

Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero"

Pejić, Andrej

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:621037>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

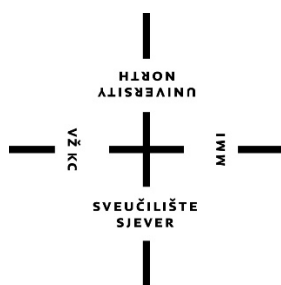
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





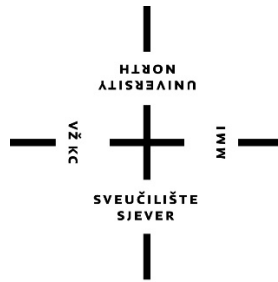
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 397/GR/2020

**Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije
"Varaždinsko jezero"**

Andrej Pejić, 2159/336

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 397/GR/2020

Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero"

Student

Andrej Pejić, 2159/336

Mentor

doc.dr.sc. Bojan Đurin

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište
Sjever



SVEUČILIŠTE
SJEVER



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navodenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Andrej Pejić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero" (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Andrej Pejić

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Andrej Pejić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero" (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Andrej Pejić

(vlastoručni potpis)

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Andrej Pejić

MATIČNI BROJ 2159/336

DATUM 18.09.2020.

KOLEGIJ Hidrogradnje

NASLOV RADA Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero"

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Hydrological and ecological characteristics of the accumulation "Varaždinsko Jezero"

MENTOR dr.sc. Bojan Đurin

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Danko Markovinović

2. doc.dr.sc. Bojan Đurin

3. prof.dr.sc. Božo Soldo

4. doc.dr.sc. Željko Kos

5.

Zadatak završnog rada

BROJ 397/GR/2020

OPIS

Završni rad opisuje akumulaciju "Varaždinsko jezero", izgrađenu na rijeci Dravi u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Uz hidrološke karakteristike, opisuje se i utjecaj akumulacije na okoliš.

Predloženi okvirni sadržaj rada po poglavljima je:

- Uvod
- Općenito o akumulacijama
- Akumulacija "Varaždinsko jezero"
- Klimatske karakteristike
- Hidrološke karakteristike
- Zaključak
- Literatura

ZADATAK URUČEN

POTPIS MENTORA

Predgovor

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Bojanu Đurinu na svojoj pomoći, savjetima, strpljenju, prenesenom znanju, susretljivosti i dostupnosti u svakom trenutku. Odgovorno me vodio kroz pisanje cijelog rada i pomagao mi u svakom trenutku kada je za to bilo potrebe.

Također, hvala svim profesorima Sveučilišta Sjever koji su mi pomogli sa savjetima i uputama za uspješno pisanje rada i obavljanja svih potrebnih obaveza.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i curi na potpori u svim teškim trenucima i na savjetima koji su me doveli do tuda gdje jesam. Hvala im na pruženoj mogućnosti obrazovanja, ulaganja u sebe te svim lijepim trenucima.

Zahvala i svim kolegama koji su mi pružali pomoć kada mi je bila najpotrebnija i nesebičnosti tokom sve ove tri godine.

Sažetak

Akumulacije su hidrotehničke građevine čija je funkcija pohranjivanje vode u onim periodima kada je ima više nego što je to potrebno. Ta se voda potom koristi u trenucima kada je nedostaje. U ovom se slučaju Varaždinsko jezero koristi za potrebe Hidroelektrane Čakovec sa ciljem proizvodnje električne energije. Akumulacije ujedno imaju i funkciju obrane od poplava. Korisni volumen Varaždinskog jezera iznosi 10500000 m³. Varaždinsko jezero smješteno je između Varaždinske i Međimurske županije, a graniči i sa općinama Čakovec, Varaždin i Trnovec Bartolovečki. Akumulacije utječu na biljni i životinjski svijet, ali ne u toj mjeri koja bi znatno ugrozila isti ili pak dovela u mogućnost korištenja svih vrijednih karakteristika akumulacije. One imaju svoje nedostatke, ali uz adekvatnu izvedbu istih, dobiva se više pogodnosti nego nedostataka pa je njihova izgradnja omogućena i poželjna. Uz opis Varaždinskog jezera, prikazane su njegove hidrološke i ekološke karakteristike.

Ključne riječi: Varaždinsko jezero, rijeka Drava, akumulacija, hidrološke karakteristike, ekološke karakteristike

Summary

Reservoirs are hydrotechnical structures whose function is to store water during those times when there is more than necessary. This water is then used in times when it is missing. In this case Varaždin Lake is used for the purposes of the Čakovec hydroelectric power plant with the aim of generating electricity. The reservoirs also have the function of defending against floods. The useful volume of Varaždin Lake is 10500000 m³. Varaždin Lake is situated between Varaždin and Međimurje County, and it borders the municipalities of Čakovec, Varaždin and Trnovec Bartolovečki. The reservoirs affect the flora and fauna, but not to such an extent that would significantly threaten the same or in turn lead to the possibility of using all valuable reservoir characteristics. They have their shortcomings, but with an adequate implementation thereof, more benefits are gained than deficiencies, so their construction is enabled and desirable. In addition to the description of Varaždin Lake, its hydrological and ecological characteristics are presented.

Keywords: Varaždin Lake, Drava River, reservoir, hydrological characteristics, ecological characteristics

Popis korištenih kratica

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| HE | Hidroelektrana |
| HEP | Hrvatska Elektroprivreda |
| PP | Proizvodno područje |
| MR | Kota maksimalnog radnog nivoa |
| MRR | Kota minimalnog radnog nivoa |
| NRR | Kota normalnog uspora |
| °C | Celzijev stupanj |
| s | Sekunda |
| mm | Milimetar |
| cm | Centimetar |
| m | Metar |
| m² | Kvadratni metar |
| m³ | Kubični metar |
| km² | Kvadratni kilometar |
| kWh | Kilovatsat |
| GWh | Gigavatsat |
| S | Jug |
| W | Zapad |
| E | Istok |
| N | Sjever |
| NE | Sjeveroistok |
| ENE | Istok - sjeveroistok |
| SW | Jugozapad |

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Općenito o akumulacijama | 5 |
| 2.1. Podjele i karakteristike akumulacija | 5 |
| 2.2. Osnovni parametri akumulacije..... | 7 |
| 3. Akumulacija Varaždinsko jezero | 9 |
| 3.1. Općenito o Varaždinskom jezeru | 9 |
| 3.2. Dobre strane Varaždinskog jezera..... | 14 |
| 3.3 Problemi vezani uz Varaždinsko jezero | 15 |
| 3.4 Kontrola kakvoće vode Varaždinskog jezera..... | 17 |
| 4. Klimatske karakteristike | 20 |
| 4.1 Temperaturene karakteristike..... | 20 |
| 4.2. Vjetar | 21 |
| 5. Hidrološke karakteristike | 23 |
| 6. Zaključak..... | 24 |
| 7. Literatura..... | 26 |
| 8. Popis tablica | 28 |
| 9. Popis slika | 29 |

1. Uvod

Akumulacije su hidrotehničke građevine koje se koriste u svrhu pohranjivanja vode u onim trenucima kada je ima više nego što je trenutno potrebno. Ta ista voda koristi se u trenucima kada je nedostaje. Za reguliranje vodnog režima može se izgraditi akumulacija ukoliko je ona potrebna te ako postoji mogućnost za izgradnju iste. Ona spada u najdjelotvornije načine reguliranja vodnog režima s ciljem vremenske preraspodjele vode sliva. Akumulacije se koriste kada korisnicima treba osigurati potrebne količine vode s odgovarajućom kakvoćom vode. Njima se neutraliziraju iznenadne bujice. Također, one su pogodne za sport, rekreaciju i ribolov, a pridonose smanjenju erozije tla. Služe za navodnjavanje, dobivanje električne energije, opskrbu vodom i slično [1]. Navedeni opis akumulacije odgovora Varaždinskom jezeru sa gotovo istim karakteristikama i funkcijama. Varaždinsko jezero (Slika 1.1) svrstava se u srednje veliko jezero u odnosu sa drugim akumulacijskim jezerima u Hrvatskoj.



Slika 1.1 Varaždinsko jezero [2]

Akumulacijska jezera na rijeci Dravi unutar područja Varaždinske županije vidljiva su na slici 1.2. To su Ormoško jezero, Varaždinsko jezero i Dubravsko jezero.



