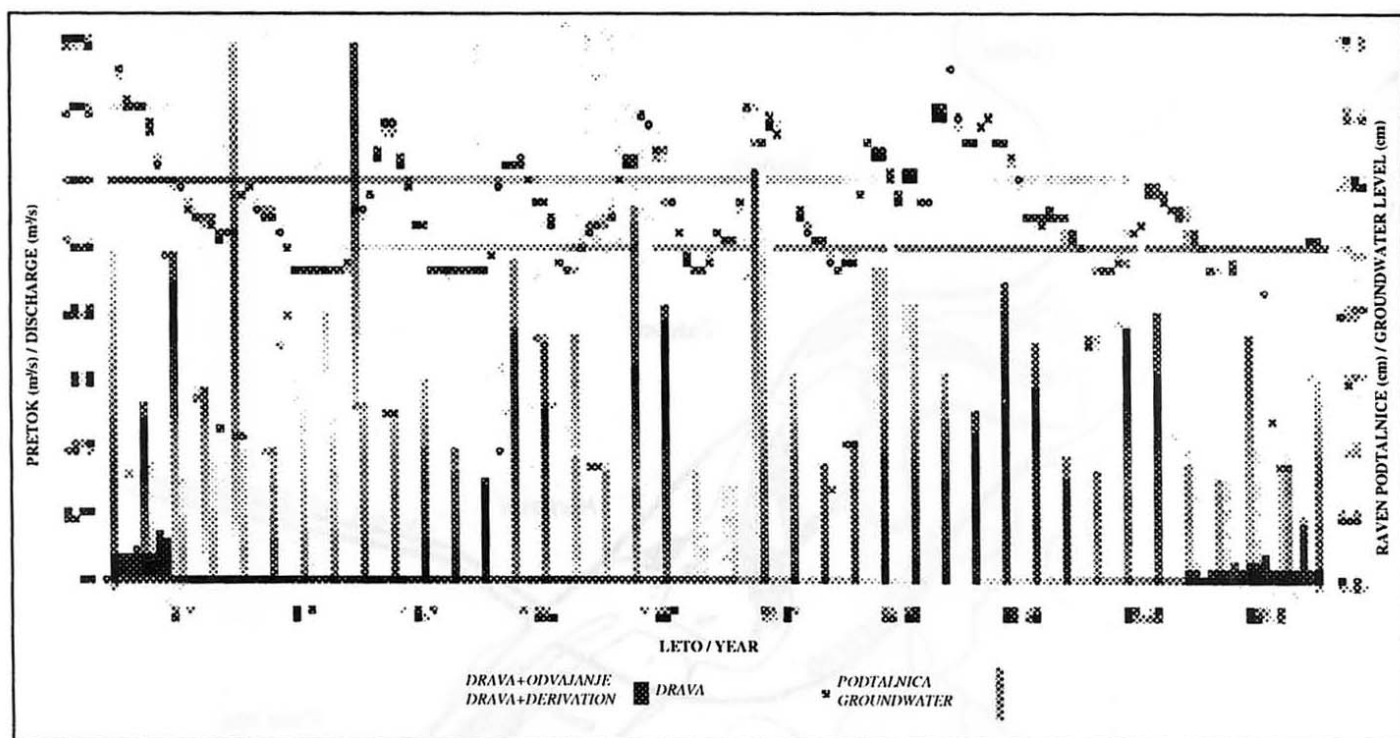
Območje Šturmovcev, stisnjeno med ledenodobne terase, je imelo pred postavitvijo verige spodnjedravske HE izjemno vrednost predvsem kot poplavno retenzijski prostor, kjer so se umirjale narasle dravske vode po občasni naravnih stihijah. Loka, kakor imenujemo ta prostor, je obvodni pas reke, v katerem so občutni vplivi rečne dinamike. Reka tu predstavlja svojo strugo, premešča prodišča, ustvarja in ruši erozijske stene in zajede ter se umirja v zeliščnem pasu, ki prehaja v poplavni gozd. Za poplavni gozd je značilna prepletenost z mrtvimi rečnimi rokavi, prek katerih se prelivajo občasne visoke vode in visok nivo gladine talne vode, ki napaja značilno drevesno združbo. Poplavni gozd nato prehaja v pas travniške loka z redkejšim drevjem, grmovjem in travniškimi livadami, ki jih bogatijo značilne obdravske studenčnice.

Po postavitvi HE Formin območje Šturmov-

cev le še občasno preplavi visokovodni val, ki ga turbine HE Formin niso sposobne spreminiti v električno energijo. Pri tem vode poplavsajo po izkrčenih njivskih površinah, ki se dandanes zajedajo prav do rečnega korita in s seboj odnašajo še tisto tanko plast prsti, ki prekriva nekdanje površine loka.

4. DEFINICIJA PROBLEMA

Cilj renaturacijskih posegov je vzpostavitev stanja, podobnega tistemu, ki je bilo pred nastalimi spremembami v prostoru. Pri tem je pomembno poznavanje osnovnih trenutnih značilnosti prostora, kakor tudi stanja pred nastalimi spremembami. Cilj renaturacije loka v Šturmovcih je vzpostavitev hidrološkega režima, podobnega tistemu pred postavitvijo elektrarn, kar bi po naravni poti zagotavljalo funkcioniranje ekosistema, ki ga zaznamuje



Slika 4: Povprečni mesečni pretoki (VP Borl) in povprečne mesečne gladine talne vode na Ptujskem polju.
Figure 4: Average monthly discharges and average groundwater levels at Ptujsko polje.

rečna dinamika.

