

Izmještanje nanosa u akumulaciji HE Varaždin kao dio redovnog održavanja

Removal of deposits in the HPP Varaždin reservoir as part of regular maintenance

Goran Zrinski^a, Ivančica Somođi^a

^a HEP-Proizvodnja d.o.o. PP HE Sjever Varaždin, Međimurska 26c, Varaždin; Hrvatska / HEP-Proizvodnja d.o.o. PP HE Sjever Varaždin, Međimurska 26c, City of Varaždin; Croatia

*Corresponding author: goran.zrinski@hep.hr

INFORMACIJE O ČLANKU

Kategorija:
Stručni rad

Ključne riječi:
Hidroelektrana
Nanos
Geomorfologija
Hidrografski profili

Licenca: CC BY-NC-SA 4.0.

SAŽETAK

Praćenje hidromorfoloških parametara vodnih tijela hidroenergetskog sustava hidroelektrana propisano je Projektima tehničkih promatranja i Studijama utjecaja hidroelektrana na okoliš s ciljem prikaza morfoloških promjena, posebice nakon prolaska velike vode kroz branu. Tehnička promatranja uključuju vizualne preglede, geodetska, hidrografska i hidrološka mjerenja, ispitivanja kvalitete podzemnih i nadzemnih voda, određivanje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika nanosa te ostale parametre važne za rad postrojenja. Snimanje poprečnih hidrografskih profila akumulacija, odvodnih kanala te starog korita rijeke Drave sastavni su dio tehničkih promatranja, tj. redovnog održavanja. Akumulacijsko jezero HE Varaždin se u razdoblju svog rada (od 1975. do 2021.) zapunilo sa 2,7 mil. m³ nanosa, što predstavlja 36,9 % ukupnog volumena akumulacije. Od 2008. godine se u više navrata nanos iz akumulacije uklanjao na način da se isti izmještao iz inundacijskog dijela akumulacije (gdje su male brzine tečenja) u maticu rijeke unutar akumulacije (gdje su veće brzine tečenja), što je rezultiralo transportom nanosa prirodnim putem prema nizvodno. Zakonska regulativa Republike Hrvatske ne prepoznaje izmještanje nanosa nizvodno od brane, iako Okvirna direktiva o vodama 2000/60/EZ predviđa ublažavanje hidromorfološkog pritiska brane na rijeke pronosom nanosa nizvodno od pregrade kao mjera ublažavanja utjecaja hidroelektrana na okoliš. Tako izmještanje nanosa postaje redovna aktivnost održavanja akumulacije HE Varaždin te izazov u implementaciji direktiva Europske unije.

ARTICLE INFORMATION

Category:
Professional paper

Keywords:
Hydro Power Plant
Debris
Geomorphology
Hydrograph profiles

License: CC BY-NC-SA 4.0.



ABSTRACT

The monitoring of hydro-morphological parameters of water bodies within HPPs systems is prescribed by the Technical Observation Projects and Studies of the Impact of HPPs on the Environment so as to show morphological changes, especially after the passage of large amounts of water through the dam. Technical observations include visual inspections and respective measurements, water quality tests, determination of the sediment characteristics and other parameters. Recording of transverse hydrographic profiles of reservoirs, drainage channels and the old bed of the Drava River are an integral part of regular maintenance. During the 1975 - 2021 period, the HPP Varaždin reservoir was filled with 2.7 million m³ of sediment, (36.9% of its volume). Since 2008, sediment from the reservoir has been repeatedly removed from the inundation part of the reservoir (low flow rate) to the mother of the river inside the reservoir (higher flow rate), which resulted in the natural downstream removal of sediment. Croatian legislative does not recognize the downstream displacement of sediment although the Water Framework Directive 2000/60/EC foresees it as a measure to mitigate the impact of HPPs on the environment. The sediment displacement thus becomes both a regular activity and a challenge in the implementation of EC directives.

1. Uvod

Hidroelektrana Varaždin smještena je između gradova Ormož i Varaždin, u srednjem toku rijeke Drave. Puštena je u pogon 1975. godine kao višenamjensko postrojenje koje koristi vodne snage rijeke Drave na dionici od r.km. 309 do r.km. 288. Akumulacija je dužine 3,5 km, prosječne širine 800 metara, te ukupne zapremine kod srednjeg protoka 8 hm³. Jezero ima površinu od 3 km² i nalazi se na teritoriju R Slovenije i R Hrvatske.