Slika 1.2 Slivna područja sa vidljivim akumulacijama HE Sjever [3]

Rijeka Drava izvire u južnom Tirolu u Italiji (slika 1.3), a zatim nastavlja teći prema istoku kroz austrijsku pokrajinu Korušku. Kroz Sloveniju dolazi do Hrvatske, potom preuzima ulogu hrvatsko-mađarske granice pa svoj put nastavlja kroz Hrvatsku do grada Osijeka. Svoj put završava na granici Hrvatske sa Vojvodinom (Srbija). Tamo utječe u rijeku Dunav. Ukupna dužina rijeke Drave iznosi 725 km, dok svega 323 km prolazi kroz Hrvatsku [3].



Slika 1.3 Izvor rijeke Drave u Južnom Tirolu [4]

Drava ima najbogatiju ihtiofaunu u cijeloj Hrvatskoj. Zabilježeno je čak 65 vrsta riba od kojih su 6 vrsta endemi Dunavskog sliva. Zbog brojnih ljudskih djelovanja i utjecaja na rijeku Dravu (u što spada i Varaždinsko jezero), broj vrsta koje danas u njoj obitavaju znatno je manji [2, 5, 6]. Najuzvodnija akumulacija je Ormoško jezero, zatim slijedi Varaždinsko jezero i na kraju Jezero Dubrava. Takvim redom idu i po starosti, ali i od najmanje do najveće akumulacije. Izvedbom manje akumulacije manji je utjecaj na okoliš te se ostvaruje mogućnost lakše prilagodbe biljnog i životinjskog svijeta. Međutim, na taj se način smanjuje efikasnost iste.

Ukupna slivna površina rijeke Drave iznosi 42 238 km², a sve zajedno protječe kroz 5 europskih država. Varaždinsko jezero zapravo je akumulacija na rijeci Dravi na sjevernom dijelu Hrvatske. Podijeljeno je između Varaždinske te Međimurske županije, a graniči sa općinama Čakovec, Varaždin i Trnovec Bartolovečki. Drava se ulijeva u akumulacijsko jezero u blizini grada Varaždina, dok je brana smještena u blizini sela Šemovec. Tri akumulacije, odnosno tri rezervoara sa svojim hidroelektranama tvore jednu skupinu pod nazivom Proizvodno područje Sjever (PP HE Sjever), koju vodi Hrvatska elektroprivreda [1,5,7].

Rijeka Drava pogodna je za iskorištavanje u smislu gradnje hidroelektrana, a jedan od velikih razloga tome je relativno povoljan raspored protoka tijekom cijele godine koji osigurava velika mogućnost spremanja vode u obliku snijega i leda.

Otapanje alpskih ledenjaka u sušnim i toplijim dijelovima godine omogućuje uravnoteženi godišnji protok, što je povoljno za korištenje hidroelektrana i ujednačenu, odnosno kontinuiranu proizvodnju električne energije [1, 6].

2. Općenito o akumulacijama

Kada se planira gradnja nekih velikih i složenih hidrotehničkih građevina (u što spadaju i akumulacijska jezera), cjelokupnom procesu mora se pristupiti organizirano i odgovorno sa zadovoljavanjem želja svih korisnika. Iskorištavanje energije vodotoka započelo je prije stotinjak godina [1,8].

Poznato je kako se akumulacijska jezera grade za potrebe hidroelektrana koje u stvari koriste obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije. Upravo takav način proizvodnje energije poželjan je i važan za cijelo čovječanstvo, jer je poznato da puno manje utječe na klimatske promjene. Prema nekim prognozama, ako se ne promjene životne navike do 2050. godine, temperature na Zemlji povećat će se za 2 - 5 °C. U slučaju takvog porasta temperature očekuje se: povećano isparavanje, ranije topljenje snijega, povećanje razine mora za 17 – 25,5 cm, češća pojava poplava i suša, povećanje intenziteta oborina, ali isto tako i rjeđa pojava oborina [9].

Pokazalo se da je akumulacija poželjna jer je ona višenamjenski objekt koji koristi vodu, a poznato je da je voda najvažniji obnovljivi izvor energije [10,11].

2.1. Podjele i karakteristike akumulacija

Prema načinu formiranja, akumulacije se mogu podijeliti u [12]:

- prirodna jezera,
- umjetna jezera: akumulacije koje nastaju uslijed pregrađivanja riječnog toka u dolinama i kotlinama.

Prema vrsti izravnjanja protoka, dijele se na [13]:

- kompenzacijski bazeni: njihova namjena je takva da dotok koji je transformiran vrati u prvobitno stanje. Primjerice, moguće ih je primijeniti kod vršnih hidroelektrana za ostvarivanje biološkog minimuma kada hidroelektrana nije u funkciji,
- dnevne: njihov princip se temelji kao kod vodospreme (izravnjanje dnevne potrebe i potrošnje vode),
- tjedne: (izravnjanje tjedne potrebe i potrošnje vode),
- godišnje ili sezonske: višak vode iz vodnih perioda u toku jedne godine, prebaci u sušne periode iste te godine,

- višegodišnje: njihova sposobnost je takva da višak vode iz vodnih godina, prebaci u period sušnih godina.

Prema namjeni mogu se podijeliti na [13]:

- jednonamjenske,
- višenamjenske

Prema dubini dijele se na [13]:

- duboke,
- plitke

Akumulacijsko jezero još se naziva i spremnikom za vodu koji je nastao izgradnjom nasipa ili upotrebom nekakvog udubljenja na kojima se može zadržati voda. Problematika jezera je takva da pri samom nastanku počinje i njegovo prirodno polagano zatrpavanje [14,15].

Akumulacija ima brojne pogodnosti, ali sa sobom nosi i probleme. Neki problemi vezani uz akumulacije su [9, 16, 17]:

- ukoliko dođe do rušenja brane koju akumulacije posjeduju, posljedice bi bile katastrofalne,
- velik utjecaj na: okoliš, klimu, kvalitetu vode, podzemne vode,
- moguć porast ili snižavanje razine podzemne vode,
- imaju veliku slobodnu površinu koja uzrokuje i velike gubitke vode u obliku isparavanja,
- problemi vezani uz vodoodrživost – procjeđivanje vode kroz dno i/ili bokove doline,
- uzvodno od brane dešava se zatrpavanja nanosom, stoga je važno osigurati ispiranje kroz temeljne ispuste i preko preljeva isto kao i čišćenje,
- eutrofikacija,
- psihički utjecaj na čovjeka radi straha od popuštanja akumulacije i istjecanja velike količine vode,
- akumulacija ima svoj vijek trajanja u rasponu od 50 do 200 godina,
- punjenjem i pražnjenjem akumulacije mogu se prouzročiti inducirani potresi isto kao što naglo pražnjenje može izazvati klizišta,
- problem očuvanja kvalitete vode akumulacije,
- akumulacijska jezera zauzimaju jako velike površine tla koje bi se mogle koristiti u poljoprivredne svrhe, prodavati kao građevinska zemljišta i slično.

Važno je napraviti procjenu kvalitete tog zemljišta, jednako kao i procijeniti isplati li se građenje akumulacije upravo na toj lokaciji. Važno je uzeti sve parametre u obzir, jer plodno tlo nakon određenih radova i zahvata gubi svoje vrijedne karakteristike ili čak u potpunosti izgubi sposobnost plodnog zemljišta [17].

Kada se usporede uzvodne hidroelektrane sa HE Dubrava, vidi se da HE Dubrava ima najvišu branu, najveće umjetno jezero (treće je po veličini umjetno jezero u Hrvatskoj, odmah iza Peruće i Krušćice) i najkraći derivacijski kanal [3,18].

Akumulacija ne mora nužno biti sagrađena od strane čovjeka. Mogu se iskoristiti i prirodna jezera koja sadrže sve ono što je potrebno da takva akumulacija bude adekvatna građevina za postojeće potrebe. Također, postoji mogućnost nadogradnje, čime se bitno ne utječe na biljni i životinjski svijet. Na takav se način puno više dobiva nego gubi te su takvi zahvati poželjni i prihvatljivi.

