

Procjena eksploatacijskih zaliha podzemne vode otoka Hvara

Ruškač, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:682915>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

**PROCJENA EKSPLOATACIJSKIH ZALIHA PODZEMNE VODE OTOKA
HVARA**

Diplomski rad

Ivan Ruškač

G 438

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/18
URBROJ: 251-70-15-23-2
U Zagrebu, 6. 2. 2023.

Ivan Ruškač, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/18, URBROJ: 251-70-15-23-1 od 8. 2. 2023. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

PROCJENA EKSPLOATACIJSKIH ZALIHA PODZEMNE VODE OTOKA HVARA

Za mentoricu ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Izv. prof. dr. sc. Jelena Parlov nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentorica:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Jelena Parlov

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

Zahvaljujem...

prije svega svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Jeleni Parlov na mentorstvu, savjetima i pomoći prilikom izrade diplomskog rada

Ocjenjivačima rada izv. prof. dr. sc. Dariu Perkoviću na savjetima vezanima uz ArcMap te doc. dr. sc. Zoranu Kovaču.

Obitelji i prijateljima na podršci i savjetima tijekom studija.

PROCJENA EKSPLOATACIJSKIH ZALIHA PODZEMNE VODE OTOKA HVARA

Ivan Ruškač

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U ovome diplomskom radu prikazan je izračun procjene zaliha podzemne vode otoka Hvara. Izračun je proveden na temelju bilance vode gdje se promatra ulaz i izlaz vode iz nekog sustava. Korišteni su podaci količina oborine i temperature zraka za sedam odnosno dvije postaje. Također, u okviru rada provedena su i mjerenja razine podzemne vode u nekoliko navrata. Za godišnja razdoblja dobivene su maksimalne teoretske količine eksploatacijskih zaliha. Dodatno je za svaku godinu napravljen izračun za polugodišnja razdoblja s naglaskom na ljetne mjesece. Obzirom da veličina površine najviše utječe na procjenu zaliha, za crpilište Jelsa određeno je slivno područje na temelju topografije te litoloških i hidrogeoloških značajki naslaga.

Ključne riječi: otok Hvar, kišomjerna postaja, oborina, temperatura zraka, bilanca, zalihe podzemne vode

Diplomski rad sadrži: 38 stranica, 13 tablica, 19 slika, 16 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Jelena Parlov, izvanredna profesorica RGNf

Ocjenjivači: Dr.sc. Jelena Parlov, izvanredna profesorica RGNf
Dr.sc. Dario Perković, izvanredni profesor RGNf
Dr.sc. Zoran Kovač, docent RGNf

ESTIMATION OF GROUNDWATER RESERVES OF THE ISLAND OF HVAR

Ivan Ruškač

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

In this Master's Thesis, calculation of the groundwater reserves of the island of Hvar, is presented. The calculation of water balance was carried out on the basis of precipitation and air temperature data sets from seven pluviometer's station. Field measurements include data of groundwater levels from two piezometers. Results for annual periods of groundwater reserves are maximum theoretical possible values. In addition, calculations were made for half-year periods with focus on summer season. Calculations for catchment area of Jelsa well field represent better and more accurate results of groundwater reserves.

Keywords: Hvar island, pluviometer's station, precipitation, temperature, water balance, reserves

Thesis contains: 38 pages, 13 tables, 19 figures, 16 references

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: Associate Professor Jelena Parlov, PhD

Reviewers: Associate Professor Jelena Parlov, PhD
Associate Professor Dario Perković, PhD
Assistant Professor Zoran Kovač, PhD

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORETSKE OSNOVE	2
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	5
3.1. Geografski položaj i klimatske značajke otoka Hvara	5
3.2. Geološke i hidrogeološke značajke otoka Hvara.....	7
4. PROVEDENA MJERENJA	13
5. OBRADA PODATAKA I REZULTATI PROVEDENE BILANCE VODE.....	19
6. DISKUSIJA	31
7. ZAKLJUČAK.....	35
8. LITERATURA	36

POPIS SLIKA

Slika 3-1. Prosječna mjesečna količina oborine u razdoblju 2000.-2020. godine	5
Slika 3-2. Mjesečne prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti temperature zraka u razdoblju 2000. - 2020. godine.....	6
Slika 3-3. Hidrogeološka karta zapadnog i središnjeg dijela otoka Hvara	9
Slika 3-4. Hidrogeološka karta istočnog dijela otoka Hvara	10
Slika 3-5. Shematski hidrogeološki profil A-B (preuzeto iz BABIĆ, 1960)	12
Slika 4-1. Položaj piezometara na kojima su vršena mjerenja razine podzemne vode.....	13
Slika 4-2. Ručni mjerač razine podzemne vode.....	14
Slika 4-3. Piezometri P-1 i P-2 (s lijeva na desno)	15
Slika 4-4. Piezometri P-3 i P-4 (s lijeva na desno)	15
Slika 4-5. Količina dnevnih oborina u travnju i kolovozu 2022. godine s naznačenim datumima mjerenja RPV-a	16
Slika 4-6. Prosječne mjesečne oborine za dvadesetogodišnje razdoblje i mjesečne oborine za 2022. godinu za postaju Hvar	17
Slika 5-1. Prostorni smještaj kišomjernih postaja	19
Slika 5-2. Godišnje oborine izmjerene na svih 7 kišomjernih postaja u razdoblju 2000.-2009. godine	21
Slika 5-3. Godišnje oborine izmjerene na svih 7 kišomjernih postaja u razdoblju 2010.-2020. godine	21
Slika 5-4. Prostorni raspored utjecajnih površina pojedine kišomjerne postaje	22
Slika 5-5. Slivno područje crpilišta Jelsa	30
Slika 6-1. Grafički prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha za šestomjesečno razdoblje za četiri utjecajna područja.....	32
Slika 6-2. Grafički prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha za šestomjesečno razdoblje za tri utjecajna područja.....	33
Slika 6-3. Odnos godišnje količine oborine i procijenjenih eksploatacijskih zaliha crpilišta Jelsa	34

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Površina pojedine kategorije propusnosti i udio u ukupnoj površini otoka ...	11
Tablica 4-1. Izmjerena dubina do vode	14
Tablica 4-2. Razina podzemne vode u piezometrima.....	14
Tablica 4-3. Debljina slatkovodne leće prema Ghyben-Herzbergovom zakonu.....	17
Tablica 5-1. Koordinate postaja.....	20
Tablica 5-2. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Hvar.....	23
Tablica 5-3. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Brusje	24
Tablica 5-4. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sv. Nedjelja .	25
Tablica 5-5. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Jelsa.....	27
Tablica 5-6. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Gdinj.....	27
Tablica 5-7. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Zastrazišće...	28
Tablica 5-8. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sućuraj	28
Tablica 5-9. Procjena eksploatacijskih zaliha podzemne vode za slivno područje crpilišta Jelsa	30

1. UVOD

Otok Hvar je srednjodalmatinski otok, poznat kao popularno turističko odredište, a uvršten je u deset najljepših otoka na svijetu. Voda na otoku oduvijek je imala veliku važnost, prije svega za ljudsku potrebu, ali i za poljoprivredu. Brojne gustomerne, spremnici vode i česme dokazuju kako su ljudi na različite načine čuvali i sakupljali vodu.