Spremembe hidrološkega režima, ki so najbolj spremenile vplive rečne dinamike na območju Šturmovcev, so naslednje:

- I. zmanjšan pretok vode v stari dravski strugi
- II. morfološke spremembe v stari strugi
- III. znižani nivoji gladine talne vode

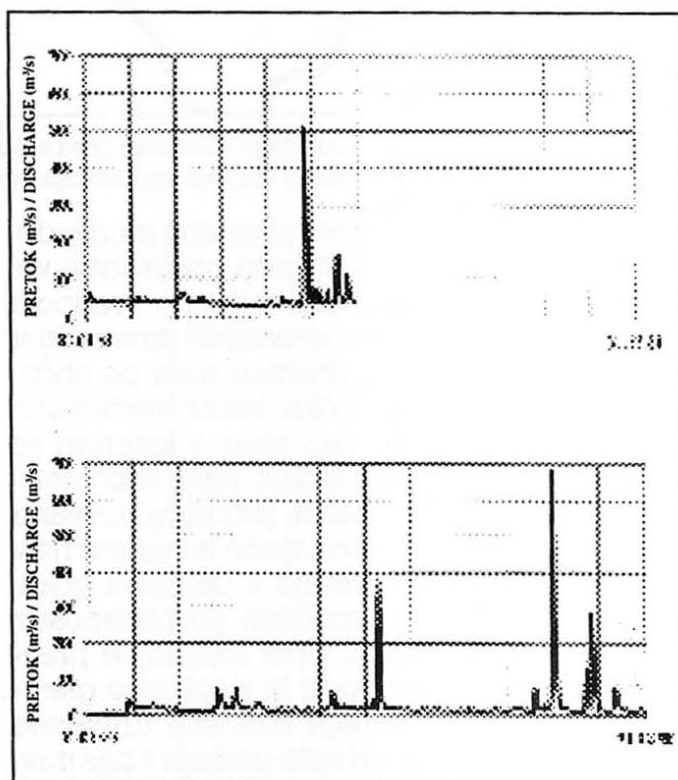
5. ANALIZA HIDROLOŠKIH SPREMEMB

5.1. PRETOKI

Hidrološki režim Drave je bil v zadnjih desetletjih zaradi postavitve verige dravskih HE močno preoblikovan. Dnevna nihanja pretokov so bila velika in neposredno odvisna od obratovanja više ležečih elektrarn. Značilnost takšnega poteka glavin je, da se večji del dneva pretaka le t.i. biološki minimum (nekaj deset m^3), pri maksimalnem obratovanju elektrarn pa se nekaj ur dnevno poveča pretok za nekajkrat. Pri višjih pretokih je Drava zapolnila številne rokave, mlinščice, stare struge in napajala tudi bolj oddaljena območja, kar se je dogajalo skoraj vsak dan, danes pa le ob t.i. konicah, v času visokovodnih valov. Po začetku obratovanja HE Formin pa je v stari dravski stugi ostal le še biološki minimum, ki se pretaka po vse bolj zaraščajoči se strugi. Na sliki 4 je prikazana sprememba glavin letnih preto-

kov po začetku obratovanja HE Formin.

Zmanjšanje pretokov vode, ki se preliva v staro dravsko strugo, pa vpliva tudi na širino toka Drave. Pred pričetkom obratovanja HE Formin je imela Drava občasno tudi več sto



Sliki 5 in 6: Pretoki na VP Borl za leti 1981 in 1990.
Figures 5 & 6: Discharges at Borl water-level station in 1981 and 1990.

metrov široko strugo, voda se je prelivala v številne rokave in mrtvice, občasna prodonosnost je preprečevala zablatenje bregov in omogočala prenikanje vode v obvodni svet. Poudariti je treba, da se je to dogajalo tudi še po postavitvi verige HE v zgornjem toku Drave. Po izgraditvi HE Formin, ki ima največji neposredni vpliv na hidrološki režim območja Šturmovcev, pa je od nekoč širokega vplivnega območja reke Drave ostalo le še nekaj deset metrov široko plitvo rečno korito.

Ob pripravi na graditev HE Formin so bile regulirani tudi pritoki v neposredni bližini. Reguliran je bil del struge Pesnice na Ptujskem polju, tako da se nekdanje poplavne vode prelivajo neposredno v odvodni kanal HE Formin. Dravinja se sedaj izliva v Dravo pri nižjih dravskih gladinah. Vzdlž stare dravske struge so presahnile številne studenčnice, mrtvi rokavi in druga mokrišča. Zaradi Ptujkega jezera visoke vode Drave ne vplivajo več na odtočne razmere površinskih voda, saj je bila akumulacija dimenzionirana tako, da zadrži večino visokih voda in poplavljanje ni več mogoče.

Med osnovnimi tehničnimi podatki o elektrarni SD 2 (točka 2) lahko razberemo, da je instalirani pretok vode prek turbin 450 m³/sec. Toliko vode odvzema HE ob optimalnem obratovanju turbin. Kolikšen je dejanski povprečni mesečni odzem vode za SD 2, pa je razvidno iz Slike 4. Na tej prilogi je prikazana odvisnost med pretoki in gladino talne vode za vodomerno postajo Borl na Ptujskem polju. Žal ta postaja ni obratovala med drugo polovico leta 1981 in ob koncu leta 1989. Prazni stolpci prikazuje količine vode, ki se pretaka skozi derivacijski kanal do HE Formin in se prek kanala spet izliva v Dravo, vključno z biološkim minimumom, ki se pretaka po stari dravski strugi. Polni stolpci pa kažejo vodne količine, ki se prelivajo samo po stari dravski strugi (žal le za obdobje, ko je obratovala vodomerna postaja pri Borlu). Razlika med stolpci kaže, koliko vode je v obravnavanem obdobju (povprečno po posameznem mesecu) odzemale HE Formin.

Ce je dotok vode do turbin večji od tistega, na katerega je dimenzionirano njihovo delovanje, je treba višek vodnega vala odvajati v staro dravsko strugo. To se zgodi ob t.i. visokih vodah. Takšne hidrograme prikazujeta sliki 5 in 6 za vodomerno postajo Borl. Na hidrogramih za leto 1981 in 1990 so prikazane povprečne dnevne vrednosti pretokov, ki so določene z aritmetično sredino pretokov, ki so na-

stopili v 24 urah. Vidimo, da po stari dravski strugi večino leta teče t.i. biološki minimum, nekoliko višji v letu 1981 in nižji v letu 1990, ko večino leta ni presegal okoli 20 do 30 m³/sec. Izrazite konice v teh grafikonih pa kažejo čas visokovodnih valov, ko se presežek vodnih količin namesto na HE odvaja v staro dravsko strugo. Tako se je v času znanih poplav v začetku novembra 1990 mimo Borla prelivalo skoraj 700 m³/sec. Hidrološko velja obdobje med letoma 1981 in 90 za sušno obdobje. S slike 6 vidimo, da se je v letu 1990 v stari dravski strugi le trikrat do štirikrat prelivalo več kot 100 m³/sec vode in le petkrat ali šestkrat več kot 50 m³/sec vode.