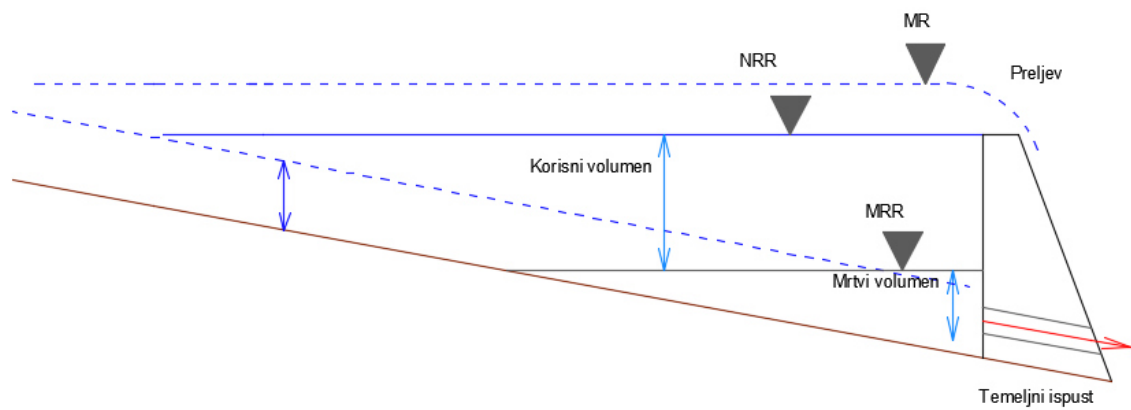
Velika važnost pridaje se što manjem utjecaju na okoliš. Prije poduzimanja samog zahvata potrebno je napraviti procjenu utjecaja istog na sam okoliš. Okoliš u smislu tla, vode, klime, šume, zraka, zdravlja ljudi, cjelokupnog biljnog i životinjskog svijeta, krajolika, prostornih i kulturnih vrijednosti, njihovih međusobnih odnosa. Važno je uzeti u obzir i druge planirane zahvate te mogućnost njihovog međusobnog utjecaja s postojećim ili planiranim zahvatima na tom području na kojem se i sagledava utjecaj zahvata.

2.2. Osnovni parametri akumulacije

Osnovni parametri akumulacije su (slika 2.1) [13,17]:

- kota maksimalnog radnog nivoa (MR) – kota je maksimalnog nivoa vode u akumulacijskom jezeru,
- kota minimalnog radnog nivoa (MRR) – kota je koja označava razine ispod koje se ne uzima voda za korisnika,
- kota normalnog uspora (NRR) – kota je pri kojoj je ispunjen korisni volumen akumulacije,
- mrtvi volumen akumulacije – predstavlja prostor koji prihvaća nanos i volumen koji se ne koristi za reguliranje protoka,
- krivulja volumena i površine akumulacije – definira ovisnost volumena akumulacije i površine vodnog lica o nivou vode u akumulaciji,
- krivulje koje opisuju hidraulički režim brane su: krivulja protoka kroz evakuacijske objekte i krivulja protoka zahvata u ovisnosti s nivoom vode u akumulacijskom jezeru,

- način korištenja akumulacije u radnim i izvanrednim uvjetima definira se režimom upravljanja akumulacije



Slika 2.1 Shematski prikaz osnovnih parametara akumulacije [13]

3. Akumulacija Varaždinsko jezero

3.1. Općenito o Varaždinskom jezeru

Varaždinsko jezero je akumulacijsko jezero na rijeci Dravi koje je izgrađeno za potrebe HE Čakovec. Varaždinsko jezero završeno je 80-ih godina prošlog dvadesetog stoljeća, odnosno 1982. godine. Varaždinsko jezero spada u umjetno jezero koje je napravljeno na rijeci Dravi u blizini Varaždina. Nasipi akumulacije redovito se pregledavaju i održavaju.

Površina Varaždinskog jezera iznosi 10,5 km², a ukupni volumen pri srednjem protoku iznosi 510000 m³ [19]. Akumulacijsko jezero na rijeci Dravi prema biološkoj podjeli može se svrstati u eutrofno jezero, jer je bogato hranjivim tvarima (dušikom i fosforom) i drugim organskim tvarima, ali ne ulazi u prirodne procese zatrpavanja – eutrofikacije. Temperatura vode određuje količinu kisika koja će moći biti otopljena u vodi. Prema termičkim klasifikacijama Varaždinsko jezero pripada u jezero umjerenog pojasa. Tijekom ljeta temperatura vode u jezeru opada s dubinom, a tijekom zime raste s dubinom. Tijekom proljeća i jeseni temperatura je ujednačena od površine do dna, što se naziva izotermijom [3].

Akumulacijsko jezero povezano je sa starim tokom Drave putem ribljih staza, radi kojih se u jezeru nalaze ribe koje su većinom karakteristične za rijeke, a ne za jezera. Neke od tih riba su: bolen, podust, obični balavac, plotica i sl.[3].

Osjetljiva područja koja su opterećena iz različitih izvora su [3]:

- Drava nakon ulaza iz Slovenije u Hrvatsku kod Dubrave Križovljanske, uključujući akumulacijsko jezero hidroelektrane Varaždin. Taj dio rijeke Drave je osjetljiv iz tog razloga jer se na tom mjestu talože teški metali i druge štetne tvari koje pristižu iz Slovenije.
- Drava nakon utoka desnog drenažnog kanala akumulacijskog jezera HE Čakovec, koji rijeku opterećuje otpadnom vodom kanalizacije grada Varaždina i industrijske zone u Trnovcu.

Ispitivanje kakvoće vode se provodi kako bi se dobile spoznaje o tome u kojim karakteristikama voda odstupa od propisane kategorije za tu vodu. Dobiveni podaci mogu se prikazivati u tablicama (tablica 1).

Tablica 1 Pokazatelj stanja kakvoće vode akumulacijskih jezera nisu samo postaje, već i druge građevine, HE sustava Drava [3]

| pokazatelj | Stanje |
|---------------------------------------|--|
| režim kisika | II vrsta osim na lokacijama s III vrstom : - desnom drenažnom kanalu HE Čakovec i HE Dubrava - na postajama stare Drave u sustavima HE Čakovec i HE Dubrava |
| hranjive tvari | II vrsta osim na lokacijama: - odvodni kanal HE Varaždin: koncentracija nitrita za IV vrstu - stara Drava u sustavu HE Čakovec: amonijak i nitriti za III vrstu |
| mikrobiološki (NBK vrijednost) | III vrsta za koliformne bakterije na većini postaja |
| indeks saprobnosti | IV vrsta na postajama svih triju akumulacijskih jezera II vrsta na desnim drenažnim kanalima akumulacijskih jezera i starom koritu u sustavu HE Varaždin |

Dio rijeke Drave koji prolazi Varaždinskom županijom i ulijeva se u Varaždinsko jezero, većinu svojih onečišćenja prima iz Slovenije i nizvodno od ušća Bednje. Nizvodno od navedenih izvora onečišćenja, rezultati ispitivanja kakvoće vode daju najlošije rezultate. Akumulacijsko jezero izaziva uspor rijeke i na taj način dolazi do taloženja tvari koje ga zatim onečišćuju. Na taj način dolazi do sve većeg opterećenja sedimenata akumulacije štetnim i toksičnim tvarima, što dokazuju biološki pokazatelji prema kojima ono spada u vode 4. vrste. Veći dio vode iz jezera ispušta se u derivacijski kanal. Njegov veliki protok osigurava samopročišćavanje vode do stupnja kakvoće vode koja spada u 2. kategoriju, koja je propisana za Dravu (uključujući i Varaždinsko jezero), što dovodi do zaključka da je protok izuzetno bitan za krajnju kakvoću i kvalitetu vode. Prevelike količine hranjivih tvari u Varaždinskom jezeru nisu poželjne, jer ubrzavaju primarnu organsku produkciju te je time izraženo bujanje algi i makrofitske vegetacije. Iste nakon što uginu počinju sa razgrađivanjem i na taj način na dnu stvaraju mulj [3].

Kao i sva druga jezera, odnosno akumulacije, Varaždinsko jezero također djeluje kao taložnica i biološki uređaj za pročišćavanje vode. Međutim, biološki i kemijski pokazatelji analize dokazuju da je ono onečišćeno [3].

Na primjer, kada se planira priključenje kanalizacijskih otpadnih voda naselja i industrijskih objekata, obavezno je i potrebno planiranje pročišćavanja istih do razine stupnja kakvoće za vodotoke 2. kategorije. Tek kada se to ostvari, moguće je ispuštanje te vode u jezero. Izgradnjom hidroelektrana došlo je do narušavanja prirodnog vodnog režima [1,3].

Najugroženija dionica je dionica starog korita Drave. Ona predstavlja najosjetljiviji i najnepovoljniji dio rijeke za praćenje kakvoće i količine otpadnih voda [9].