Svoje vlastite zahvate podzemne vode otok Hvar ostvaruje na području Jelse i Staroga Grada, a dio vode doprema se s kopna podmorskim cjevovodima.

Cilj ovoga rada je izračunati zalihe podzemne vode otoka Hvara s posebnim fokusom na ljetna i sušna razdoblja, te slivno područje crpilišta Jelsa. Grub izračun zaliha podzemne vode izrađen je za cijeli otok pomoću bilance vode, a na primjeru slivnog područja crpilišta Jelsa prikazana je korekcija izračuna uvažavajući značajke propusnosti naslaga unutar užeg istraživanog područja. Pri bilanciranju voda glavni parametri za izračun su oborine i evapotranspiracija, uz pretpostavku da njihova razlika predstavlja efektivnu infiltraciju. Dodatno su se, u nekoliko navrata provedenim terenskim mjerenjima razina podzemne vode na području Jelse, pokušala utvrditi hidrodinamička svojstva zahvaćenog vodonosnika nakon pojedinih oborinskih događaja.

Za izračun procjene eksploatacijskih zaliha podzemne vode te tablične i grafičke prikaze rezultata korišten je *Microsoft Excel*, dok je za izradu grafičkih priloga i hidrogeološke karte korišten *ESRI ArcMap 10.1*. Sve koordinate prikazane u tablicama ovoga rada su u *Croatia TM* koordinatnom sustavu.

2. TEORETSKE OSNOVE

Podzemne vode i njihove zalihe strateški su resurs svake pojedine države te su radi velike važnosti definirane zakonima i podzakonskim aktima.

Prema Zakonu o vodama (NN 6/2019) „*raspoložive zalihe podzemne vode su višegodišnji prosjek ukupnog prihranjivanja vodnog tijela podzemne vode, umanjen za višegodišnji prosjek tečenja, potreban za postizanje ciljeva ekološke kakvoće povezanih površinskih voda, utvrđen propisom iz članka 47. stavka 1. ovoga Zakona, kako bi se izbjeglo svako znatnije pogoršanje ekološkog stanja tih voda i nanošenje znatne štete povezanim kopnenim ekosustavima*“.

Prema Strategiji upravljanja vodama (NN 91/2008) „*zbog složenih hidrogeoloških odnosa, te nedovoljne i neravnomjerne istraženosti vodonosnika određivanje zaliha podzemnih voda temelji se dobrim dijelom na procjenama. Prema istoj Strategiji navodi se da „zbog osobitosti krških vodonosnika, složenih strukturno-tektonskih odnosa, te višestrukog izviranja i poniranja vode na različitim horizontima unutar istoga sliva u velikome broju slučajeva nepouzdana je odvajanje površinskih i podzemnih voda, a osobito utvrđivanje zaliha podzemne vode*“.

Prema Hrvatskom strukovnom nazivlju, bilanca vode predstavlja „*pregled raspoložive vode temeljen na načelu da tijekom određena vremena ukupan višak vode u slijevnome području ili vodnome objektu mora biti jednak zbroju ukupnoga gubitka vode i neto promjene zaliha vode u slijevu ili vodnome objektu,*“.

Bilancom podzemne vode smatra se proučavanje ulaza (oborine) i izlaza (evapotranspiracija i površinsko i podzemno otjecanje). Količina vode koja ulazi i vode koja izlazi iz nekog prirodnog sustava tj. sliva je jednaka odnosno sustav se nalazi u ravnoteži i u najkraćem obliku može se zapisati na sljedeći način:

$$\text{ulaz} = \text{izlaz} \quad (2.1.)$$

Uvrštavanjem u izraz (2.1.) pojedinih komponenti jednadžba glasi:

$$P = E_T + Q = \pm \Delta W \quad (2.2.)$$

gdje su: P - oborina;

E_T - evapotranspiracija;

Q - površinsko i podzemno otjecanje;

ΔW - neto prinos ili neto gubitak vode.

U krškim područjima, posebice na otocima koji su građeni od karbonatnih okršenih naslaga, komponenta koja se odnosi na površinsko otjecanje često izostaje, a podzemno otjecanje je nemoguće izmjeriti jer se pražnjenje sustava uglavnom ne odvija u pojedinim točkama (izvorima) već difuzno u obalnom području ili ispod morske površine. Stoga razlika između izmjerene količine oborine i izračunate evapotranspiracije predstavlja dio vode koji se infiltrira u podzemlje tj. efektivnu infiltraciju. To je maksimalna teoretska količina vode koja se može infiltrirati u podzemlje.

U oborine ubrajamo kišu, snijeg, inje, tuču i rosu, a nastaju kao posljedica kondenzacije vodene pare u atmosferi (Bačani, 2006.). Količina oborine mjeri se pomoću kišomjera na glavnim meteorološkim, klimatološkim ili kišomjernim postajama. Glavna meteorološka postaja je postaja s 2 do 5 profesionalnih meteoroloških motritelja koje imaju ograđeno motrilište i radni prostor te obavljaju motrenja ili registraciju svih meteoroloških elemenata tijekom 24 sata, prema propisima Svjetske meteorološke organizacije i Državnog hidrometeorološkog zavoda. Klimatološke (obične meteorološke) postaje obavljaju motrenja u 07, 14 i 21h srednjeg lokalnog vremena i prate meteorološke pojave tijekom dana. Motrenja obavljaju neprofesionalni motritelji, a postaje su najčešće smještene unutar privatnih posjeda. Kišomjerne postaje su meteorološke postaje na kojima motritelji-amateri obavljaju mjerenje količine oborine (www.meteo.hr).

Uobičajeno je da se za neko promatrano područje određuje prosječna količina oborine i u tu svrhu mogu se primijeniti različite metode, a metoda koja je korištena u ovom radu je metoda Thiessenovih poligona. Konstrukcija Thiessenovih poligona tj. utjecajnih površina omogućila je raspodjelu površine otoka Hvara na manje dijelove za koje se nadalje računala količina efektivne infiltracije.

Evapotranspiracija podrazumijeva ukupno isparavanje s promatranog područja, a obuhvaća isparavanje s vodene površine, s površine tla i transpiraciju biljaka (Bačani, 2006). U ovome radu za izračun evapotranspiracije korišten je izraz L. Turca (1953):

$$E_T = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (2.3.)$$

gdje su: P - prosječna godišnja oborina (mm);

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3;$$

T - srednja godišnja temperatura zraka (°C).