Nastalo je pregradnjom Drave betonskom branom. Akumulacija, usporno jezero, počinje na cestovnom mostu Ormož (r.km 312+600), a završava na brani (r.km 308+600). služi za dnevnu djelomičnu regulaciju dotoka. To je vrlo mala akumulacija koja teritorijalno pripada dijelom R Sloveniji, ali je u vlasništvu HEP d.d.. Bitno je spomenuti da je akumulacija zaštićeno međunarodno NATURA 2000 područje, a sa Slovenske strane na nju se naslanja ornitološki rezervat "Naravni rezervat Ormoške lagune".r

2. Praćenje hidromorfoloških parametara u akumulaciji – redovno održavanje

Praćenje hidromorfoloških parametara vodnih tijela hidroenergetskog sustava hidroelektrana Proizvodnog područja Sjever propisano je Projektima tehničkih promatranja i Studijama utjecaja hidroelektrana (HE) na okolinu s ciljem prikaza morfoloških promjena, posebice nakon prolaska velike vode kroz branu. [1] Studije utjecaja HE Čakovec i HE Dubrava, iako su napisane prije više od 40 godina, promatraju stanje okoliša i prirode prije izgradnje hidroelektrana te daju prijedloge mjera kontrole hidroloških, geomorfoloških, bioloških i fizikalno – kemijskih parametara kakvoće okoliša kojima se utvrđuje utjecaj HE na okoliš, ali i nalažu postupanje ukoliko se uoče promjene.



Slika 1. Situacija hidrografskog snimanja akumulacije HE Varaždin [2]

Figure 1 Situation of hydrographic surveying of HPP Varaždin reservoir [2]

Tehnička promatranja uključuju vizualne preglede, geodetska, hidrografska i hidrološka mjerenja, ispitivanja kvalitete podzemnih i nadzemnih voda, određivanje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika nanosa te ostale parametre važne za rad postrojenja. Snimanje poprečnih hidrografskih profila akumulacija, odvodnih kanala te starog korita rijeke Drave sastavni su dio tehničkih promatranja, tj. redovnog održavanja. [1] Svake dvije godine uzimaju se uzorci nanosa u akumulaciji i odvodnom kanalu, a u starom koritu svakih pet godina. Svi uzorci uzimaju se na točno definiranim hidrografskim presjecima.

Na slici 1. su svijetloplavom bojom prikazani poprečni hidrografski profili koji se snimaju. Vidljivi su i piezometri u desnom i lijevom obodnom nasipu akumulacije u kojima se mjeri razina podzemne vode. U akumulaciji se jednom godišnje snima 54 poprečnih hidrografskih profila te izrađuje granulometrijska krivulja nanosa uzorkovanjem na 20 profila. Dobiveni podaci prikazuju morfološke promjene akumulacije, a služe i za izračun zasipanosti ili erozije pojedinih dijelova akumulacije količinski i postotno.

2.1. Razlozi praćenja količine nanosa u akumulaciji

Praćenje količine i prostornog rasporeda nanosa u akumulaciji važan je podatak kojim se osigurava sigurnost objekta. Najznačajnije informacije praćenja morfoloških promjena su:

- eventualna zasipanost korita rijeke unutar akumulacije mogla bi prouzrokovati nekontrolirano meandriranje glavnog toka rijeke, čime se može ugroziti sigurnost obodnih nasipa akumulacije;
- značajnije količine nanosa na dnu jezera uzvodno od brane predstavljale bi potencijalnu opasnost od ulaska šljunkovitog materijala u dovodni kanal;
- veća količina nanosa u akumulaciji mogla bi ugroziti obodne nasipe pri prolasku velikih voda, jer se za iste protoke kroz akumulaciju vodostaj pri većim količinama nanosa povisuje;
- veća količina nanosa u akumulaciji umanjuje količinu vode za proizvodnju energije, što predstavlja energetska gubitak;
- veća količina prašinstog nanosa u inondacijskom području akumulacije onemogućuje očuvanje biološke raznolikosti, negativno utječe na ihtiofaunu i omogućava rast i bujanje invazivne biljke koja obraštava akumulaciju: *Elodea canadensis* sp. [3].