5.1.1. Predlagani ukrepi

Iz podatkov o instalirani moči turbin HE Formin in iz diagramov pretokov vode po stari dravski strugi in derivacijah lahko vidimo, kakšne količine vode so se pred postavitvijo HE SD 2 prelivale v stari dravski strugi.

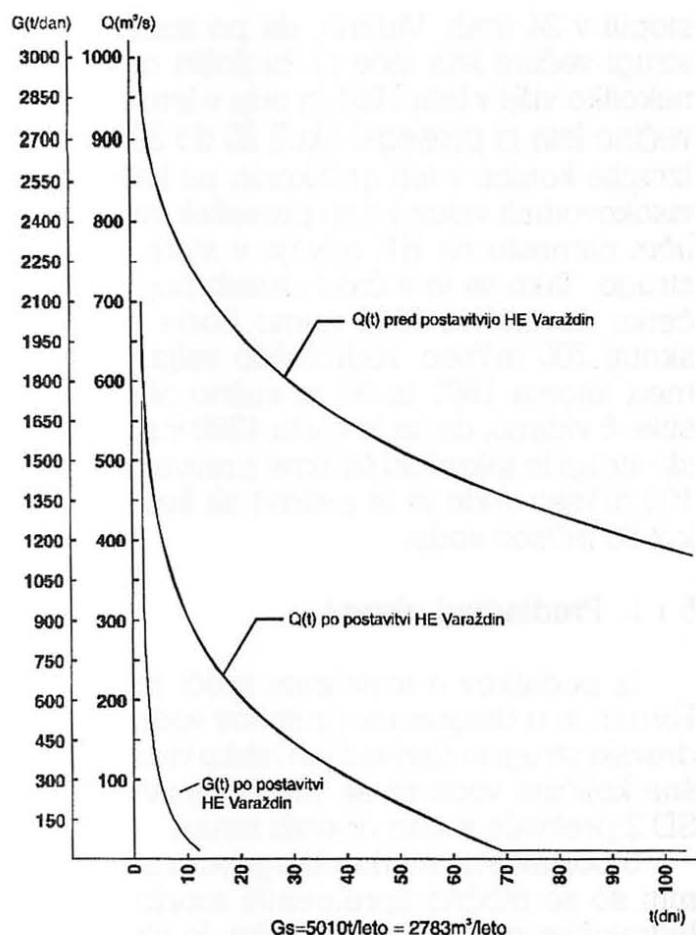
S postavitvijo markovškega jezua in HE Formin so se močno spremenile morfološke in hidrološke značilnosti območja, ki jih v celoti ni več možno povrniti.

V posebni študiji bi morali preučiti možnosti povečanega prelivanja vode v staro dravsko strugo na način, ki ne bi bistveno prizadel obratovanja HE Formin oziroma bi upošteval sprejemljive prilagoditve in morebitne adaptacije HE (obratovanje z zmanjšano zmogljivostjo). Določitev potrebnih vodnih količin za izboljšanje morfološkega stanja stare dravske struge pa bi morala upoštevati tudi predvidene ukrepe (npr. količine umetno vnešenega proda, sistem pragov itd.).

5.2. MORFOLOŠKE SPREMEMBE

Značilnost dravskega toka na odseku med Ptujem in Ormožem pred postavitvijo zadnjih dravskih HE je bila intenzivna morfološka dinamika in premeščanje toka. Reka je svoje korito premeščala po nestanovitnih prodiščih in sipinah. Prodišča so zaradi rečne dinamike stalno nastajala in izginjala, redno preplavljanje pa je onemogočalo njihovo zaraščanje.

Dandanes je zaradi zgrajene verige HE na Dravi naravni transport proda skorajda prekinjen, zmanjšani pretoki prek jezua v Markovcih v staro dravsko strugo pa nimajo dovolj erozijske moči, da bi lahko po naravni poti omejevali zaraščanje obstoječih sipin. Prodišča se



Slika 7: Krivulja trajanja pretokov in profilne prodonosnosti za odsek Ormož - Središče ob Dravi (JUVAN 1992).

Figure 7: Discharge duration curve and profile sediment transport duration curve section: Ormož - Središče ob Dravi.

tako zaraščajo, postajajo še odpornejša proti eroziji in premeščanju, zaradi majnih pretokov in zanemarljive prodonosnosti pa nove sipine ne morejo nastajati. Finejše frakcije proda so v stari dravski strugi praktično izprane, kar pomeni, da se gibanje proda sedaj pričinja kasneje (t.j. pri večjih pretokih kot nekoč).

Pri načrtovanju revitalizacijskih ukrepov v nastalih razmerah, ko je naravni transport proda prekinjen zaradi usedanja v Ptujski akumulaciji, so od količine erodiranega materiala pomembnejše določitev pretoka, pri katerem se pričinja transport proda, kar še posebej velja za odsek dravske struge pod jezo v Markovcih pa do prvega večjega (prodonosnega) pritoka. Samo povečano prelihanje voda prek jezov v Markovcih torej še ne bi prineslo želene učinka.

Po enačbah Meyer-Peter Müllerja in Schoklitscha je bila izračunana vrednost specifične prodonosnosti za odsek Drave med Ptujem in Zavrčem pred postavitvijo HE Formin, iz linije pretokov in planimetriranjem površin pod linijo trajanja profilne prodonosnosti pa je bila za kontrolo iz vrednotena še povprečna vred-

nost letne količine proda, ki ga je bila Drava sposobna transportirati pred postavitvijo HE Formin. Ocenjeno je bilo, da je kljub direktnim meritvam prodonosnosti in izračunanim vrednostim po omenjenih enačbah ocena, dobljena s planimetriranjem površin, natančnejša od merjenih vrednosti (JUVAN 1992); iz vrednotena vrednost letne količine transportiranega proda na odseku med Ptujem in Zavrčem pred postavitvijo HE Formin je tako 136.000 m³/leto.

(Neposredne meritve prodonosnosti v letih 1967-68 so sicer pokazale še večjo vrednost, t.j. 300.000 m³/leto).