Ukoliko su dostupni podaci o srednjim mjesečnim temperaturama i oborinama moguće je napraviti temperaturnu korekciju prema izrazu:

$$T_p = \frac{\sum(P_i T_i)}{\sum P_i} \quad (2.4.)$$

gdje su: P_i - srednje mjesečne oborine (mm);

T_i - srednje mjesečne temperature (°C);

iz čega slijedi da je: $L = 300 + 25T_p + 0,05T_p^3$.

Proračun zaliha podzemne vode izrađen je na temelju vrijednosti evapotranspiracije izračunate prema izrazu (2.3.) i izrazu (2.4.), u cilju usporedbe rezultata kada se koriste samo prosječne godišnje vrijednosti s rezultatima kada se koriste detaljniji podaci tj. mjesečne vrijednosti temperature zraka i oborine.

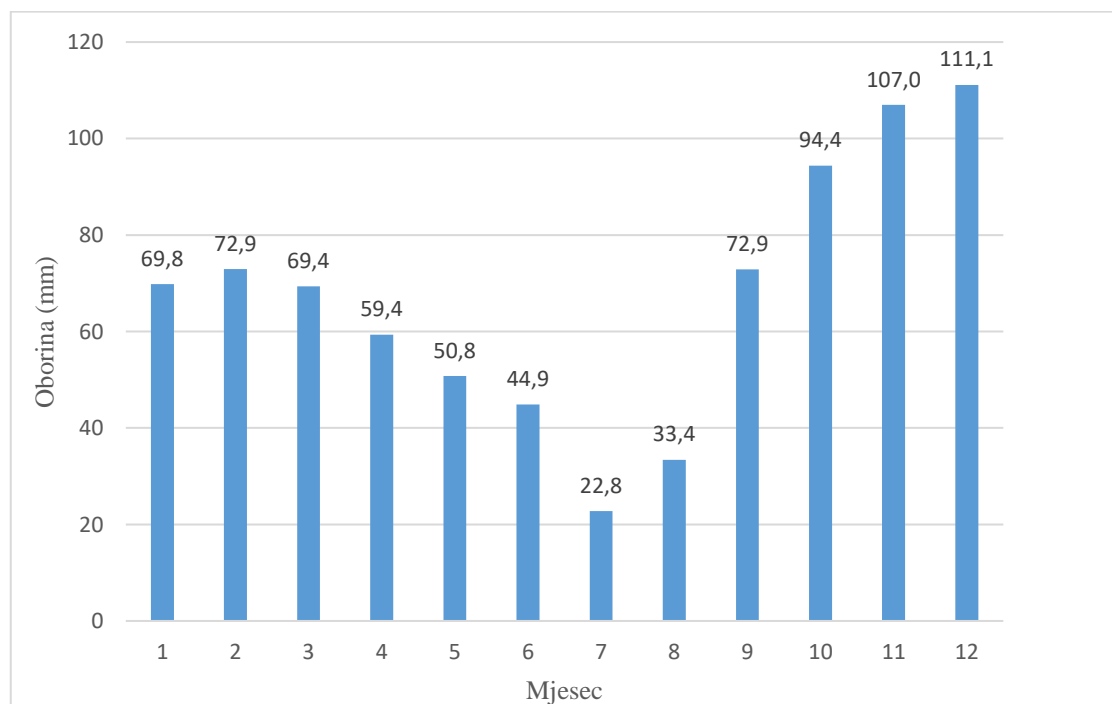
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Geografski položaj i klimatske značajke otoka Hvara

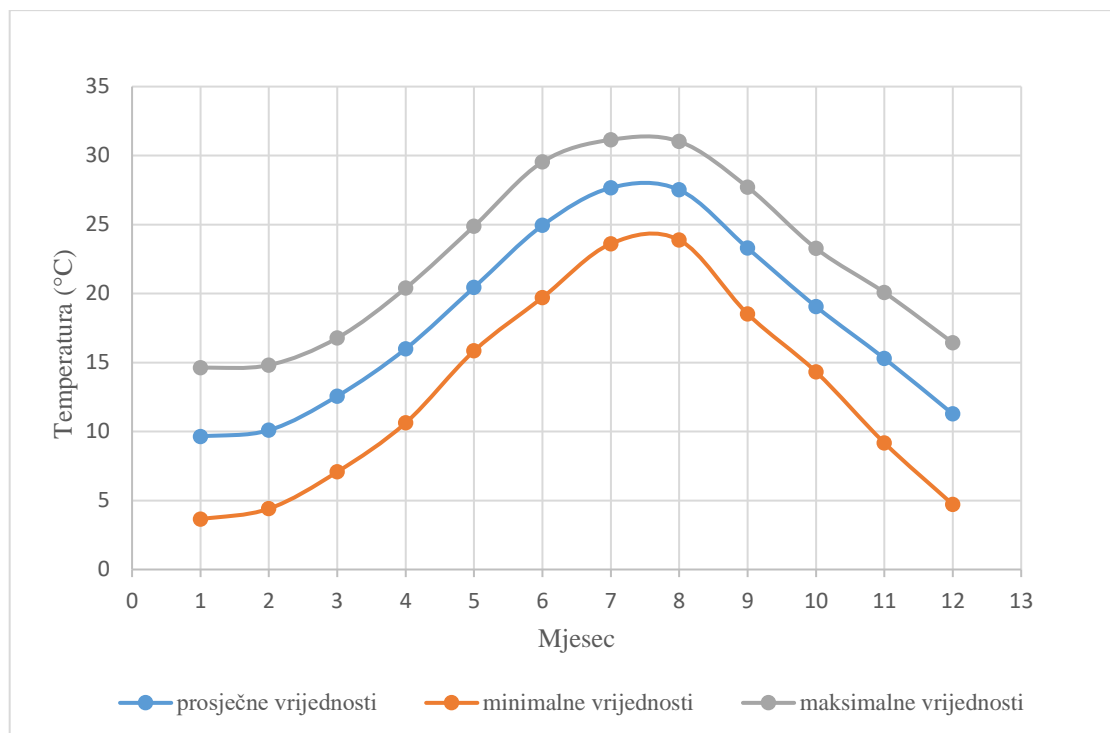
Otok Hvar pripada skupini srednjodalmatinskih otoka. Okružen je: Bračom na sjeveru i kopnom na sjeveroistoku, Visom i Paklinskim otocima na jugozapadu, Korčulom i poluotokom Pelješcem na istoku i jugoistoku, Šćedrom na jugu i skupinom manjih otoka i hridi u blizini same obalne granice. Najduži je otok Hrvatske s duljinom od 68 kilometara i površinom oko 297 km². Najviši vrh Hvara Sv. Nikola iznosi 626 m n.m., što otok Hvar svrstava na treće mjesto po visini nakon Brača i Cresa (Mamut i Čirjak, 2017).