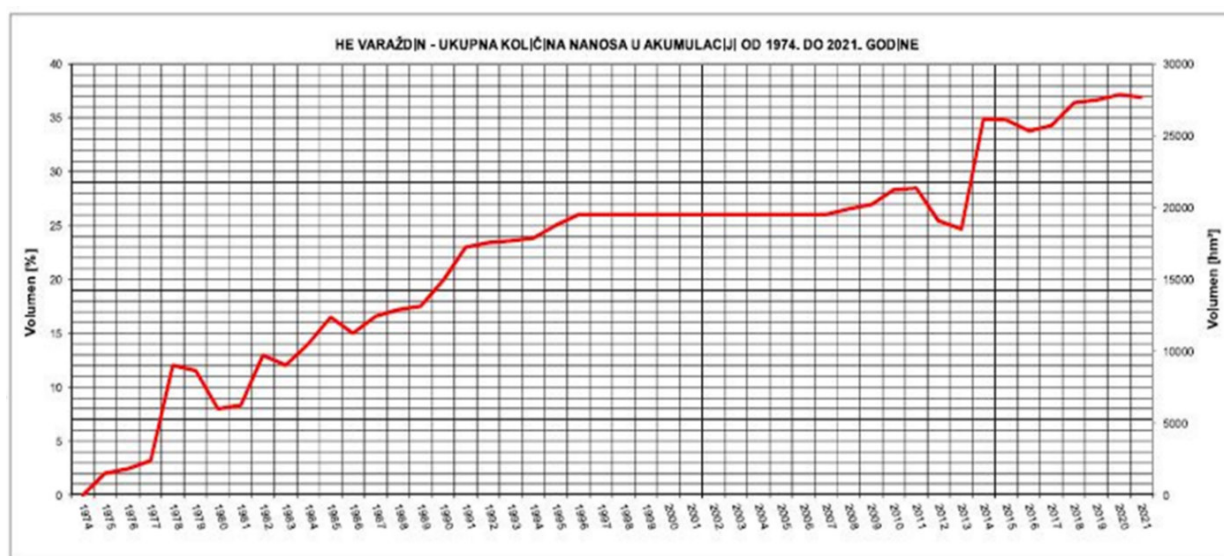


Slika 2. Izvedeno pero i istaloženi nanos unutar akumulacije HE Varaždin [3]

Figure 2 Derived plume and deposited sediment inside the HPP Varaždin reservoir [3]

2.2. Interpretacija podataka praćenja količine nanosa u akumulaciji

Sediment, posebice sitnije frakcije praha i gline, veoma su bitne jer kolmatiraju dno ostvareno kroz dugogodišnje razdoblje eksploatacije akumulacije. Dokaz za to su i podaci o znatno smanjenom procjeđivanju iz jezera u odnosu na početak rada hidroelektrane.



Slika 2. Izvedeno pero i istaloženi nanos unutar akumulacije HE Varaždin [3]
Figure 2 Derived plume and deposited sediment inside the HPP Varaždin reservoir [3]

Na temelju dobivenih hidromorfoloških podataka o stanju nanosa u akumulaciji izrađene su analize, studije i projekti uklanjanja nanosa.

“Studija zasipanosti jezera HE Varaždin nanosom” izrađena još 1980. godine analizirala je i definirala određivanje promjena nanosa u akumulaciji za razdoblje od 1975. do 1978. godine. [4] U njoj je konstatirano da je u navedenom razdoblju količina nanosa u akumulaciji oko 800.000 m³, što predstavlja 12 % od ukupnog volumena akumulacije u odnosu na nulto stanje.

Studija je definirala područje uklanjanja nanosa, tj. područja koja najviše ugrožavaju stabilnost nasipa akumulacije. Kasnije izrađena “Analiza hidrauličnih mjerenja akumulacije HE Varaždin” promatrala je stanje promjena nanosa u akumulaciji u razdoblju od 1974. godine do 1989. godine. [5] Zabilježena je količina nanosa u akumulaciji oko 1.400.000 m³, što čini 19 % ukupnog volumena akumulacije u odnosu na nulto stanje. Ujedno je zaključeno da ta količina nanosa ne predstavlja kritičnu zasipanost akumulacije.

Dijagram na slici 3. prikazuje količinu nanosa u akumulaciji HE Varaždin za razdoblje od 1974. do 2021. godine, prikazanu u ukupnom volumenu (hm³) te u postotku zapunjenosti u odnosu na ukupni volumen akumulacije. Crvena linija prikazuje količinu nanosa istaloženog u akumulaciji. Smanjenje volumena od 2011. do 2013. posljedica je prolaska velikog vodnog vala u 2012. g. Nakon toga dolazi do naglog povećanja količine istaloženog nanosa u akumulaciji HE Varaždin.

Zasipanost je pala nakon prolaska vodnog vala, što je i za očekivati, jer su veliki dotoci “isprali” dio nanosa, tj., prenijeli ga nizvodno rijekom Dravom. No, nakon toga zasipanost počinje naglo rasti zbog prinosa materijala kojeg rijeka Drava erodira u uzvodnom toku (staro korito rijeke Drave uz slovensku HE Formin) te deponira unutar akumulacije.