Izračunana vrednost letnih količin transportiranega materiala za isti odsek Drave (med Ptujem in Zavrčem) po izgraditvi HE Formin pa je 335 m³/leto.

Primerjava vrednosti transportne sposobnosti Drave pred in po postavitvi HE Formin kaže, da je *sedanja vrednost okoli 400-krat nižja!*

V obdobju 13 let po začetku obratovanja HE Formin je bilo na odseku Drave med Zavrčem in Ormožem na leto povprečno transportiranih 5.770 m³ sedimentov (skupno v 13 letih okoli 75.000 m³), pri čemer je treba poudariti, da največji del plavin prispevajo dravski pritoki, posebej reka Dravinja, in erodirani material z nekdanjih obsežnih prodišč blizu gradu Borl. Delež erodiranega materiala, ki prihaja iz gornjih odsekov reke Drave, obsega vsega okoli 6% celotnega deleža plavin!

Dejstvo je, da zaradi zgrajenega sistema HE ni možno odpraviti osnovnega vzroka zmanjšane prodonosnosti, oziroma povečane poglobljanja korita. Zaradi poglobljanja struge se bo nadaljevalo rušenje obrežnih zavarovanj, znižanje gladine podtalnice, izsuševanje studenčnic in nekdanjih mlinščic ter s tem propadanje obrežnih lok in prodišč. Pri načrtovanju revitalizacijskih ukrepov je treba to upoštevati.

5.2.1. Predlagani ukrepi

Za izboljšanje morfološkega stanja reke Drave na obravnavanem odseku pod jezo v Markovcih bi bilo smiselno sprejeti naslednje ukrepe:

1. POVEČAN PRETOK VODE PREK JEZU V MARKOVCIH

Občasno preplavljanje prodišč bo po na-

ravni poti omejevala njihovo zaraščanje, hkrati pa bo povečana erozijska moč reke uravnala tudi nastanek novih in premeščanje obstoječih prodišč.

2. UMETNO DOVAJANJE PRODA V REČNO KORITO

Za vzpostavitev vsaj približno podobnih razmer, kot so prevladovali pred postavitvijo verige HE, pa bi bilo nujno umetno dovajanje proda v rečno korito (seveda ob povečanem dotoku vode prek jezua v Markovcih) oziroma alternativno spiranje usedlin izza rečne pregrade. Primerjave dobljenih vrednosti prodonosnosti pred in po postavitvi HE Formin in upoštevanje dejstva, da Ptujsko jezero deluje kot ogromen usedalnik proda, jasno kažejo, da je umetno dovajanje proda nujno za revitalizacijo prodišč in rečne dinamike na obravnavanem odseku.

3. SISTEM TALNIH PRAGOV

Za upočasnitev procesov poglobljanja struge bi bilo smiselno vzpostaviti sistem talnih pragov.

4. VPLIV NA TRANSPORTNE ZMOGLJIVOSTI REKE

Transportne zmogljivosti reke je možno do neke mere regulirati s prilagajanjem širine rečnega korita.

5. PREPOVED ODVZEMA PRODA

Prepovedati je treba nenadzorovan odvoz proda iz "črnih" gramoznic tik ob stari dravski strugi.

6. UREDITEV NADOMESTNIH BIOTOPOV V GRAMOZNICAH OB REKI

Z dvigom gladine talne vode bodo nastali v eksploatiranih gramoznicah ob reki pomembni nadomestni biotopi.

7. OMEJITEV SPREMEMB V RABI OBREŽNEGA PROSTORA

Izsekavanje, spreminjanje površin gozdne in travniške loke, urbanizacija in drugi človekovi posegi rušijo naravno ravnovesje ob reki in povečuje nevarnost erozijskih procesov ter

spiranja plavin.

5.3. PODZEMNE VODE

Vsak poseg v hidrološki režim aluvialnih vodotokov povzroča dreniranje in infiltracijo vode iz korita neposredno v bližnji odvodnik ter spremembe režima v bližnjih manjših površinskih vodotokih. Vodni režim podtalnice v aluvialnem vodonosniku je poleg prevladujočega vpliva bližnjega vodotoka lokalno pod vplivom hidrogeoloških in topografskih značilnosti področja pa tudi gospodarskih dejavnosti (dreniranje, izsuševanje, intenzivno poljedelstvo, vodna zajetja itd.). Podtalnica Ptujškega polja se razen z dravsko vodo napaja tudi iz sosednjega povodja Pesnice, ki ima nekoliko drugačen odtočni režim.

5.3.1. Dravsko polje

Dravsko polje obsega s prodom zasuto ravnino med Mariborom, Pragerskim in Vidmom pri Ptuj. Na visoki terasi je debelina prodnih naplavin 22-26 m, na nizki terasi vzdolž Drave 5-18 m. Podlago prodnih naplavin sestavljajo neprepustne plasti gline, laporja, konglomerata in peščenjakov.

Gladina podtalne vode je nagnjena v glavnem od zahoda proti vzhodu z rahlim odklonom proti odvodnemu kanalu HE Zlatoličje. Na zahodnem obrobju polja je gladina 6-13 m pod površino, v osrednjem 6-10 m ter blizu strojnice HE Zlatoličje okoli 14 m pod površino. Na nizki terasi vzdolž Drave je gladina le 2-3 m pod površjem.

Vodonosna prodna plast je na zahodnem delu polja debela od 3,5-13 m, v osrednjem delu 11-19,5 m in na južnem obrobju 14-18 m.

Podtalna voda se napaja s prenikanjem padavin, ki padejo na polju, in z infiltracijo pohorskih pritokov. Infiltracija iz meljskega akumulacijskega bazena je le malenkostna. Odteka v studenčnice pod visoko teraso, v odvodni kanal HE Zlatoličje in v staro strugo Drave.

Skupni pretok podtalne vode znaša pri nizkem vodnem stanju 2,5 m³/sec, pri srednjem do 2,8 m³/sec. Od tega je treba odšteti 0,4 m³/sec pretoka podtalnice v severozahodnem delu polja, ker je zaradi urbanizacije že zelo onesnažena. Okoli 0,6 m³/sec vode se izkorišča v obstoječih črpališčih na Dravskem polju.

Ostane še 1,5 m³/sec pretoka podtalne vode, vendar je mogoče izkoristiti le še 0,6-0,8

m³/sec. Vzhodno od Kidričevega je podtalna voda močno onesnažena zaradi izcejanja iz farm in tovarne glinice.