Klima otoka Hvara je sredozemna (mediteranska) klima (Csa po Köppenu) (Šegota i Filipčić, 2003). To je umjereno topla kišna klima sa sušnim ljetima sa srednjom temperaturom zraka najtoplijeg mjeseca višom od 22°C. U vremenskom razdoblju 2000.-2020. godine na postaji Hvar prosječna količina oborine za najkišovitiji mjesec (prosinc) iznosila je 111,1 mm, dok je za najsušniji mjesec (srpanj) iznosila 22,8 mm (slika 3-1.). Prosječna godišnja oborina u navedenom vremenskom razdoblju iznosi 772 mm.

Za isto razdoblje na postaji Hvar minimalna prosječna mjesečna temperatura zraka iznosila je 3,6°C (siječanj), dok je maksimalna prosječna mjesečna temperatura zraka iznosila 31,1°C (srpanj) (slika 3-2.). Prosječna godišnja temperatura zraka u navedenom vremenskom razdoblju iznosi 17,3°C.



Slika 3-1. Prosječna mjesečna količina oborine u razdoblju 2000.-2020. godine



Slika 3-2. Mjesečne prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti temperature zraka u razdoblju 2000. - 2020. godine

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine otok Hvar ima 11 077 stanovnika. Obzirom da je turizam najrazvijenija djelatnost na cijelom otoku i izrazito je sezonske naravi, posljedično su i potrebe za vodom neujednačene kroz godinu. Broj turista u ljetnom razdoblju kreće se oko 25 000 dnevno (broj registriranih ležajeva na otoku). Ukupan godišnji broj turističkih noćenja za rekordnu 2018. i 2019. godinu kretao se oko 760 000 samo za grad Hvar (Fabijanović, 2020). Stoga je potreba za vodom u ljetnim mjesecima izrazito velika te su potrebne dodatne količine. Nažalost, u ljetnim mjesecima padne najmanje oborine, dok su temperature skoro svakodnevno iznad 30°C.

Stanovnici otoka Hvara snalazili su se na razne načine u prošlosti kako doći do vode. Tome svjedoče brojne gusterne i bunari gdje se sakupljala voda iz kišnice. Prvi sustav vodoopskrbe grada Hvara napravljen je 1923. iz izvora „Vorba“ blizu grada Hvara. Voda se distribuirala u vodospreme koje su opskrbljivale nekoliko javnih česmi. Općina Jelsa je 1934. godine izgradila prvi sustav vodoopskrbe iz izvorišta „Vir“ (prosječne izdašnosti 6 l/s) kojim su se opskrbljivale javne česme u mjestu Jelsa. Početak većeg ulaganja u vodoopskrbu izvršeno je u razdoblju od 1961.-1965. godine kada je izgrađeno vodocrpilište „Libora“ kod Jelse te cjevovodi do Hvara, Starog Grada, Vrboske i ostalih mjesta. U gradu Stari Grad 1984. godine je izgrađena crpna stanica „Garmica“ izdašnosti oko 15 l/s. Česte redukcije

vode, razvoj turizma i sve veći broj ljudi u ljetnim mjesecima zahtijevali su sve veće količine pitke vode na otoku. Tako je 1986. izgrađen sustav regionalnog vodovoda „Omiš-Brač-Hvar“. Time je omogućena distribucija veće količine pitke vode iz rijeke Cetine na otok. Iste godine mjesto Sućuraj je spojeno na Makarski vodoopskrbni sustav. Tijekom godina sustavi su se sve više nadograđivali, što je rezultiralo zahvatom većih količina vode sa kopna. Godine 2013. postavljen je novi podmorski cjevovod „Brač-Hvar“. Tim cjevovodom voda se doprema gravitacijskim tokom (oko 115 l/s) u glavnu vodospremu otoka Hvara „Tatinja“ gdje se miješa s vodom iz crpilišta „Libora“ prosječne izdašnosti oko 40 l/s (Hvarski vodovod, 2014).

3.2. Geološke i hidrogeološke značajke otoka Hvara

Otok Hvar prema listovima Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000 i pripadajućim tumačima: list Vis K 33-33 (Borović i dr., 1977), list Jelsa K 33-34 (Marinčić i Majcen, 1975), list Ploče K 33-35 (Marinčić i dr., 1977); tumač za list Vis i Jelsa (Borović i dr., 1977), tumač za list Ploče (Magaš i dr., 1979), izgrađen je od naslaga kredne do kvartarne starosti.

Najstarije naslage koje se nalaze na površini otoka Hvara su **donjokredne** dolomitne naslage koje tvore jezgru glavne antiklinale (1K_1) i najistaknutije su naslage u središnjem dijelu otoka, posebice na području Svirča i Pitvi s procijenjenom debljinom oko 400 m. U krilima dolomitne antiklinale nalaze se vapnenci sa više od 94% $CaCO_3$ komponente (2K_1). Vapnenci zatvaraju krila dolomitne antiklinale i debljine su oko 200 m.

Gornjokredne naslage čine dolomiti i vapnenci i najzastupljenije su naslage na otoku Hvaru. Debeli kompleks dolomita ($K_2^{1,2}$) čini antiklinalu Stari Grad-Vrboska i antiklinalu istočno od Jelse. U kompleksu se nalaze proslojci i leće vapnenaca. Dobro uslojeni vapnenci (K_2^2) čine krila antiklinale koja se proteže duž cijelog otoka Hvara i debljine su oko 400 m. Dobro uslojeni i gromadasti vapnenci nalaze se u rubnim područjima otoka uz morsku obalu. Pojavljuju se kao spoj kontinuirano taloženih paketa vapnenaca ($^{1+2}K_2^3$). Najmlađe naslage gornje krede čine dobro uslojeni vapnenci s lećama dolomita ($^3K_2^3$). Nalaze se u istočnom dijelu otoka i čine antiklinalu na području Sućuraja.

Naslage **paleogena** čine foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$) te lapori i fliš ($E_{2,3}$). Najmanje su zastupljeni na površini terena, a najviše se ističu u uskom pojasu od Hvara do Milne gdje foraminiferski vapnenci leže diskordantno na krednim naslagama. Lapori su kontinuirano

taloženi na foraminiferske vapnence. Slične pojave izmjena ovih članova javljaju se i na područjima Zračća, Sv. Nedjelje i istočno od Ivan Dolca.