Nakon izgradnje jezera, promatrane su dionice od jednog do drugog jezera [3,18]:

- a) Između Ormoškog i Varaždinskog jezera: središte rasprostranjenosti vrsta vezanih na najosjetljivija i najpromjenjivija staništa. Ugrožene i rijetke vrste ovdje su najbrojnije.
- b) Između Varaždinskog i Dubravskog jezera: na ovu dionicu rijeke, bitni utjecaj imaju tehnički radovi, što za posljedicu ima značajan gubitak stanišnih uvjeta i ugroženih vrsta karakterističnih za ovaj dio Drave.
- c) Akumulacijska jezera (uključujući i Varaždinsko jezero): uzrokovala su gubljenje stanišnih uvjeta za mnogobrojne rijetke i ugrožene vrste koje su ovdje obitavale prije nego je jezero izgrađeno. Uvjeti koji su povoljni za takve vrste, zadržali su se samo na početnim dijelovima jezera s otocima i vegetacijom, odnosno ključnim staništima na akumulacijskim jezerima.
- d) Uzvodno od Ormoškog jezera i nizvodno od Dubravskog jezera: na tim dijelovima zastupljeni su svi tipovi staništa. Upravo te dionice značajna su središta rasprostranjenosti i ključna staništa nekim najugroženijim vrstama na području Varaždinske županije, Hrvatske, ali i Europe.

Uz akumulacijsko jezero, veliki problem stvaraju i bespravno sagrađene "vikend građevine" na otocima i obalama, jer su tako sva staništa izložena pustošenju. Ugrožene vrste još dodatno ugrožavaju i dovode do izumiranja krivolovci. Vožnja motornim čamcima i skuterima za vodu također loše djeluje na već ugrožene vrste. Jedan od bitnijih problema je propadanje šuma. Problem propadanja šuma primijetio se uz rijeku Dravu na mekim listačama. Tu je pojavu izazvalo snižavanje razine podzemne vode, a ta se pak pojava dogodila radi gradnje akumulacijskog jezera za potrebe hidroelektrane. Uvjeti koji su povoljni za uzgoj drveća i dalje su oko jezera, dok su dijelovi u zoni kanala potpuno uništeni. Pad podzemne vode onemogućio je uspijevanje drvenastih vrsta u toj zoni kanala, to jest drvo može uspjati i živjeti će samo jedno svoje određeno vrijeme, a nakon toga će propasti.

Takva su područja stavljena u gospodarskoj osnovi u stanje mirovanja, odnosno prepušteni su prirodnom razvoju sve dok se ne smisli neko od mogućih i prirodno prihvatljivih rješenja [1,3].

Migratorne ribe izrazito su osjetljive na prepreke kao što su brane i pragovi, koje se nalaze u gornjim i srednjim tokovima rijeka. Takve prepreke remete slobodu kretanja. Samim time Varaždinsko jezero narušava njihova staništa [2,3].

Voda koja se iz akumulacijskog jezera ulijeva u stari tok rijeke Drave topla je, a time i siromašna kisikom. Najmanje količine vode stari tok prima putem riblje staze koja je povezana sa Varaždinskim jezerom. Stari tok rijeke Drave ima očuvani okoliš, plitku i toplu vodu te je sa svojim sprudovima i mrtvicama idealno mrijestilište za mnoge vrste riba [1,3]. Jedino što izaziva narušavanje tih idealnih uvjeta su povremeni sušni, ali i bujični režimi koje izazivaju hidroelektrane uslijed naglog ukidanja ili otpuštanja većih količina vode iz akumulacijskog jezera u stari tok rijeke Drave. Takve pojave dešavaju se kada dođe do potrebe izvršavanja nekog oblika tehničkog zahvata na komponentama elektrane ili infrastrukture koja prati elektranu ili pak ako voda u Varaždinskom jezeru dosegne kritičnu razinu koja nije poželjna. Upravo takvi procesi izrazito negativno djeluju na riblju zajednicu, ali i na sav ostali živi svijet koji se nalazi oko tog starog toka rijeke (slika 3.1). Iz navedenog se može zaključiti da su uvjeti u starom toku rijeke Drave, tj. ostvarivanje biološkog minimuma u istom, pod izrazito velikim antropogenim utjecajem [1].



Slika 3.1 Stari tok rijeke Drave [2]

Poznato je da Varaždinsko jezero ima ulogu taložnice, zbog toga kanal koji se nalazi nizvodno od njega prihvaća vodu koja je bolje kakvoće od one vode koja utječe u akumulacijsko jezero i to je od velike važnosti kako za prirodu i životinje tako i za ljude. Iznenadne bujice koje bi izazvale prelijevanje vode preko nasipa, a time i poplave, rješavaju se upravo ovim umjetnim jezerom [11,20].

Na brani hidroelektrane, voda koja dolazi iz Varaždinskog jezera dijeli se na veći i manji dio. Manji dio vode prelazi preko manje sporedne turbine za proizvodnju električne energije i nakon toga se ispušta u stari tok rijeke Drave kako bi se ostvario ekološki prihvatljivi protok. Ostvarivanje prihvatljivog protoka bitno je radi zadovoljavanja biološkog minimuma i omogućavanja opstanka biljnog i životinjskog svijeta. Taj dio još uvijek ima obilježja rijeke srednjih i donjih tokova sporog vodotoka sa sporadičnim bujičnim ili sušnim režimom zbog antropogenog utjecaja.

Onaj drugi količinski veći dio vode akumulacije, namijenjen je za turbine hidroelektrane kako bi se mogla proizvoditi potrebna električna energija. Vode rijeka se već dugo smatraju vrlo bitnim resursom koji se može i treba iskorištavati pa su se tako odlučili provesti na rijeci Dravi hidroenergetski zahvati i regulacije. Drenažni kanal morao je biti izveden tako da se proteže duž nasipa akumulacijskog jezera radi svrhe sakupljanja podzemnih voda koje prolaze kroz nasipe akumulacijskog jezera [3,14]. Količine procjednih voda iz jezera su relativno male pa je s obzirom na to i protok u drenažnim jarcima malen. Podizanje razine podzemne vode bilo je i očekivano, ali ne u tolikoj mjeri u kolikoj se to i dogodilo. Stoga se moralo pristupiti bušenju arteških bunara uz drenažni kanal kojima se doprlo do sljedećeg podzemnog sloja vode te se na takav način smanjio pritisak [17]. Najveći udio vode koji se troši iz akumulacijskog jezera odlazi u strojarnicu. Nakon toga, ona se odvodi tzv. odvodnim kanalom (dugačkim 7 kilometara) i ulijeva se u stari tok Drave [10]. Voda koja se koristi za proizvodnju električne energije izlazi iz hidroelektrane bistrog i čistog izgleda, jer sedimenta u njoj gotovo da i nema, a razlog tome je što se koristi voda iz površinskih slojeva akumulacijskog jezera.

Sama hidroelektrana sadrži sljedeće specifikacije:

Hidrološki podaci [19]:

- srednji godišnji protok: 325 m³/s,
- mogućnost prihvaćanja velike vode od 1 % vjerojatnosti, što iznosi 2.600 m³/s,
- mogućnost prihvaćanja velike vode od 0,1 % vjerojatnosti, što iznosi 3.300 m³/s.

Energetski podaci [19]:

- instalirani protok: $Q_i = 500 \text{ m}^3/\text{s}$
- bruto pad na strojarnici: 17,53 m
- moguća prosječna godišnja proizvodnja: 400 GWh.

Danas vjerojatno takav način gradnje akumulacije kao što je gradnja Varaždinskog jezera ne bi bio dozvoljen radi spoznaja da se tako gube velika prirodna bogatstva. Na razne se načine i uz pomoć novih znanja ublažavaju utjecaji hidrotehničkih građevina na živi svijet.

Na rijeci Dravi bilo je planirano građenje 22 hidroelektrane, ali nakon prikazivanja svih promjena i problema koji se dešavaju tokom i naročito nakon gradnje takvih hidrotehničkih građevina, gradnja je zaustavljena nakon treće izgrađene akumulacije, odnosno hidroelektrane Dubrava.

3.2. Dobre strane Varaždinskog jezera

Varaždinsko jezero pogodno je za sport, rekreaciju, smanjuje erozije tla, koristi se za navodnjavanje i opskrbu vodom te ima potencijal za proizvodnju električne energije, što je i najznačajnija funkcija [8]. Proizvodnja električne energije pomoću akumulacije vrlo je poželjna, jer danas je važno da su objekti višenamjenski. Uvelike se teži proizvodnji električne energije pomoću obnovljivih izvora energije, a upravo na tome je zasnovana i HE Čakovec (slika 3.2).