5.3.2. Ptujsko polje

Prodna ravnica Ptujkega polja se razprostira med Ptujem, Ormožem, Dravo in vznožjem Goric. Podtalnica na Dravskem polju je po postavitvi HE Formin ločena od podtalnice Dravskega polja. Debelina prodnih naplavin je 4-22 m. Najdebelejše so med Budino, Turniščem in Šturmovci ter pri Gorišnici, Moškanjcih in Dornavi (od 15-22 m). Zelo tanke so med Borovci, Prvenci in Markovci (4-10 m). Podlaga prodnih naplavin sestavlja neprepustni terciarni lapor. Gladina podtalne vode je nagnjena v zahodnem delu polja od severozahoda proti jugovzhodu, v vzhodnem delu pa od zahoda proti vzhodu. V zahodnem in osrednjem delu polja je gladina podtalnice od 6-8 m pod površjem (na visoki terasi). Na nizki terasi pri Stojncih in Forminu je le 2-3 m globoko. V vzhodnem delu polja je gladina le 1-4 m pod površjem.

Vodonosna prodna plast je v skrajnem zahodnem delu pri Spuhli in Budini debela 10-15 m, v osrednjem delu med Markovci, Borovci, Zagojiči in Stojnci pa le 1-5 m. V vzhodnem delu je debela 5-9 m.

Podtalna voda se napaja s prenikanjem padavin, ki padejo na polju, in v precejšnji meri z infiltracijo vode iz Ptujkega jezera in stare dravske struge pod jezo. Odteka v studenčnice pod visoko teraso in v Dravo. Odvodni kanal HE Formin je zatesnjen z vzdolžnim tesnilnim zidom, zato je odtekanje podtalne vode v kanal neznamno.

Skupni pretok podtalne vode je pri srednjem vodnem stanju 0,9 m³/sec. Od tega vodovod za Ormož pri Mihovcih odvzema okoli 50 l/sec.

5.3.3. Vpliv postavitve HE Formin na režim podtalnice

Ptujka akumulacija preprečuje odtekanje podtalnice proti Dravi. Vodonosnik pod markovskim jezo se je pred postavitvijo jezu napajal s podzemnimi tokovi, ki so pritekali iz zahoda. Neprepustni nasipi ob akumulaciji so te tokove prekinili, zato se podzemni rezervoarji talne vode v pasu Šturmovcev ne polnijo več z zalednimi talnimi vodami. Vodna gladina v akumulaciji je bistveno višja od vodne-

ga ogledala v stari dravski strugi, ločuje ju neprepustna obloga, kar je povzročilo še hitrejšo drenažo podtalnice.

Ob nasipih akumulacije so bili sicer zgrajeni posebni kanali, ki naj bi nadomestili drenažni vpliv več deset metrov široke dravske struge, vendar zaradi premajhnih dimenzij in zablatenja ne morejo opravljati te naloge. Gladina podtalnice ob kanalih je približno 0,5 do 1,0 metra nad gladino vode v kanalu (BRILLY 1980).

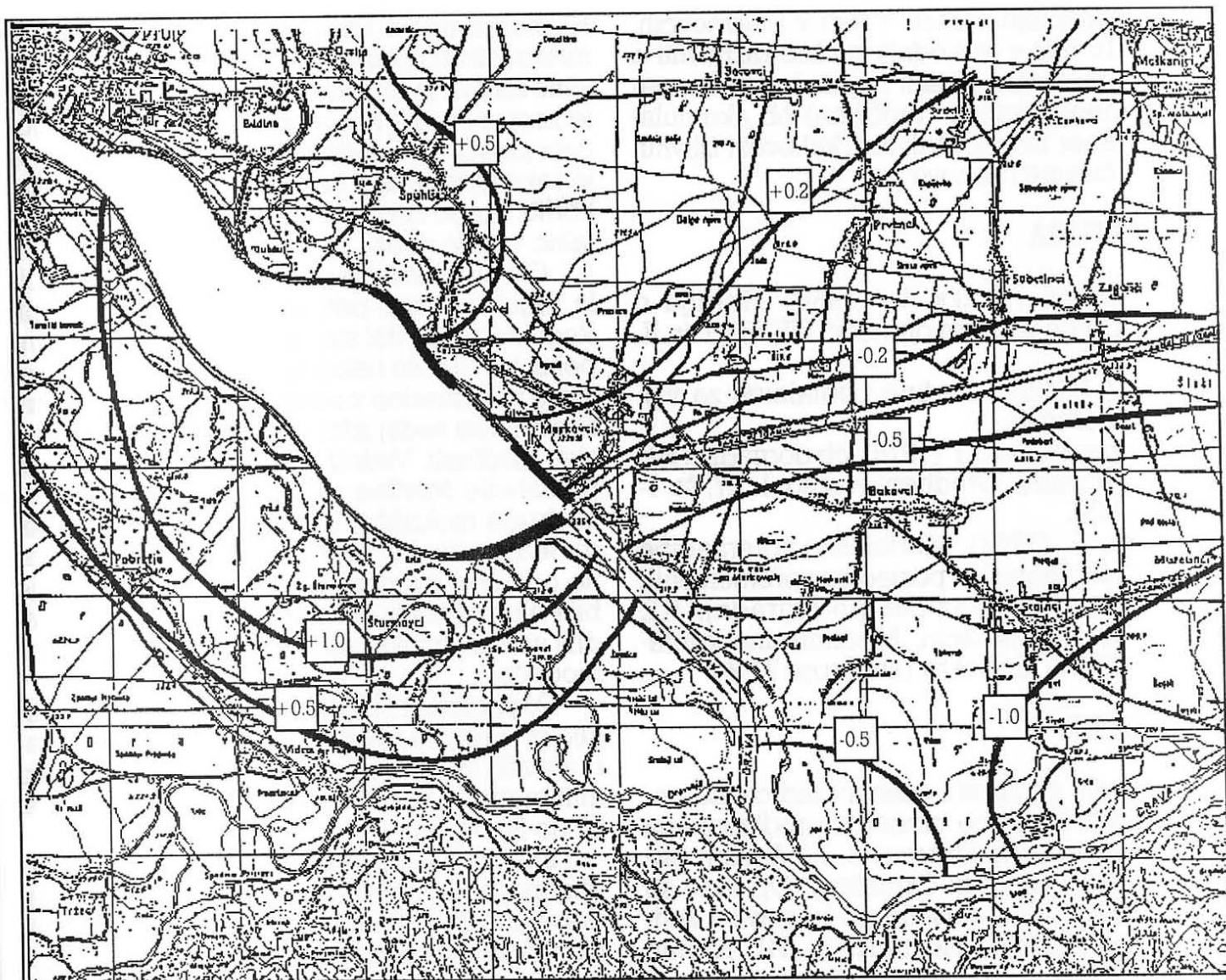
Dovodni kanal do HE Formin nima posebnega vpliva na nihanje podtalnice, saj je obložen z neprepustno oblogo, ob odvodnem kanalu pa je zgrajena zavesa, ki preprečuje odtekanje podtalnice v smeri proti Dravi. Na delu kanala, kjer ni zaves, je opazno povečano drenažo podtalnice, pred izlivom Pesnice pa je zaznaven tudi posredni vpliv HE Formin: visoke vode Pesnice so ukročene in ne poplavlajo več, torej tudi ne bogatijo več podtalnih vodnih zalog. Na situaciji na sliki 8 so prikazani omenjeni objekti (zaves, vodotesne obloge).