U “Projektu uklanjanja nanosa iz akumulacije HE Varaždin” pratili su se promjene nanosa u akumulaciji u razdoblju od 1974. godine do 2009. godine. [6] Zabilježena je količina nanosa u akumulaciji oko 2.000.000 m³, što čini 27 % ukupnog volumena akumulacije u odnosu na nulto stanje. Zaključeno je da će se svakako trebati pristupiti uklanjanju nanosa iz jezera u narednom razdoblju eksploatacije, a što se u ovoj situaciji ne smatra i hitnim. Ujedno je definirano i područje uklanjanja nanosa i tehnologija izvedbe radova.

Obradom i interpretacijom rezultata tehničkih promatranja za 2021. godinu analizirana je zasipanost akumulacije nanosom za razdoblje 1975 – 2021. godinu, te je konstatirano da količina nanosa istaloženog u akumulaciji iznosi 2,7 mil. m³, odnosno da zasipanost akumulacije nanosom iznosi 36,9 % ukupnog volumena akumulacije u odnosu na nulto stanje.[2]

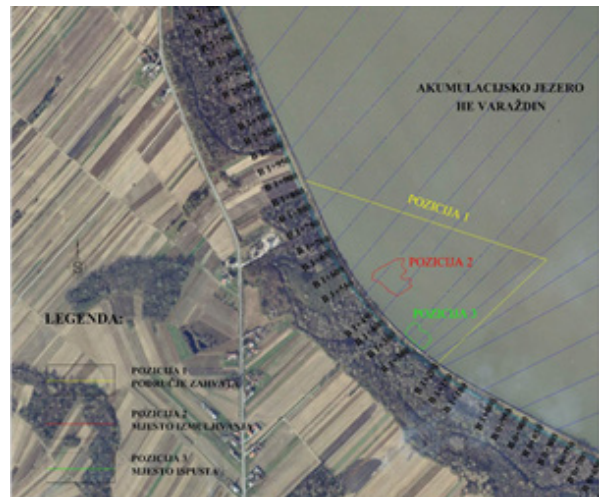
3. Obraštaj akumulacije HE Varaždin vodenom vegetacijom

Vodena vegetacija (makrofita) prirodno obrasta rubove i pliče dijelove akumulacije. Sastoji se od šaša i trske koji rastu na sedimentu, do submerznog vodenog bilja koje obraštava cijeli stupac vode. Brzina tečenja vode u području akumulacije na kojem biljna vegetacija u potpunosti obrašta cijeli stupac vode u prosjeku iznosi 0,2 m/s (prosječna brzina odnosi se na brzinu tečenja vode pri prosječnom višegodišnjem protoku od 330 m³/s). To su ujezerena, plića područja akumulacije, s dubinom vode do 1m. Obraštaj makrofitima dodatno usporava tok vode i pospješuje sedimentaciju organske i anorganske tvari koje rijeka donosi, a nastaju erozivnim procesima uzvodnih stijena i razgradnjom organske tvari. Od mjeseca kolovoza do studenog vodena vegetacija u kojoj dominira invazivna vrsta vodena kuga obrasta akumulaciju, a ugiba i odvaja se od sedimenta (supstrata) u jesen, na kraju vegetacijske sezone. Tada se otkida s dna akumulacije i u velikim količinama dolazi na postrojenje hidroelektrane Varaždin u obliku naplavina. U razdoblju od kolovoza

do rujna 2008. čistilicom je izvađeno preko 1000 m³ vodenog bilja, dok su znatno veće količine prošle kroz turbine, regulator protoka ili su se preljevom propustile preko brane u staro korito rijeke Drave.