Hidroelektrana predstavlja jedno složeno postrojenje koje se sastoji od skupa uređaja i građevina za reguliranje protoka i usporavanje vode (akumulacije i brane). Također, hidroelektrane služe za dovod i odvod vode (kanali, tlačne cijevi). Važan dio jedne takve HE, je strojarnica koja sa svojim uređajima pretvara potencijalnu energiju vode (transformatorima) u mehaničku (turbine), a zatim u željenu električnu energiju (generator) [21].



Slika 3.2 Hidroelektrana Čakovec [7]

Spremnik vode, tj. akumulacija, je isplativa građevina kada se uzme u obzir to da se u nju mogu ispustiti velike količine vode i na takav način zaštititi naselje od poplave. Time je moguće spriječiti velike štete i posljedice te na kraju krajeva i spasiti ljudski život, što je za područje Varaždinske županije od iznimne važnosti.

Varaždinsko jezero pogodno je za ribolov, a razlog tome je obilje zelenih algi koje se stvaraju upravo na tom području i predstavljaju hranu brojnim ribama, ali i beskralježnjacima [3].

Gradnja Varaždinskog jezera sa sobom je donijela neke nedostatke, ali kada se uzme u obzir da je zahvaljujući njemu Hidroelektrana Čakovec proizvela u 20 godina 7 milijardi kWh električne energije, vidljivo je da je gradnja tih objekata bila poželjna i dobra odluka [19].

3.3 Problemi vezani uz Varaždinsko jezero

Rijeka Drava svojim tokom u akumulacijsko jezero, odlaže erodirani materijal pa se postupno taloženje jezera neorganskim sedimentima uz organsku produkciju smanjuje i pretvara u močvaru. Pri zapunjavanju jezerskog dna, smanjuje se dubina i time se povećava količina svjetlosti na njemu, što pripomaže organskoj produkciji i njegovom daljnjem i bržem zarastanju sve do konačnog isušavanja. Da nebi do toga došlo, na Varaždinskom jezeru postoji osoblje koje je zaduženo za njegovo održavanje, na način da ispiru i čiste jezero od naslaga sedimenata kako bi jezero zadržalo funkciju onih prvobitno zamišljenih karakteristika.

Zapunjavanje jezerskog dna najviše se dešava tijekom toplijih dijelova godine kada je biljni i životinjski svijet najbujniji [1,20].

Ako rijeka, što je slučaj kod starog toka rijeke Drave, sadrži sprudove, mrtvice, rukavce i riječne otoke u donjem dijelu toka, izgradnja akumulacija i hidroelektrana na takvoj lokaciji nije moguća [10].

Postoje ekolozi koji se bore i ograničavaju broj gradnji takvih hidrotehničkih građevina. Jedan od njihovih navoda odnosi se na hidroelektranu Čakovec. Konkretno, navodi se kako je obodni kanal hidroelektrane Čakovec u vrlo lošem stanju, što uzrokuje velike probleme za biljni i životinjski svijet. Razlog takvom lošem stanju je izrazito loše ekološko stanje, razni fizikalno-kemijski pokazatelji, specifične onečišćujuće tvari koje se javljaju na tom predjelu te općenito kemijsko stanje koje nije dobro [3,10].

Mišljenja su podijeljena. Jedna strana okrenuta je tome da se previše pazi i ograničava te navode kako bi iskorištavanje snage i potencijala vode trebalo biti znatno veće i u svemu tome ne bi bilo prevelike opasnosti po okoliš te kako bi se sve moglo na kraju svesti u jedan ravnotežni sustav. Druga pak strana tvrdi kako je ovo maksimalno dopušteno iskorištavanje vodnih dobara te kako su već sad biljni i životinjski svijet previše ugroženi. Rješenje problema je takvo da se iskorištavanje snage vode te gradnja hidrotehničkih građevina (akumulacije i hidroelektrane) treba ujednačiti tako da se stavi veliki značaj na upute koje izdaju organizacije zaštite okoliša i stvori jedno kompromisno rješenje ugodnog s korisnim [3,16,22].

Tijekom pripremnih, ali i građevinskih radova Varaždinskog jezera, korištena je mehanizacija i razna vozila, a sve to stvara mogućnost onečišćenja podzemnih voda. Onečišćenje podzemnih voda bit će prouzrokovano tvarima koje se koriste kod gradnje, na primjer, motorna ulja, naftni derivati i ostale slične tvari. Gotovo se sa sigurnošću može reći da će do takvih onečišćenja bar malo doći iz razloga što se na gradilištima često viđa nepažnja ili nedovoljna osviještenost radnika, nepotpuna ispravnost vozila, kvar vozila i slično. Izvođenje radova bez zagađenja vode je moguće, ali je potrebna ispravna organizacija gradilišta i opreme koja se koristi za izvođenje radova. Kod izvođenja takvih opsežnih radova kao što je akumulacija, potrebno je u pripravnosti imati sredstva za upijanje naftnih derivata ako bi došlo do slučajnog izlivanja iz vozila ili strojeva, što će umanjiti utjecaj na cjelokupni okoliš i podzemne vode [1, 17, 22].

3.4 Kontrola kakvoće vode Varaždinskog jezera

Voda Varaždinskog jezera mora biti odgovarajućih svojstava. Ne bi se smjelo dozvoliti da voda dođe do ili pak prijeđe krajnje granice dopustivosti onečišćenja. Trebalo bi se voditi računa o tome da te vode ostanu u onim preporučljivim svojstvima. Za rijeku Dravu propisane su vode 2. kategorije dok akumulacija već spada u vode 4. kategorije [3].

Posljednje četiri godine vršeno je ispitivanje vode na rijeci Dravi, ispod cestovnog mosta kod Varaždina. Ta lokacija nalazi se otprilike 1300 m od ulaza u Varaždinsko jezero što bi značilo da se vode tih karakteristika ulijevaju upravo u akumulaciju. Ispitivanjem vode na toj lokaciji, dobiveni su sljedeći podaci o stanju kakvoće vode (tablica 2) [3]:

Tablica 2: Stanje kakvoće vode ispod cestovnog mosta na rijeci Dravi kod Varaždina [3]

| pokazatelj | Stanje |
|--------------------|---|
| Ph | najbolja kakvoća - I vrsta vode |
| režim kisika | - otopljeni kisik i KPK-Mn – vrijednosti za II vrstu - zasićenje kisikom - II vrsta (samo 2003. godine III vrsta) - BPK - II vrsta (samo 2004. godine III vrsta) |
| hranjive tvari | II vrsta - odstupanja pokazuju samo nitrati (2004. i 2005. godine u koncentraciji za III kategoriju) |
| NBK | III kategorija (za koliformne bakterije) |
| indeks saprobnosti | II vrsta |
| metali | - II vrsta (kadmij, krom, bakar, nikal i cink, osim olova) - u 2004. i 2005. godine olovo zabilježeno u koncentraciji za IV vrstu vode, a u 2004. godine u IV vrstu svrstana je i živa |
| organske tvari | III i IV vrsta (mineralna ulja i DDT), poboljšanje u 2004. i 2005. god. |

Kakvoća vode rijeke Drave odstupa od propisane 2. kategorije vode zbog [3]:

- olova,
- žive,
- bioloških pokazatelja,
- mikrobioloških pokazatelja,
- organskih tvari,
- mineralnih ulja

Kontrolom kakvoće vode derivacijskog kanala i Varaždinskog jezera, potvrđeno je da je voda u akumulaciji više onečišćena od propisanog. Razlog tome je uspor Drave prolaskom kroz akumulaciju. Akumulacijska jezera djeluju kao prirodni pročišćivači i do jedne granice oni to mogu biti, ali u slučaju Varaždinskog jezera ono je ipak previše onečišćeno [23].

Količina onečišćenja može se smanjiti raznim uređajima za pročišćavanje, ali i uporabom vlastitoga truda, volje i odgovornosti kako se ne bi dešavalo nekontrolirano odlaganje smeća u akumulaciju od strane neodgovornih pojedinaca. Spoznaju o količini takvog odlaganja otpada teško je odrediti sa sigurnošću, što stvara dodatni problem u dobivanju boljih rezultata kakvoće vode. Nekontrolirano odbacivanje smeća u Varaždinsko jezero potvrđuje slučaj da je 2016. godine u jezero bačeno oko 50 vreća rabljenih pelena (slika 3.3) [23].