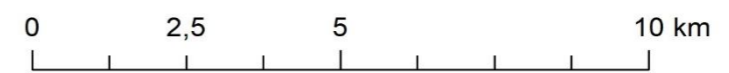
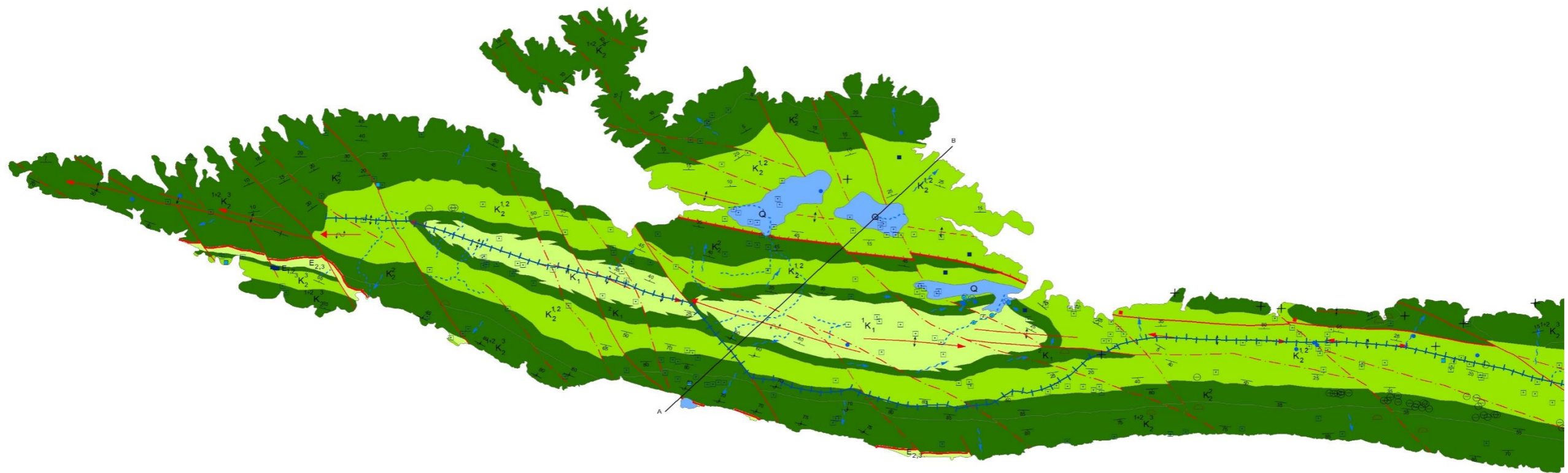
Kvartarne naslage otoka Hvara čine nevezani i rastrošeni materijali karbonatnih krednih naslaga. Ovdje se ističu aluvijalne naslage (al) na području Jelse koje čine poljoprivredno obradive površine. Deluvijalne naslage (d) pojavljuju se na području Sv. Nedjelje i čine ih breče načinjene od fragmenata krednih i paleogenih naslaga.

Glavne strukture otoka Hvara nastale su deformacijama u tri tektonske faze: laramijskoj, pirenejskoj i neotektonskoj. Prva faza definira nastanak osnovnih tektonskih jedinica. U drugoj fazi dolazi do velikog tektonskog oštećenja temeljnih naslaga. Ono definira ljuskastu građu otoka, izrazito boranje i nastanak glavne izdužene antiklinale pružanja istok-zapad s tonjenjem prema istoku. Nagnuta je prema jugu i definira vrlo strmu južnu stranu otoka. Paralelno s glavnom antiklinalom, prema sjeveru se pruža antiklinala koja je djelomično natisnuta uz reversni rasjed sa naslagama glavne otočne antiklinale. U trećoj fazi dolazi do intenzivnog podvlačenja stijena prema sjeveru. Ovo intenzivno djelovanje karakterizira pojavu većeg broja rasjeda i prebacivanje boranih slojeva (Vrkljan, 2002).

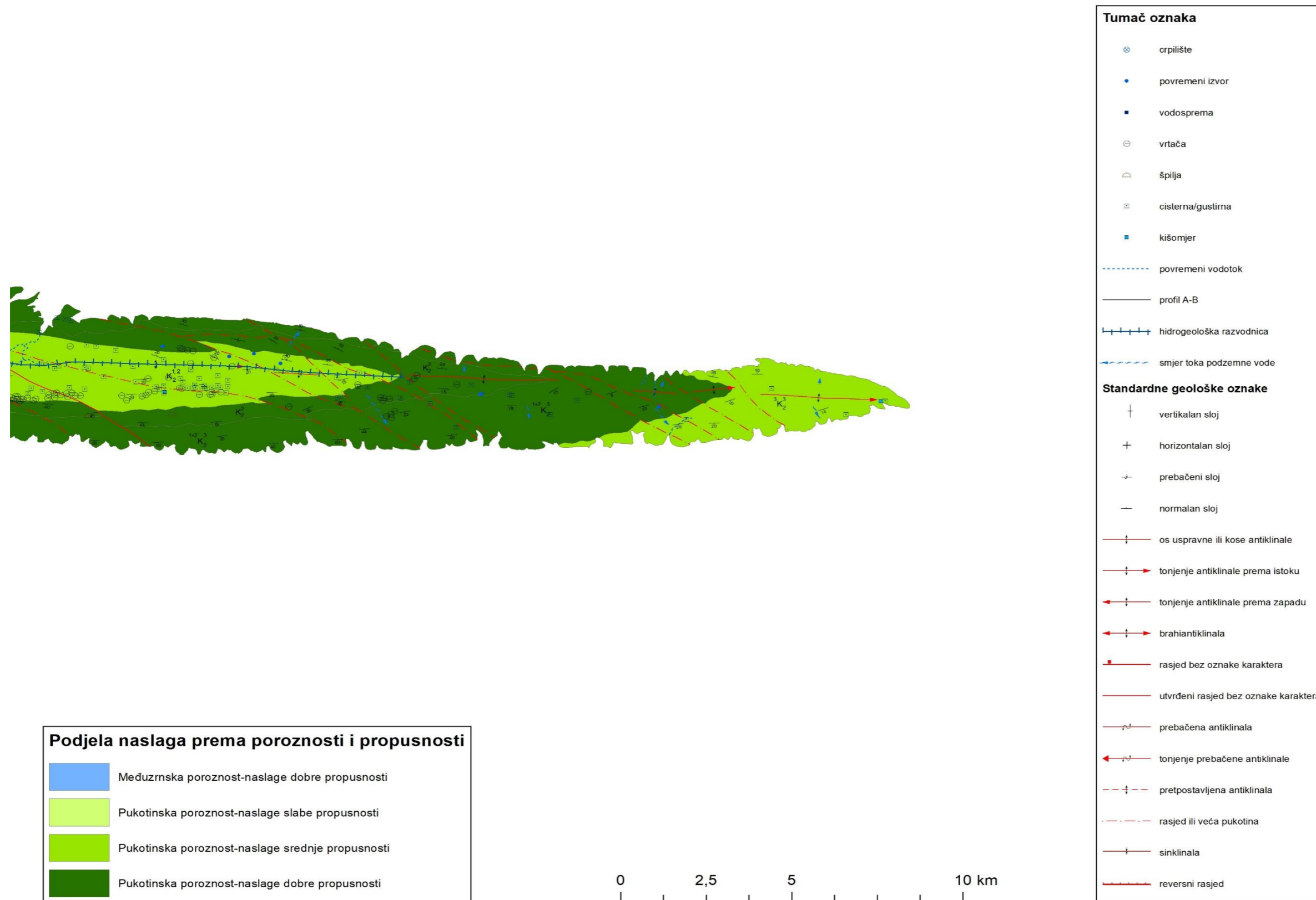
Sve naslage koje se nalaze na površini otoka Hvara razvrstane su u nekoliko kategorija, s obzirom na tip poroznosti i stupanj propusnosti. Kategorije su:

1. Dobro propusne naslage pukotinske poroznosti: donjokredni vapnenci (2K_1), dobro uslojeni gornjokredni vapnenci (${}^{1+2}K_2^3$) i (K_2^2), foraminiferski vapnenci paleogena ($E_{1,2}$).
2. Srednje propusne naslage pukotinske poroznosti: gornjokredni debeli kompleks dolomita ($K_2^{1,2}$), dobro uslojeni gornjokredni vapnenci s lećama dolomita (${}^3K_2^3$).
3. Slabo propusne naslage pukotinske poroznosti: donjokredni dolomiti (1K_1), laporovite i flišne naslage paleogena ($E_{2,3}$).
4. Dobro propusne naslage međuzrnske poroznosti: kvartarne naslage (al, d).

Temeljem navedene hidrogeološke kategorizacije naslaga i geoloških odnosa prikazanih na listovima OGK, izrađena je hidrogeološka karta otoka Hvara. Karta je radi specifične izdužene forme otoka Hvara prikazana u dva dijela, slikama 3-3. i 3-4. (zapadni i istočni dio otoka). Na karti je prikazan prostorni raspored naslaga za svaku od kategorija propusnosti, položaji hidrogeoloških objekata i strukturno-geološki odnosi naslaga. Prilikom utvrđivanja hidrogeološke razvodnice korištene su hidrogeološke karte zapadnog i istočnog dijela otoka iz Babić (1960) i Babić (1961).



Slika 3-3. Hidrogeološka karta zapadnog i središnjeg dijela otoka Hvara



Slika 3-4. Hidrogeološka karta istočnog dijela otoka Hvara

Kako u akumuliranju slatke vode na otoku sudjeluju samo lokalne vode, početna količina vode koja ulazi u ciklus ovisi isključivo o oborinama. Otok Hvar je siromašan iskoristivim resursima slatke vode jer uvjeti za njihovo formiranje u podzemlju nisu povoljni. Južnu stranu otoka Hvara definiraju strme padine duž kojih voda slobodno površinski i podzemno otječe prema moru, radi čega nije hidrogeološki zanimljiva. Ove su naslage okarakterizirane kao dobro propusne i nemaju mogućnost zadržavanja vode, a čak i flišne naslage koje se pojavljuju na južnoj strani ne predstavljaju barijeru tečenju vode prema moru.

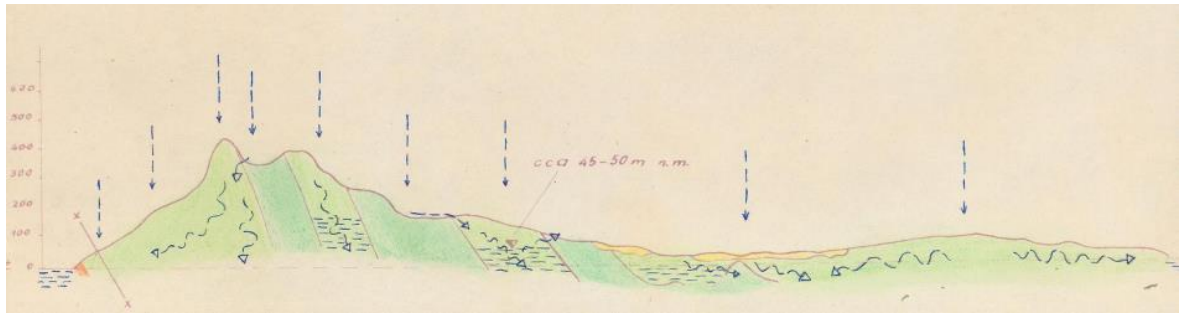
Jezgru glavne otočne antiklinale čine slabopropusni dolomiti koji imaju funkciju barijere. Oni omogućuju tok vode prema sjeveru i istoku duž pada slojeva. Vapnenci u krilima glavne otočne antiklinale predstavljaju glavno sabirno područje i hidrogeološki su najzanimljiviji. U njima je omogućeno određeno zadržavanje vode jer su sa svih strana okruženi dolomitnim kompleksima i tektonski su oštećeni. Mogućnost zadržavanja vode imaju i kvartarne naslage na području Jelse i Starog Grada. Tome u prilog idu vodocrpilišta na području Starog Grada i Jelse na kojima se uspješno zahvaća podzemna voda (Vrkljan, 2002).

Na temelju hidrogeološke karte izdvojene su površine naslaga prema propusnosti i prikazane u tablici 3-1. Najmanji udio u ukupnoj površini otoka imaju dobro propusne kvartarne naslage, dok najveći udio imaju dobro propusni vapnenci.

Tablica 3-1. Površina pojedine kategorije propusnosti i udio u ukupnoj površini otoka

Poroznost/Propusnost	Površina (km ²)	Udio u ukupnoj površini otoka (%)
Međuzrnska/Dobro propusno	4,71	1,60
Pukotinska/Slabo propusno	20,53	6,92
Pukotinska/Srednje propusno	106,99	36,08
Pukotinska/Dobro propusno	164,27	55,40

Na slici 3-5. prikazan je shematski hidrogeološki profil A-B preuzet iz Babić (1960). Profil je postavljen okomito na glavne geološke strukture otoka, a točan položaj profila vidljiv je na slici 3-3. Na profilu su dobro propusne naslage označene svijetlo zelenom bojom, slabo propusne tamno zelenom bojom dok su kvartarne naslage dobre propusnosti prikazane žutom bojom. Strelice označuju smjer toka podzemne vode, a isprekidane linije naslage u kojima dolazi do sakupljanja podzemne vode.