4. Probni rad uklanjanja vegetacije i nanosa u akumulaciji

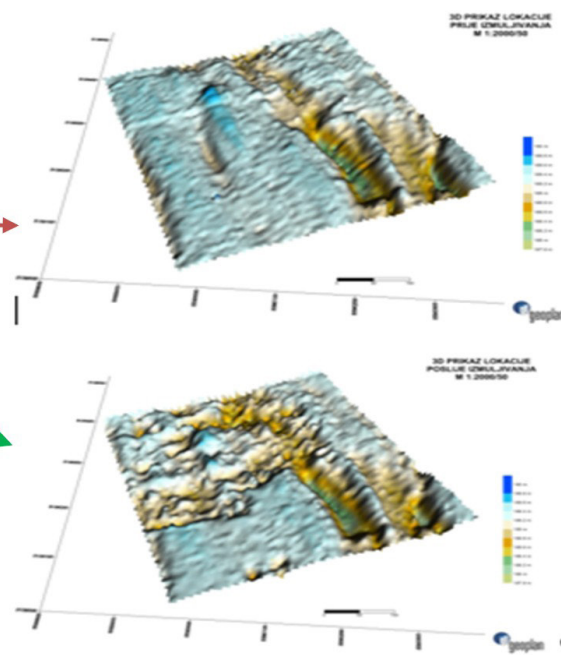
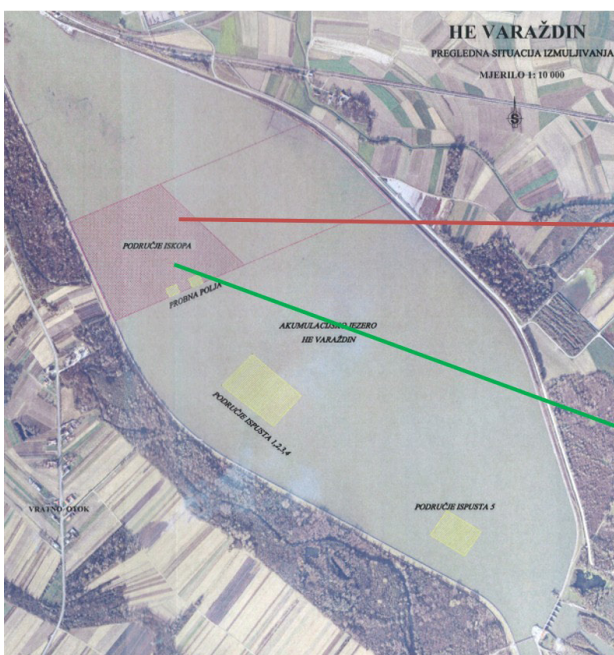
U tijeku mjeseca kolovoza 2008. godine vodena vegetacija ušla je u eksponencijalnu fazu rasta i obrasla cijelu akumulaciju, osim pri brani gdje je najveća dubina. U vrijeme jakog vjetra i većih dotoka počela se otkidati s dna akumulacije (sedimenta) i u velikim količinama dolaziti na postrojenje hidroelektrane Varaždin u obliku naplavina. Kao interventno rješenje pristupilo se uklanjanju vodene vegetacije iz akumulacijskog jezera plovnom bagerom Watermaster koji je, osim uklanjanja vodene vegetacije, obavio i probni rad na vađenju nanosa s dna akumulacije u trajanju od jednog dana. U sklopu tog posla odredila se efikasnost rada stroja na uklanjanju vodene vegetacije i efikasnost rada stroja na vađenju nanosa. Učinkovitost plovnog bagera na izmještanju nanosa u akumulaciji određena je geodetskim izmjerama dna akumulacije prije i nakon zahvata. Rezultat probnog rada: pri prosječnom vodostaju u akumulaciji 190,45 m n.m. i prosječnom dnevnom protoku kroz HE Varaždin 108 m³/s za predmetnu mikrolokaciju istaloži se 1/3 nanosa, dok se 2/3 nanosa transportira kroz akumulaciju u dovodni kanal i dalje prema nizvodnoj hidroelektrani. [3]
Područje probnog rada obavijenog 2008. godine unutar akumulacije HE Varaždin prikazuje slika 4. Žuta linija označava prostor sa kojeg je uklonjena vodena vegetacija. Crveno je lokacija sa koje se nanos premještao na lokaciju označenu zelenom bojom.



Slika 4. Područje probnog rada 2008. [7]
Figure 4 Area of trial work in 2008 [7]

5. Izmještanje nanosa unutar akumulacije 2011. godine

Prema planu građevinskog održavanja objekata HE Varaždin u 2011. godini bilo je predviđeno izvesti prvu fazu izmještanja nanosa unutar akumulacije, a što je dio planiranih višegodišnjih radova na uklanjanju nanosa iz akumulacije, uz što manje zahvate u okolišu. Nanos se izmještao između poprečnog pera D4 (stac. 1+810 desnog nasipa akumulacije) i poprečnog pera D6 (stac. 2+210 desnog nasipa akumulacije), te od desnog nasipa akumulacije (udaljenost 20 m od nožice nasipa) do udaljenosti max. 300 metara od nasipa, kako se ne bi povrijedila državna granica.