Slika 3.3 Nekontrolirano odbacivanje smeća (rabljenih pelena) u Varaždinsko jezero [23]

Na kakvoću vode koja dopire do akumulacije te na samu vodu akumulacije, najviše negativno utječu sljedeći čimbenici [3]:

- ilegalno odbacivanje otpada – otpad koji spada u kategoriju opasnog otpada jer sadrži jedno ili više svojstava opasnog otpada, poput istrošenih akumulatora i baterija, lijekova i ostalih medicinskih otpada, ulja, lakova, ambalaža od herbicida, pesticida, boja, sredstava za čišćenje,

- izostanak adekvatnog rješenja za zbrinjavanje krutog otpada s životinjskih farmi, ponajviše sa peradarskih farmi,
- preveliko korištenje mineralnih gnojiva, sredstava za zaštitu biljaka i sličnih preparata na poljoprivrednim površinama,
- neadekvatna odvodnja otpadnih voda sakupljenih na životinjskim farmama,
- neizgrađenost sustava odvodnje otpadnih voda naselja, pod to se svrstava: voda iz autopraonica, otpadne vode iz industrija, fekalne vode iz kućanstava, farme koje se nalaze u sklopu naselja, klaonice i slično

Nakon izgradnje proizvodnog područja hidroelektrane "Sjever", odnosno akumulacije Varaždinsko jezero, uvele su se mjere i aktivnosti pod koje se svrstava [3]:

- nadgledanje u kojem se stanju nalaze građevine,
- obveza održavanja stalnog protoka u ribljim stazama,
- odgovarajući pregledi nasipa akumulacija,
- geodetska mjerenja u odgovarajućim periodima,
- praćenje stanja vodostaja i protoka površinskih voda,
- praćenje razine podzemnih voda u predjelu nasipa i zaobalju,
- obveza praćenja kvalitete podzemnih, ali i površinskih voda,
- zaštita i uređenje cjelokupne okolice hidroelektrana,
- održavanje zelene površine nasipa,
- obavezno praćenje profila kanala i jezera

Akumulacijsko jezero bilo bi znatno više onečišćeno da Varaždin nema sustav javne odvodnje otpadnih voda mješovitog tipa. Razlog tome je prihvatna otpadna voda koja je usmjerena prema glavnom gradskom kolektoru te prema posebnom uređaju za mehaničko-biološko pročišćavanje otpadnih voda. Kada se izvrši rekonstrukcija te ujedno i modernizacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Grada Varaždina, Varkom daje izvještaj o tom zahvatu. U prvoj fazi takve modernizacije, uspješno su se eliminirali neugodni mirisi, što je za rezultat imalo otklanjanje negativnog utjecaja na okoliš. Modernizacija uređaja i samo povećanje kapaciteta izuzetno su važne stavke, jer bilo je potrebe za pročišćavanjem otpadnih voda i drugih naselja kao što su: Petrijanec, Sračinec, Hrašćica i Trnovec. Glavni cilj je pročišćavanje otpadnih voda na čitavom teritoriju Republike Hrvatske. Unatoč pročišćivačima, vidljivo je da Varaždinsko jezero ipak ne zadovoljava kakvoću vode kakvu bi trebalo. Razlog tome je taj, što unatoč svom tom pročišćavanju voda koja se ispušta i dalje povremeno sadrži više od maksimalno dozvoljene koncentracije nekih tvari [3].

4. Klimatske karakteristike

4.1 Temperaturne karakteristike

Prema podacima (tablica 3), odnosno meteorološkim značajkama Varaždinske županije, moguće je zaključiti da lokacija Varaždinskog jezera pripada tipu umjereno tople vlažne klime s toplim ljetima, čija su obilježja srednje temperature najtoplijeg mjeseca manje od 22°C. U najhladnijem mjesecu temperatura se kreće između -1,0°C i -1,3°C, a srednju temperaturu ima šesti mjesec sa 10°C. U toplom dijelu godine srednja temperatura viša je od godišnjeg prosjeka te njezino trajanje je od sredine travnja do sredine listopada. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi oko 10°C. Najtoplijim mjesecom smatra se srpanj sa svojom srednjom temperaturom od oko 20,4°C, a siječanj je jedini mjesec u godini čija je srednja temperatura niža od 0°C. Može se zaključiti da se temperature zraka najviše razlikuju u zimskim mjesecima, a dok su temperaturne prilike najnestabilnije ljeti [1, 24].

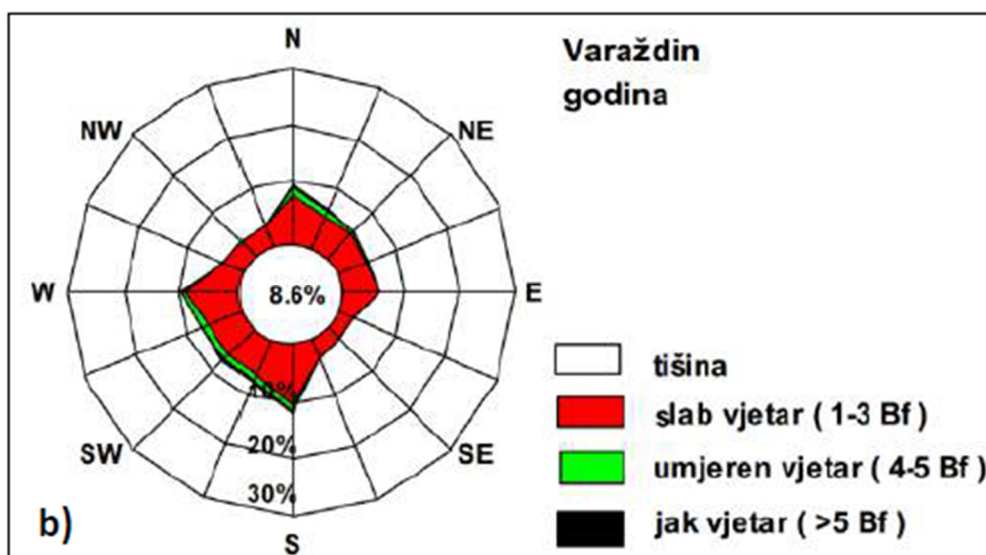
Tablica 3 Mjesečne vrijednosti klimatskih parametara izmjerene na području Varaždina za razdoblje 1949 – 2015. [1]

| | siječanj | veljača | ožujak | travanj | svibanj | lipanj | srpanj | kolovoz | rujan | listopad | studeni | prosinač |
|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----------|---------|----------|
| TEMPERATURA ZRAKA | | | | | | | | | | | | |
| Srednja [°C] | -0.5 | 1.4 | 5.7 | 10.7 | 15.4 | 18.9 | 20.4 | 19.6 | 15.5 | 10.4 | 5.5 | 1.1 |
| Aps. maksimum [°C] | 19.1 | 21.6 | 25.3 | 30.4 | 33.2 | 36.0 | 39.3 | 39.4 | 32.9 | 27.7 | 24.3 | 21.4 |
| Datum(dan/godina) | 29/2002 | 16/1998 | 31/1989 | 29/2012 | 27/2008 | 23/2003 | 5/1950 | 8/2013 | 11/2011 | 6/2009 | 16/1963 | 17/1989 |
| Aps. minimum [°C] | -26.8 | -28.0 | -23.4 | -5.5 | -2.3 | 2.2 | 4.7 | 3.2 | -3.1 | -7.5 | -19.6 | -22.7 |
| Datum(dan/godina) | 16/1963 | 16/1956 | 1/1963 | 4/1970 | 12/1978 | 5/1962 | 6/1962 | 25/1980 | 29/1977 | 30/1997 | 24/1988 | 22/1969 |
| TRAJANJE OSUNČAVANJA | | | | | | | | | | | | |
| Suma [sati] | 75.0 | 102.0 | 148.6 | 186.6 | 240.8 | 252.5 | 282.8 | 259.6 | 190.2 | 144.6 | 82.4 | 62.7 |
| OBORINA | | | | | | | | | | | | |
| Količina [mm] | 43.8 | 44.1 | 49.3 | 65.4 | 80.7 | 93.7 | 94.7 | 91.1 | 89.8 | 75.3 | 80.1 | 58.3 |
| Maks. vis. snijega [cm] | 52 | 57 | 76 | 10 | 4 | - | - | - | - | 3 | 60 | 52 |
| Datum(dan/godina) | 1/1970 | 5/1963 | 8/1955 | 3/1970 | 6/1957 | - / - | - / - | - / - | - / - | 28/2012 | 30/1993 | 1/1993 |
| BROJ DANA | | | | | | | | | | | | |
| vedrih | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 7 | 9 | 7 | 6 | 2 | 2 |
| s maglom | 9 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 9 | 8 | 8 |
| s kišom | 6 | 6 | 9 | 12 | 13 | 14 | 12 | 11 | 10 | 10 | 11 | 9 |
| s mrazom | 10 | 10 | 10 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 9 | 12 |
| sa snijegom | 6 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 |
| ledenih (tmin ≤ -10°C) | 4 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| studenih (tmax < 0°C) | 9 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| hladnih (tmin < 0°C) | 24 | 19 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 21 |
| toplih (tmax ≥ 25°C) | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 14 | 20 | 19 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| vrućih (tmax ≥ 30°C) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Temperatura je od velikog značaja, kako za Varaždinsko jezero tako i općenito za akumulacijska jezera. Temperatura vode u akumulaciji ne smije biti prevelika, jer s povećanjem iste smanjuje se količina otopljenog kisika, što negativno utiče na biljni i životinjski svijet u smislu kvalitete života istog. Uslijed viših temperatura vode, bujanje algi i ostalog zelenila je povećano, što uzrokuje pretvaranje akumulacije u močvaru, a uslijed ugibanja istih postaju dio taloga i mulja koji smanjuju korisni volumen akumulacije. Uslijed intenzivnijeg zatrpavanja takvih jezera potrebno je češće čišćenje, održavanje i intervencija osoblja koja su za to zadužena na akumulacijama. Trajanje osunčavanja, broj sunčanih dana i slični parametri bitni su za jezera, jer uzrokuju evaporaciju vode. Uslijed prevelikog isparavanja, akumulacija ne bi bila isplativa i iskorištavana u punom svom potencijalu. Omjer količine oborina i sunčanih sati/dana mora biti uravnotežen. Područje akumulacije se ubraja u srednje osunčano s oko 2000 sati sijanja sunca godišnje [1,24].