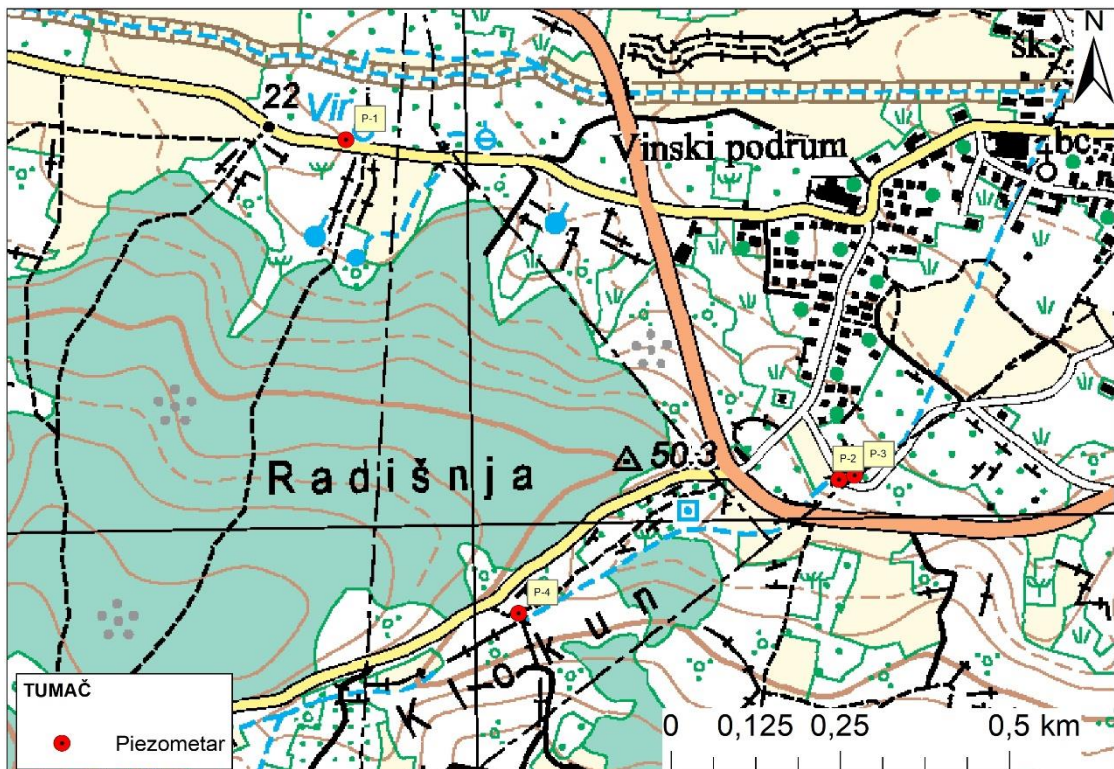


Slika 3-5. Shematski hidrogeološki profil A-B (preuzeto iz Babić, 1960)

Stalnih vodotoka i izvora na otoku Hvaru nema. Aktivnost vodotoka i izvora vezana je isključivo uz pojavu intenzivnih i velikih količina oborine. Duž cijele južne strane otoka podzemna voda slobodno otječe u more uz pojavu vrulja. Na sjevernoj strani postoje povremeni izvori na kontaktima vapnenaca i dolomita. Najznačajniji je izvor Vir u Vrbanju koji nakon prestanka oborine ima najduži period istjecanja vode. Kod Dola za vrijeme veće oborine dolazi do aktiviranja površinskog vodotoka koji otječe prema Starome Gradu. Vapnenci u krilima antiklinale najznačajniji su za tečenje podzemne vode. Slojevi su nagnuti prema Jelsi te tako uvjetuju kretanje podzemne vode. Otjecanje površinskih voda za vrijeme većih oborina regulirano je kanalom koji se spušta od Pitvi prema Jelsi u more (Vrkljan, 2002).

4. PROVEDENA MJERENJA

U okviru izrade ovog diplomskog rada prilikom istraživanja područja Jelse provedena su mjerenja razina podzemne vode na piezometrima prikazanim na slici 4-1. Ranija mjerenja razina podzemne vode, posebice u posljednjih dvadeset godina, nisu provedena prema usmenim informacijama dobivenim u Hvarskom vodovodu.



Slika 4-1. Položaj piezometara na kojima su vršena mjerenja razine podzemne vode

Mjerenja razine podzemne vode vršena su 19. travnja, 23. travnja, 2. kolovoza, 14. kolovoza i 27. kolovoza 2022. godine. Mjerenja su vršena pomoću ručnog mjerača (slika 4-2). Svi povremeni izvori koji su vidljivi na slici 4-1. (ucrtani na topografskoj karti M 1:25.000) bili su presušeni, kao i oba odvodna kanala koji se spuštaju prema Jelsi s viših područja otoka, na sve navedene datume. Prema riječima lokalnog stanovništva, područje oko piezometra P-1 za vrijeme kontinuiranih, duljih kišnih razdoblja, poplavljuje. Razlog tomu je vjerojatno aktiviranje dvaju izvora na tome području i dotoka veće količine vode s okolnih padina.



Slika 4-2. Ručni mjerač razine podzemne vode

Mjerenja su izvršena na 2 piezometra (P-2 i P-4) od ukupno njih četiri (slika 4-3. i slika 4-4.). Razlog tomu je začepjenost piezometra P-1 (ispunjen travom i muljem) i nemogućnost otvaranja piezometra P-3. Koordinate piezometara prikazane su zajedno s izmjerenim dubinama do vode u metrima (tablica 4-1.). Oduzimanjem vrijednosti nadmorske visine piezometra i dubine do vode dobivene su vrijednosti razina podzemne vode (tablica 4-2.). Nadmorska visina piezometara određena je pomoću Hrvatske osnovne karte i aplikacije *Avenza Maps*. Ovo područje je hidrogeološki najzanimljivije područje jer se u blizini piezometara nalazi vodocrpilište „Libora“ u Jelsi.