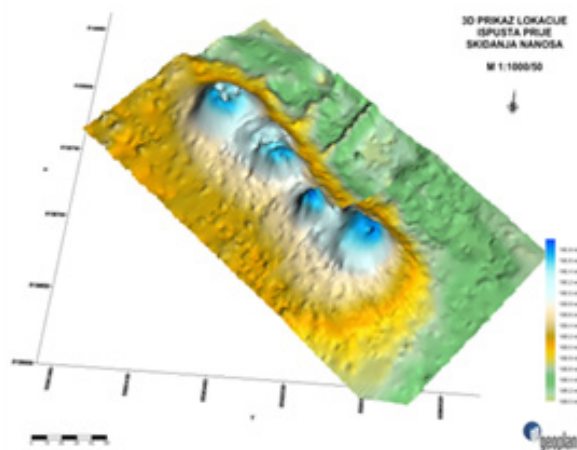
Slika 5. Lokacija izvođenja predmetnih radova s prikazom područja iskopa prije i nakon uklanjanja nanosa. 2011. [7]
Figure 5. Location of the subject works with a view of the excavation area before and after removal of sediment. 2011 [7]

Nanos (prašinski materijal) ispumpavan je specijalnim plovnim višenamjenskim bagerom (Watermaster) te se transportirao cijevima do pozicije ispusta nizvodno prema brani. Dužina transporta nanosa iznosila je 900 m. Paralelno se cijelo vrijeme izvođenja radova, ehosonderom pratila dubina iskopa kako se ne bi oštetilo zakolmatirano dno akumulacije. Vađenje nanosa izvodilo se u „šlicevima“ dužine 60 m i širine 300 m. Ukupno je uklonjeno 16.288 m³ nanosa s površine 6.65 ha. Iz istoga proizlazi da prosječna debljina uklonjenog nanosa na predmetnoj površini iznosi 25 cm. [7]

Slika 5. prikazuje situaciju akumulacijskog jezera s ucrtanim područjem sa kojeg se uklanjao prašinski materijal s dna (označen crvenom bojom) i ucrtanim pozicijama na kojima se materijal ispuštao (označene žutom bojom). Crvenom strelicom označen je 3D prikaz dna akumulacije na području iskopa prije uklanjanja nanosa. Zelenom strelicom označen je 3D prikaz dna akumulacije na području iskopa nakon uklanjanja nanosa. Veće dubine su na 3D prikazima označene zelenom bojom, a manje dubine plavom. Na 3D prikazu dna akumulacije nakon uklanjanja nanosa vidljiv je nepravilan reljef dna akumulacije označen žutom bojom.

U tijeku izvođenja radova pozicija ispusta izmještavala se četiri puta te su time formirana četiri otočića krupnije frakcije nanosa. Na slici 5. područje ispusta označeno je brojevima 1., 2., 3. i 4. ispod žuto označenog mjesta ispusta.

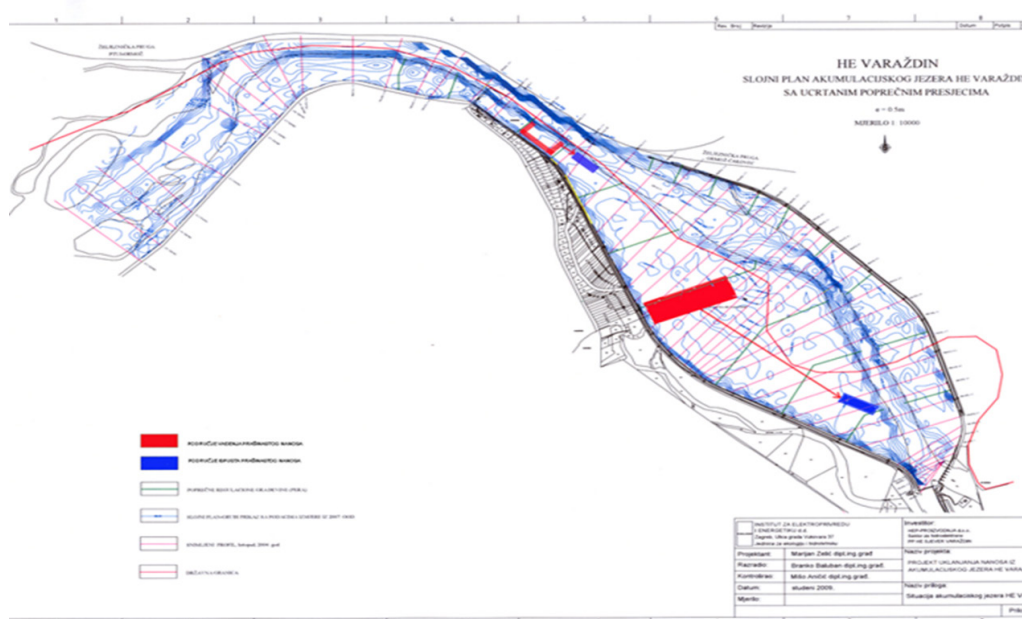
Slika 6. prikazuje trodimenzionalnu snimku lokacije ispuštanja nanosa u 2011. godini sa otočićima koji su nastali izmještanjem sedimenta nizvodno, prema brani. U nastavku teksta otočići su označeni rednim brojevima od 1 (najuzvodniji) do 4 (najnizvodniji). Zelenom bojom označeno je dublje područje unutar akumulacije, a plavom bojom četiri formirana otočića.