V okviru naloge so bili pridobljeni podatki o izračunanih oz. pričakovanih spremembah gladin talne vode zaradi obratovanja HE Formin, ki so bili dobljeni s pomočjo posebnega računalniškega modela (BRILLY 1980). Rezultati so prikazani na situaciji na sliki 8. Urejanje površinskih vodotokov je nedvomno še dodatno znižalo gladino talne vode na posameznih območjih.

Matematično modeliranje je pokazalo, da bo gladina talne vode najbolj upadla v osrednjem delu območja med derivacijskim kanalom HE Formin in staro dravsko strugo (za okoli 1 meter), narasla pa v pasu severno od derivacij in jezu v Markovcih. Meritev sprememb gladin talne vode po začetku obratovanja HE Formin, ki bi potrdile rezultate modeliranja, zaenkrat še nimamo, opažanja lokalnega prebivalstva pa kažejo, da so upadi gladin ponekod na območju Šturmovcev še večji od izračunanih.

V nekaterih vodnjakih v Šturmovcih (zlasti pa med Novo vasjo in Muretinci), v katerih je bila pred postavitvijo markovskega jezu voda tik pod površjem, je sedaj gladina talne vode okoli dva metra nižje (Štumberger, ustno).

Na sliki 4 je prikazana medsebojna odvisnost med pretoki vode po reki Dravi in nihanji gladin talne vode za vodomerno postajo Stojnci za obdobje po začetku obratovanja HE Formin (1981-90). Žal podatki iz prejšnjih let



Slika 8: Računske vrednosti gladine talne vode (v metrih) po postavitvi jezua v Markovcih (BRILLY 1980).

Figure 8: Calculated values of groundwater levels (in metres) upon construction of Markovci dam (BRILLY 1980).

še niso obdelani, tako da zbrani podatki prikazujejo le medsebojne odvisnosti med padavinami, pretoki in gladino talne vode, ne pa tudi predhodnega stanja gladin talne vode. Vidi se, da nihanje gladin talne vode v glavnem sledi vrednostim pretoka vode v Dravi.

5.3.4. Predlagani ukrepi

Dvig gladine talne vode na nekem območju je zahtevna naloga, predvsem zaradi velikega vplivnega območja, ki ga ima takšen ukrep. Če želimo spremeniti (dvigniti) gladino talne vode, tako da poseg ne bi vplival na okoliške površine, je treba vzpostaviti izolirano območje, ki ga omejujejo neprepustni nasipi ali zavesi. V načrtu revitalizacije območja Šturmovcev bi bilo treba takšne možnosti preučiti v posebni študiji.

Kot ukrepa začasnega izboljšanja razmer

bi bilo treba preučiti naslednji možnosti dovida površinskih voda na območje loke v Šturmovcih:

1. DOVOD DRENAŽNIH VODA IZ KANALOV OB NASIPIH

Drenažna voda iz zbirnih kanalov ob nasipih akumulacije se pri Markovcih točkovno izliva v staro dravsko strugo; možno bi bilo pripraviti načrt razpršenega razlivanja teh voda na območju obdravske loke.

2. PREUČITEV MOŽNOSTI DODATNEGA ČIŠČENJA ODPADNIH VODA PTUJSKE ČISTILNE NAPRAVE

Ob desnem bregu Ptujске akumulacije obratuje ptujška čistilna naprava. Vode, ki trenutno iztekajo iz objekta, sicer niso primerne

za intenziviranje zarasti v loki v Šturmovcih, vendar bi bilo v prihodnje možno razmisliti o dodatni rastlinski čistilni napravi v okviru nadomestnega biotopa (močvirja) ob akumulaciji, s čemer bi izboljšali tudi kakovost izlivnih voda iz čistilne naprave.

LITERATURA

BRILLY, M., ŽUŽEK, L. (1980): Študija o znižanju talne vode na območju HE SD, I. in II. del, FAGG.

HMZ (1995): Gladine podtalnice za v.p. Stojnci. Poročilo.

HVASTJA, B., BOJC, J. (1978): ob dograditvi HE SD (HE Formin). Gradbeni vestnik 1. 27, št. 1-2. pp. 12-22.

JUVAN, S., (1992): Morfološke spremembe struge reke Drave kot posledica spremenjenih hidrodinamičnih razmer po izgradnji HE Formin in HE Varaždin. Mednarodna konferenca o Dravi. Univerza (etc.), pp. 77-84.

POVZETEK

V študiji so zbrani osnovni hidrološki podatki o reki Dravi na območju predlaganega krajinskega parka Šturmovci, na širšem območju med Ptujem in Ormožem. Opisane so spremembe, ki so nastale po postavitvi zadnje izmed dravskih elektrarn, t.j. HE Formin oziroma SD 2.

Skupne značilnosti vplivov na geomorfološko in hidrološko stanje obravnavanega odseka reke Drave so opisane v treh sklopih:

- spremembe v pretokih voda skozi staro dravsko strugo,
- morfološke spremembe in
- spremembe v režimu talnih voda.