4.2. Vjetar

Jednostavna definicija vjetra može se iskazati kao strujanje zračnih masa koje nastaje uslijed razlike u tlakovima, odnosno temperature. Režim vjetrova uklapa se u strujanje koje vlada nad područjem grada Varaždina uključujući i Varaždinsko jezero, a dominantni vjetrovi su južnog, jugozapadnog i sjevernog kvadranta. Ljeto kao godišnje doba je takvo da su učestali slabi vjetrovi. Zimi dominira sjevernjak, a u jesen i tokom čitave godine pretežno puše zapadnjak, što prikazuje i ruža vjetrova (slika 4.1) [1,24].



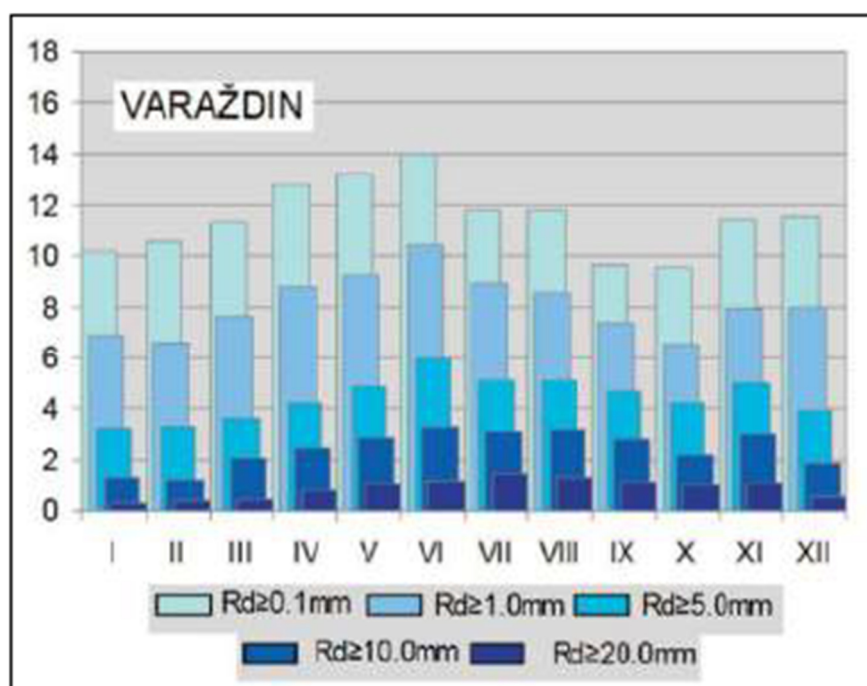
Slika 4.1 Godišnja ruža vjetrova za Varaždin u razdoblju 1981 – 2000 [1]

Na području Varaždina pretežno prevladava tišina, slabog vjetra ima povremeno, ali ne predstavlja neugodnosti ili probleme pri obavljanju svakodnevnih poslova i obaveza. Umjereni vjetar svrstat će se u onaj koji se pojavljuje rijetko i kratkog trajanja, dok se za jaki vjetar može reći da ga gotovo i nema jer predstavlja svega 1,0 % vjetrova od ukupnih vjetrova zastupljenih na području Varaždinske županije. Najveća učestalost vjetra je S (jug) smjera (11,7%), nakon toga slijedi W (zapad) smjer (9,7%), pa N (sjever) smjer (9,2%), NE (sjeveroistok), ENE (istok – sjeveroistok) i E (istok) (7,9 %, 13,2 % i 9, 7%) i na kraju SW (jugozapad) (8,0 %). Promatra li se samo jačina vjetra neovisno o smjeru i dobu godine, na području Varaždinske županije pretežno prevladava slab vjetar u iznosu od 81,1%, a umjereno jak i jak vjetar javlja se u iznosu od 9,3% [1,24,25].

Zaključuje se da vjetrovi nisu toliko intenzivni da mogu uzrokovati gubitak vode zbog nastanka valova, odnosno ne mogu značajno doprinijeti isparavanju vode s površine Varaždinskog jezera.

5. Hidrološke karakteristike

Godišnji hod količina oborina kontinentalnog je tipa, očekivani maksimum je u proljeće i sekundarni maksimum je u jesen. Uzme li se srednja godišnja količina padalina u razdoblju od 1949. do 2015. iznosit će 866 mm. Najmanja količina oborina može se očekivati u siječnju i veljači dok snježni pokrivač u mjesecima od listopada do svibnja te traje između 30 i 45 dana. Najveće visine snježnog pokrivača za to područje iznose od 57-70 cm. Godišnje je zabilježeno oko 16% vedrih dana, što bi bilo svega 55-65 dana, dok su oblačni dani dvostruko češći. Područje se grubo rečeno ubraja u srednje sunčano. Oborine za određeno područje i vremenski period najčešće se prikazuje nekom vrstom dijagrama (slika 5.1) [1].



Slika 5.1 Godišnji hod srednjeg broja dana s količinom oborine $Rd \geq 0,1mm$, $Rd \geq 5,0mm$, $Rd \geq 10 mm$, $Rd \geq 20mm$ [1]

Količina padalina se dosta razlikuje od godine do godine. Područje Varaždinskog jezera, ali i cijelog Varaždina pretežno je bogato vlagom tokom cijele godine, a prosječna mjesečna vrijednost relativne vlage zraka iznosi više od 70% s maksimumom u studenom i prosincu [1,24,26]. Omjer količine oborina i sunčanih dana uravnotežen je te ne predstavlja problem za Varaždinsko jezero. Drugim riječima, oborine u pravilu ne utječu na značajno povećanje volumena vode u Varaždinskom jezeru na način da bi mogle uzrokovati prelijevanja preko rubova akumulacije.