Slika 6. 3D prikaz područja ispusta nanosa 2011. [7]
Figure 6 3D view of the sediment discharge area in 2011 [7]

Geodetskom snimkom područja ispusta izračunato je da se na području ispusta br. 1., 2., 3. i 4. ukupno istaložilo 8.737 m³ nanosa (2.275 m³ + 1.580 m³ + 2.242 m³ + 2.640 m³). S obzirom da se na poziciji iskopa ukupno uklonilo 16.288 m³ nanosa, proizlazi da se u toj fazi radova iz akumulacije ukupno izmjestilo 7.551 m³ lebdećeg nanosa (praha i gline). Plovni bager je u slijedećoj fazi rada uklonio materijal koji se istaložio na poziciji dva nizvodnija otočića (br. 3. i 4.) u ukupnoj količini 3.940 m³.

Iz svega navedenoga proizlazi da je u 2011. godini iz akumulacije HE Varaždin ukupno uklonjeno 11.491 m³ nanosa. Određivanjem granulometrijskog sastava nanosa u tijeku izvođenja radova zaključeno je da je sastav nanosa: 50 % prah, 50 % pijesak s manjim primjesama šljunka. [9] Dobiveni podaci služili su za planiranje daljnjih radova na izmještanju nanosa.



Slika 7. Slojni plan akumulacije HE Varaždin s ucrtanim lokacijama radova uklanjanja i ispusta nanosa 2014. [3]

Figure 7. Layered plan of the HPP Varaždin reservoir with the locations of sediment removal and discharge works drawn in 2014 [3]

6. Izmještanje nanosa unutar akumulacije 2014. godine

Izmještanje nanosa unutar akumulacije HE Varaždin je nastavak radova iz 2011. godine, istom tehnologijom. Izmještanje nanosa unutar akumulacije HE Varaždin je nastavak radova iz 2011. godine, istom tehnologijom.

Nastavak radova odnosi se na uklanjanje nanosa sa dvije lokacije:

- prva lokacija: postojeći rukavac na samom početku (repu) akumulacije uz desni nasip (ukupne površine cca. 1 ha)
- druga lokacija: od 20 metara uzvodno od poprečnog pera D4, do 60 metara nizvodno od poprečnog pera D4, te od desnog nasipa akumulacije (udaljenost 20 m od nožice nasipa) do udaljenosti max. 500 metara od nasipa, kako se ne bi povrijedila državna granica s Republikom Slovenijom (ukupne površine 4 ha). [3]

Prema granulometrijskom sastavu, nanos koji se uklanjao s dna akumulacije, na obje lokacije je prah s manjim primjesama pijeska.

Na slici 7. vidljiv je slojni plan akumulacije gdje su crvenom bojom prikazane lokacije sa kojih je uklanjao nanos, a plavom bojom lokacije na koje je ispuštan. Na prvoj lokaciji uklonjen je biljni obraštaj (šaš i drvenaste biljke) te revitaliziran rukavac. Sa druge lokacije nanos se transportirao cijevima što bliže brani, gdje su brzine vode veće, te je sav kao lebdeći transportiran prema nizvodno.

Na poziciji otočića formiranih izmještanjem nanosa u 2011. godini formiran je otok unutar akumulacije, širine 10 metara i dužine 15 metara. Lokacija otoka je na udaljenosti 400 metara od desnog nasipa akumulacije (pri stac. cca. 1+300), gdje je dubina vode oko 2 metra. Otok se formirao kamenim materijalom, izvedenim od kamenog nabačaja, te nasipanim šljunkovitim materijalom unutar njega prema preporuci ornitologa. Kameni nabačaj je visine približno 2,5 metra, širine u stopi 2,5 metra, a u kruni 1,5 metar.

Otočić je formiran u blizini granice sa R Slovenijom, u suradnji s ornitološkom udrugom Biom, s ciljem da postane gnjezdilište crvenokljune čigre (*Sterna hirus*). Otočić održavaju ornitološke udruge u sklopu projekta LIVEDRAVA: "Riparian Ecosystem Restoration of the Lower Drava River in Slovenia" koji je zajednički LIFE projekt Slovenske BirdLife udruge DOPPS i partnera iz Slovenije u suradnji s Hrvatskom Udrugom BIOM.