Po postavitvi verige dravskih HE, posebej pa po letu 1980, ko je pričela redno obratovati HE Formin, se po stari dravski strugi skozi Šturmovce večji del dneva pretaka le t.i. biološki minimum (nekaj deset m³), pri maksimalnem obratovanju elektrarn pa se nekaj ur dnevno poveča pretok za nekajkrat. Pri višjih pretokih je v preteklosti Drava zapolnila številne rokave, mlinščice, stare struge in napajala tudi bolj oddaljena območja, kar se je dogajalo skoraj vsak dan, danes pa le ob t.i. konicah, v času visokovodnih valov.

Zmanjšanje pretokov vode, ki se prelija v staro dravsko strugo, pa vpliva tudi na širino toka Drave. Pred začetkom obratovanja HE

Formin je imela Drava občasno tudi več sto metrov široko strugo, voda se je prelivala v številne rokave in mrtvice, občasna prodonosnost je preprečevala zablatenje bregov in omogočala prenikanje vode v obvodni svet. Zdaj pa je reka utesnjena v ozko in vedno bolj zaraslo korito, njene bregove pa omočijo le katastrofalno visoke vode.

Ob pripravi na graditev HE Formin so bile regulirani tudi pritoki v neposredni bližini. Reguliran je bil del struge Pesnice na Ptujskem polju, tako da se nekdanje poplavne vode prelivajo neposredno v odvodni kanal HE Formin. Dravinja se sedaj izliva v Dravo pri nižjih dravskih gladinah. Vzduž stare dravske struge so presahnile številne studenčnice, mrtvi rokavi in druga mokrišča. Zaradi nastanka Ptujkega jezera visoke vode Drave ne vplivajo več na odtočne razmere površinskih voda, saj je bila akumulacija dimenzionirana tako, da zadrži večino visokih voda in poplavljanje ni več mogoče.

Po postavitvi HE Formin, ki optimalno obratuje pri pretoku okoli 450 m³/sec, sedaj po stari dravski strugi večino leta teče le t.i. biološki minimum, ki le nekajkrat letno preseže okoli 20 do 30 m³/sec.

Značilnost dravskega toka na odseku med Ptujem in Ormožem pred graditvijo zadnjih dravskih HE je bila intenzivna morfološka dinamika in premeščanje toka. Reka je svoje korito premeščala po nestanovitnih prodiščih in sipinah. Prodišča so zaradi rečne dinamike stalno nastajala in izginjala, redno preplavljanje pa je onemogočalo njihovo zaraščanje.

Primerjava vrednosti transportne sposobnosti Drave pred in po postavitvi HE Formin kaže, da je **sedanja vrednost okoli 400-krat nižja!**

Za izboljšanje morfološkega stanja reke Drave na obravnavanem odseku pod jezom v Markovcih bi bilo smiselno preučiti naslednje ukrepe: povečan pretok vode v staro dravsko strugo, umetno dovajanje voda, uvedba sistema talnih pragov, prilagajanje širine toka, prepoved odvzema voda iz "črnih" gramoznic ob strugi, ureditev nadomestnih biotopov in uravnotežena raba obrežnega prostora.

Ptujska akumulacija preprečuje odtekanje podtalnice proti Dravi.

Ker je upadla gladina, je ob stari dravski strugi pod Markovci opazno povečano dreniranje podtalnice.

Matematično modeliranje je pokazalo, da bo gladina talne vode najbolj upadla v osred-

njem delu območja med derivacijskim kanalom HE Formin in staro dravsko strugo (za okoli 1 meter), narasla pa v pasu severno od derivacij in jezu v Markovcih. Terenska opazovanja v času po konsolidiranju stanja po začetku obratovanje HE Formin pa kažejo, da bi utegnili biti dejanski upadi gladin talne vode na območju Šturmovcev bistveno večji od pričakovanih oz. izračunanih vrednosti.

Kot začasno rešitev izboljšanja razmer bi bilo možno preučiti različico odvajanja dreznanih voda in dodatno prečiščenih voda iz bližnje čistilne naprave.

Analiza sprememb pretokov, morfoloških značilnosti in gladin podzemnih voda jasno pokaže, da je uspešnost revitalizacijskih ukrepov oživitve propadajoče loke v Šturmovcih odvisna predvsem od treh pojmov:

- povečanega pretoka vode v stari dravski strugi,
- umetnega dovajanja voda, ker so dravske akumulacije, predvsem Ptujsko jezero, prekinile transport plavin, in
- dviga gladine talne vode.

SUMMARY

1. INTRODUCTION

By the end of 1980 the last hydropower station on the Slovene part of the Drava river was built: HE Formin or the so-called Srednja Drava 2. Altogether, 8 HE have been constructed on the Drava river in Slovenia.

HE Formin is situated at the lower end of Dravsko polje. Near the village of Markovci, a dam was constructed and water from an artificial water reservoir spread over several hundred ha of once arable land. The upper parts of the reservoir begin in the vicinity of Ptuj, the most important town of this region. A special inlet channel was built from the Markovci dam, through which water is conducted to the Formin HE. After passing the turbines of the HE Formin, waters are led back to the Drava river upstream from Ormož. Besides small quantities of water which should assure the so-called "biological minimum", only temporal high waters are led through the Markovci dam into the old Drava river bed.

2. DESCRIPTION OF THE FACILITIES

HE Formin encloses the following facilities:

-Markovci dam and water reservoir.

Discharge capability of the dam is 4200 m³/sec, together with the inlet channel 4650 m³/sec. The surface of the water reservoir covers 346 ha, and its length is 4,2 km, in which around 25 mio. m³ water is accumulated.

-Side embankments are constructed from gravels with sandy substances and impermeable washer on the water side. An asphalt layer was placed over the banks in the zone of oscillating water levels.

-Inlet and outlet channels are trapezoid and provide up to 450 m³/sec of water. Size and depth of the channels are adapted to the terrain characteristics; channel bed and banks are covered by an asphalt layer. The channels are 8,5 km long each.