6. Zaključak

Voda je obnovljivi izvor energije i kao takav može se iskorištavati. Korištenje vode za proizvodnju električne energije korištenjem hidroelektrana rasprostranjeno je po cijelom svijetu. Gradnja isključivo hidroelektrana nije bila dovoljna, nego su se za potrebe istih izvele i akumulacije. Za potrebe Hidroelektrane Čakovec (HE Čakovec) izgrađena je akumulacija nazvana Varaždinsko jezero. Gradnja takvih hidrotehničkih građevina je dopuštena jer prednosti koje se ostvaruju znatno su veće od nedostataka. Nedostatci koji se javljaju nisu u tolikoj količini da bi ugrozili biljni i životinjski svijet ili sigurnost čovjeka. Akumulacije i hidroelektrane ne ugrožavaju biljni i životinjski svijet toliko da bi ih se trebalo izbjegavati, štoviše znatno su prihvatljivije od fosilnih goriva koja se koriste za dobivanje drugih oblika energije. Navedeni objekti su višenamjenski te njihova gradnja na rijeci Dravi nije bila samo u svrhu iskorištavanja vodnih snaga već se njima stanovništvo brani od poplava i odnošenja plodnog zemljišta. Također, stvara se prostor za sport, rekreaciju i turizam. Omogućava se opskrba vodom te promet. Gradnji takvih hidrotehničkih građevina potrebno je pristupiti odgovorno u svakom pogledu, jer samo se na takav način dobiva zahtijevana sigurnost, kako biljaka i životinja tako i ljudi koji žive u blizini istih. Akumulacijska jezera nazivaju se i prirodnim pročišćivačima jer imitiraju taložnice. Važnost se treba pridati vodoodrživosti, tj. procjeđivanje vode kroz dno i bokove akumulacije mora biti ograničeno na jednu prihvatljivu razinu. Ako bi procjeđivanje vode kroz nasip bilo preveliko moglo bi doći do ispiranja čestica istog te do njegovog urušavanja, kao i gubitaka vode. Održavanje akumulacije je nužno, jer u protivnom dolazi do zatrpavanja iste te se na takav način smanjuje korisni volumen i efikasnost. Uslijed ispravnog održavanja vijek trajanja akumulacije se produžuje, a ograničen je na razdoblje od 50 – 200 godina pa i više. Varaždinsko jezero predstavlja sigurnu građevinu kod koje mogućnosti popuštanja brane gotovo da i nema. Danas su kriteriji za gradnju akumulacija još stroži te način tadašnje gradnje vjerojatno danas ne bi bio prihvatljiv, iako se i onda vodilo računa o biljnom i životinjskom svijetu te sigurnosti čovjeka. Rijeku Dravu bi trebalo još više energetski iskoristiti, jer njezin potencijal je velik, a pokazatelji dosadašnjih utjecaja akumulacija i hidroelektrana su u prihvatljivim granicama. Izvođenje akumulacijskih jezera je složen zahvat te se planiranju i izgradnji treba pristupiti odgovorno uz poštivanje svih pravila, jer u suprotnom gubitci bi mogli biti veliki. Mogućnost iskorištavanja tog zemljišta, koje je predviđeno za akumulaciju, bilo bi ograničeno nakon svih tih procesa i uzrokovani utjecaj na biljni i životinjski svijet ne bi bio opravdan.

U Varaždinu _____

Andrej Pejić



Sveučilište
Sjever



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navodenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Andrej Pejić (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero" (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Andrej Pejić
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Andrej Pejić (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Hidrološke i ekološke karakteristike akumulacije "Varaždinsko jezero" (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Andrej Pejić
(vlastoručni potpis)

7. Literatura

- [1] M. Hrgarek: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš rekonstrukcije industrijskog dvorišta – izgradnja reciklažnog dvorišta za građevni otpad sa skladištem otpada željeza na k.č.br. 8673/5 k.o. Varaždin, Varaždin 2018.
- [2] A. Pejić, Privatna zbirka autorskih fotografija, 2020.
- [3] D. Hajduk-Vučić: Službeni vjesnik Varaždinske županije, Varaždin 2007.
- [4] A. Pejić: Google Maps, Varaždin 2020.
- [5] Drava, Raspoloživo na:
<https://crorivers.com/drava/>, dostupno: 27.7.2020.
- [6] Drava life, Raspoloživo na:
<https://www.drava-life.hr/hr/rijeka-drava/>, dostupno 13.5.2020.
- [7] Hep proizvodnja. Raspoloživo na:
<https://www.hep.hr/proizvodnja/>, dostupno 10.8.2020.
- [8] P. Stojić: Hidrotehničke građevine – knjiga 1, Naklada: 500 primjeraka, Split 1997
- [9] O. Bonacci: Brane i akumulacije: jučer, danas, sutra, 2015.
- [10] R. Karlović: Ihtiofauna rijeke Drave na području pod utjecajem hidroelektrana, Seminarski rad, PMF, Zagreb, 2016.
- [11] L. Šibić: Posljedice gradnje hidroelektrana na riječne tokove, Seminarski rad, PMF, Zagreb, 2009.
- [12] P. Stojić: Hidrotehničke građevine – knjiga 2, Naklada: 500 primjeraka, Split 1998.
- [13] Građevine za korištenje voda. Raspoloživo na:
<http://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/katedre/Privredna%20hidrotehnika/DSG%20Iskoristenje%20VS/Iskoristavanje%20vodnih%20snaga-pred3.pdf?fbclid=IwAR0uejrDjuw1edYtGoQC4Ck1OUTdjQDd5VeOjsQBSw7xGn2vlqPpd12hHog>, dostupno 17.4. 2020.

- [14] P. Stojić: Hidrotehničke građevine – knjiga 3, Naklada: 500 primjeraka, Split 1999.
- [15] N. Friščić, Hidroelektrana Dubrava, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2014.
- [16] Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – 2. dio: Stajačice Dinaridske ekoregije, Raspoloživo na:
https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/klasifikacijski_sustav_ekoloskog_potencija_la_za_umjetna_i_znatno_promijenjena_tijela_povrsinskih_voda_2.dio_-_stajalice_dinaridske_regije.pdf, dostupno 15.5.2020.
- [17] Obnovljivi izvori energije, Hidroenergija, Raspoloživo na:
https://atlas.geog.pmf.unizg.hr/e_skola/geo/mini/obnov_izvori_energ/hidroenergija.html
- [18] B. Nadilo: Posljednja izgrađena hidroelektrana na Dravi, 10/2015. , str. 1033-1037
- [19] D. Režek: Hidroelektrane na Dravi, 11.9.2003.
- [20] Akumulacijsko jezero, Raspoloživo na:
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=1253>, dostupno 10.8.2020.
- [21] Hidroavion – hidroelektrane. Raspoloživo na:
<https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/hidroelektrane.pdf>, dostupno 1.6. 2020.
- [22] Društvo građevinskih inženjera i tehničara Varaždin, Raspoloživo na:
<http://www.dgit.hr/index.php?clid=zanimljivosti&id=1360427584>, dostupno 19.7.2020.
- [23] Evarazdin.hr. Raspoloživo na:
<https://evarazdin.hr/>, dostupno 22.6.2020.
- [24] M. Mesarić, Strateška studija utjecaja na okoliš Plana navodnjavanja Varaždinske županije, Zagreb, veljača 2019.
- [25] J. Rubinić, J. Margeta, Dimenzioniranje akumulacija primjenom generiranih protoka, 2000.
- [26] HEP d.d., Studija o utjecaju na okoliš HES Kosinj, Zagreb, 2016

8. Popis tablica

Tablica 1 Pokazatelj stanja kakvoće vode akumulacijskih jezera nisu samo postaje, već i druge građevine, HE sustava Drava

Tablica 2 Stanje kakvoće vode ispod cestovnog mosta na rijeci Dravi kod Varaždina

Tablica 3 Mjesečne vrijednosti klimatskih parametara izmjerene na području Varaždina za razdoblje 1949 – 2015.

9. Popis slika

Slika 1.1 Varaždinsko jezero, Autor: A. Pejić, Varaždin, 2020.

Slika 1.2 Slivna područja sa vidljivim akumulacijama HE Sjever, Izvor: D. Hajduk-Vučić: Službeni vjesnik Varaždinske županije, Varaždin, 2007.

Slika 1.3 Izvor rijeke Drave u Južnom Tirolu, Autor: A. Pejić, Izvor: Google Maps, Varaždin, 2020.

Slika 2.1 Shematski prikaz osnovnih parametara akumulacije, Autor: A. Pejić, Izvor: R. Andričević: Građevine za korištenje voda, Split

Slika 3.1 Stari tok rijeke Drave, Autor: A. Pejić, Varaždin, 2020.

Slika 3.2 Hidroelektrana Čakovec, Izvor: Hep.hr, Čakovec, 2016.

Slika 3.3 Nekontrolirano odbacivanje smeća (rabljenih pelena) u Varaždinsko jezero, Izvor: D. Ramušćak: evarazdin.hr, Varaždin, 2016.

Slika 4.1 Godišnja ruža vjetrova za Varaždin u razdoblju 1981 – 2000, Izvor: Procjena ugroženosti Varaždinske županije, Varaždin, 2015.

Slika 5.1 Godišnji hod srednjeg broja dana s količinom oborina $R_d \geq 0,1$ mm, $R_d \geq 5,0$ mm, $R_d \geq 10$ mm, $R_d \geq 20$ mm, Izvor: Procjena ugroženosti Varaždinske županije, Varaždin, 2015.