7. Izmještanje nanosa unutar akumulacije 2021. godine

Izmještanje nanosa unutar akumulacije HE Varaždin u 2021. godini je nastavak radova iz 2014. godine i predstavlja sastavni dio održavanja, izveden istim načinom rada: nanos (prašinski materijal) je ispuštan višenamjenskim bagerom (Watermaster) te transportiran cijevima do pozicije ispusta: matice rijeke u kojoj je veća brzina vode.

Ponovno se uklanjao prašinski nanos na uzvodnom dijelu akumulacije uz desni nasip, izvan područja obraslog šašem, između poprečnog pera D8 i

poprečnog pera D9, na ukupnoj površini od otprilike 4 ha. Udaljenost između poprečnog pera D8 i D9 iznosi 330 metara.

Razlog uklanjanja nanosa na predmetnoj mikrolokaciji bio je što je isti ušao u radni metar akumulacije. Bitno je napomenuti da se područje obraslo šašom (makrofitskom vegetacijom) nije diralo, jer u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš dobiveni uvjeti i mjere zaštite prirode to nisu dozvoljavali. [3] Slika 8. prikazuje slojni plan akumulacije gdje je crvenom bojom označena pozicija uklanjanja nanosa (inundacijski prostor akumulacije), a plavom bojom pozicija ispuštanja nanosa (matica rijeke). Na slici 8. su ucrtani poprečni hidrografski profili akumulacije te regulacijske vodne građevine (pera). Vidljivo je da se radovi izvode izvan tršćaka, u dijelu akumulacije koji je pod vodom.



Slika 8. Slojni plan akumulacije HE Varaždin s ucrtanim lokacijama radova vađenja i ispusta nanosa 2014. [3]

Figure 8. Layered plan of the HPP Varaždin reservoir with drawn locations of sediment extraction and discharge works in 2014 [3]

Na osnovu geodetske snimke izračunata je količina uklonjenog nanosa: 21.658 m³ sa površine od 4,1 ha. [10]

8. Zaključak

Praćenje hidromorfoloških i bioloških promjena dio je redovnog održavanja hidroelektrane, a u svrhu kontrole sigurnosti velikih brana i utvrđivanja utjecaja hidroelektrane na okoliš. Povećanje količine nanosa u akumulaciji otežava osiguranje kontroliranog i nesmetanog protoka velikih voda, stoga se prekomjerna količina istaloženog nanosa u akumulaciji mora uklanjati.

Mjera ublažavanja hidromorfološkog utjecaja hidroelektrana na okoliš je omogućavanje pronosa nanosa, kako bi se smanjio hidromorfološki pritisak brana na okoliš.

Akumulaciju je potrebno održavati u projektiranom i funkcionalnom stanju redovnim uklanjanjem nanosa, što nije ugrađeno u zakonsku regulativu vezanu

na zaštitu prirode, ali je obveza prema zakonskoj regulativi iz područja građevinarstva i voda.

REFERENCES

- [1] Projekti tehničkih promatranja hidroelektrana, (2010), Institut za Elektroprivredu, Zagreb, Hrvatska.
- [2] Obrada i interpretacija rezultata tehničkih promatranja za 2021. godinu , (2022), Elektroprojekt d.d. Zagreb, Hrvatska.
- [3] Interna dokumentacija PPHES.
- [4] Studija zasipanosti jezera HE Varaždin nanosom (1980), Elektroprojekt, Zagreb, Hrvatska.
- [5] Analiza hidrauličnih mjerenja akumulacije HE Varaždin, (1990), Institut za Elektroprivredu, Zagreb, Hrvatska.
- [6] Projekt uklanjanja nanosa iz akumulacije HE Varaždin (2009), Institut za Elektroprivredu, ZE-ING, Zagreb, Hrvatska.
- [7] Izmjera pozicija izmuljivanja i deponiranja mulja na akumulaciji HE Varaždin, (2008), Geoplan, Čakovec, Hrvatska.
- [8] Izrada slojnog plana dna akumulacije HE Varaždin i izračun volumena za probno područje, (2011), Geoplan, Čakovec, Hrvatska.
- [9] Izvještaj o ispitivanju broj 61054-20-3482/11– određivanje granulometrijskog sastava nanosa – pijeska, (2011), Institut IGH, Zagreb, Hrvatska .
- [10] Određivanje količine uklonjenog nanosa u akumulaciji HE Varaždin, (2021), Geoplan, Čakovec, Hrvatska.