2.1. Basic technical data on the HE Formin are as follows:

- water level at height: 220,00 m
- downstream water level: 191,00 m
- height difference (brutto): 29,00 m
- volume of the accumulation basin: 4,2 mio. m³
- installed discharge: $2 \times 225 \text{ m}^3/\text{sec} = 450 \text{ m}^3/\text{sec}$
- installed power: $2 \times 56 \text{ MW} = 112 \text{ MW}$
- average yearly production: 570 GWh

3. CHARACTERISTICS OF THE DRAVA CATCHMENT BEFORE CONSTRUCTING THE HE FORMIN

3.1. Hydrological regime of the Drava river

Before building the HE Formin, intensive morphological dynamics and changes in the river course were typical of the Drava river sections between Ptuj and Ormož. Yearly maximum discharges are in July, while the lowest discharges appear in February.

3.2. The Šturmovci flooded woodlands

Once regularly flooded areas are nowadays only accidentally flooded by high waters which can not be directed over the turbines of the HE Formin.

4. DEFINITION OF THE PROBLEM

Before building the Markovci dam in the area of Šturmovci, a large area of flooded woodlands and gravel banks were typical of Ptujsko and Dravsko polje (Ptuj and Drava fields). After building the Markovci dam and

the HE Formin inlet channel, around 450 m³/sec of the Drava waters were transformed into the HE Formin channel, so that the forces of the river morphology in the old river bed of the Drava were drastically reduced. Besides that, the sediment retention capability was smaller, as sediments are now mostly stopped in the reservoir. Old gravel beds are heavily overgrown and there is not enough water to create new ones. Furthermore, the groundwater levels are lower due to the transforming waters over the turbines.

Differences in the hydrological regime of the Drava river can be described as follows:

- I. lower discharges in the old Drava river bed
- II. morphological changes
- III. lowering of the groundwater levels

5. ANALYSES OF HYDROLOGICAL CHANGES

5.1. Discharges

Figure 5 shows the changes in the yearly average water levels after the HE Formin was constructed. Installed power of the turbines is at 450 m³/sec. Instead of such quantities once passing into the old Drava river bed, only a few tens of m³ of water per second is transformed there nowadays. Only at times, when water levels are so high that they could not be directed into derivation channel for the hydropower, higher discharges appear in the old Drava river bed. From Figures 5, 6 and 7 it is obvious that such situation occurs only a few times a year.

5.1.1. Suggested measures

It is necessary to prepare a detailed study to identify the possibilities for enlarged quantities of discharges, passing through the old Drava river bed, together with the possibilities for further hydropower operation.

5.2. Morphological changes

Derivation of a part of flood water by energetic channels upon the construction of the Formin hydropower plant caused decreased frequency and duration of the bed forming discharges in the Drava river bed. Intensive growth of vegetation on dunes due to the raised water level and sedimentation of the sus-

pended material in the upper reservoirs caused an increase in discharge when the sediment began to move. Overgrown dunes became more stable and resistant to erosion and bed load transportation. The Drava hydropower plant chain (a total of 8 HP) interrupted the natural bed load transportation. Due to the changed water regime, small sand grains have been washed in the old Drava river bed and thus the transportation processes were delayed.

For the restoration measures in the case of sediment transportation, the quantities of eroded materials are more important than the values of discharges when sediment begins to shift; regarding the constructed reservoirs, the sedimentation processes downstream of the Markovci dam is diminished, the composition of sediments is changed, so it is unreal to expect that greater discharges into old Drava river would be sufficient for an improved sediment transportation and revitalisation of the dunes (but they are important for other reasons concerning plant and animal communities etc., of course). Unfortunately, there are no large tributaries rich with sediments in the area of Šturmovci, at least until the Dravinja river joins the old Drava river.

More important are the quantities of eroded and transported materials, before the Markovci dam was constructed. An average yearly value of transported materials for the subsection Zavrč-Ormož before constructing the Markovci dam was calculated, using the Meyer-Peter Muller and Schoklitsch equations (JUVAN, 1992):

$$Gs1 = 136.000 \text{ m}^3/\text{year}$$

Direct measures of the transportation capability (for the same subsection) have shown the following figures (COLARIČ, ŠETINA, 1973):

$$Gs2 = 300.000 \text{ m}^3/\text{year}$$

It is obvious that besides direct measures on subsections of the Drava river, calculated (lower) results are more accurate than the measured ones. Anyway, these results are very important for the planning of the restoration measures, as it is obvious that most of the eroded materials (somewhere between 136.000 and 300.000 m³/year) should be replaced artificially.

Today's yearly amount of the sediment

transport of the Drava river is calculated as only 335 m³/year (for subsection Zavrč-Ormož; JUVAN, 1992) which is **more than 400 times lower than before the power plant construction!**

On average, 5.770 m³/year of sediments is deposited in the river bed on the subsection of the Drava river between Zavrč and Ormož (examination period: 13 years after constructing the Markovci dam). It is important to note that the greatest share of eroded materials is brought to the river by the Drava tributaries, especially the Dravinja river, as well as by erosion of the accumulated sand on large dunes near Borl. One can see that the share of transported material from upper parts of the Drava river is as low as only around 6 %!

5.2.1. Suggested measures

1. System of rapids
2. Regulation of transport capability
3. Artificial sand conduction
4. Prohibition of sand exploitation
5. Greater discharges passed into the old Drava river bed
6. Substitute biotopes
7. Controlled land-use

5.3. Underground waters

In the subsections 5.3.1 and 5.3.2, a detailed description of underground waters in the area of Dravsko an Ptujsko polje is given.

5.3.3. Influence of the HE Formin on groundwater

Ptuj Lake prevents discharge of underground waters to the Drava river. Along the accumulation, special channels have been constructed and groundwater levels along them are approximately 0,5 to 1,0 m above the water level in the channels. Inlet channel for the hydropower has no special effect on the groundwater level, as it is covered with impermeable layer.

In Figure 8, the calculated values of groundwater levels upon the construction of HP Formin are shown. It is obvious that in the area of Šturmovci the groundwater levels are lowered by up to 1,0 m. It is possible that real groundwater levels have dropped even more,

but such data are not available yet (available are only some observations by the some locals).

5.3.4. Suggested (temporary) measures

1. Conducting of waters from the channels into the Šturmovci area
2. Conducting waters from Ptuj purifying plant

Andrej Sovinc, Pod kostanji 44, 61000 Ljubljana