Tablica 4-1. Izmjerena dubina do vode

Piezometar	X koordinata (m)	Y koordinata (m)	Nadmorska visina (m n.m.)	Dubina do vode na dan (m):				
				19.04.2022.	23.04.2022.	02.08.2022.	14.08.2022.	27.8.2022.
P-1	514394,08	4780248,30	-	-	-	-	-	-
P-2	515122,69	4779767,67	21,75	19,19	19,26	20,36	20,52	20,72
P-3	515145,78	4779744,38	-	-	-	-	-	-
P-4	514649,08	4779536,90	42,1	26,25	26,77	32,59	32,99	33,36

Tablica 4-2. Razina podzemne vode u piezometrima

Piezometar	X koordinata (m)	Y koordinata (m)	Nadmorska visina (m n.m.)	Razina podzemne vode na dan (m n.m.):				
				19.04.2022.	23.04.2022.	02.08.2022.	14.08.2022.	27.8.2022.
P-1	514394,08	4780248,30	-	-	-	-	-	-
P-2	515122,69	4779767,67	21,75	2,56	2,49	1,39	1,23	1,03
P-3	515145,78	4779744,38	-	-	-	-	-	-
P-4	514649,08	4779536,90	42,1	15,85	15,33	9,51	9,11	8,74



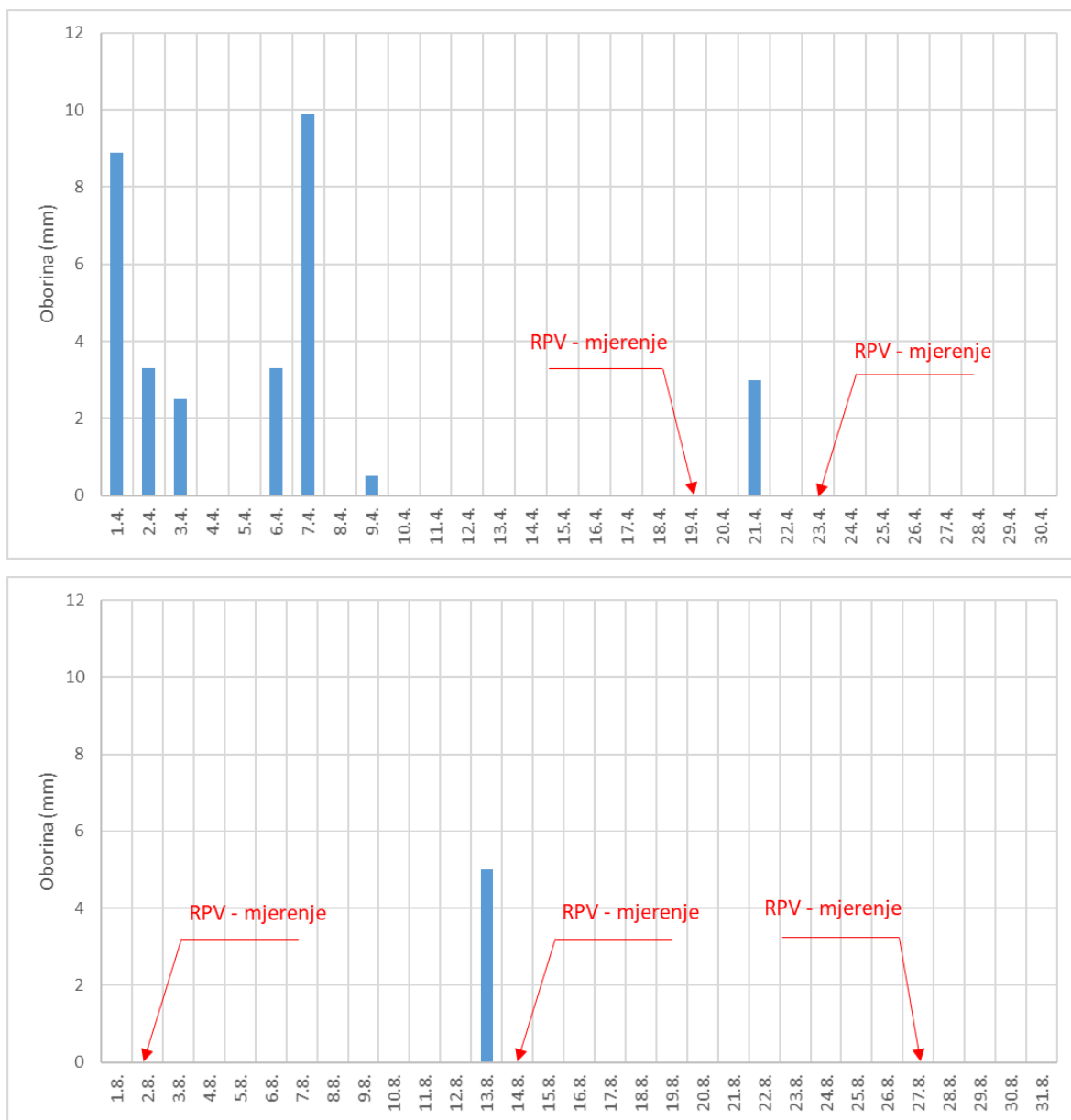
Slika 4-3. Piezometri P-1 i P-2 (s lijeva na desno)



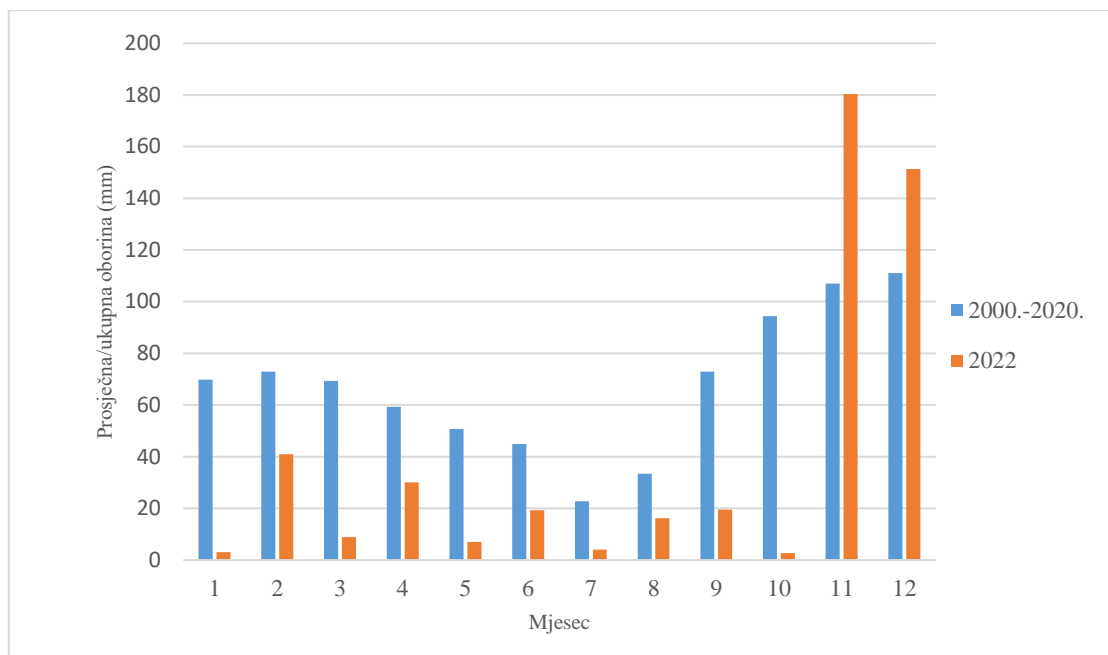
Slika 4-4. Piezometri P-3 i P-4 (s lijeva na desno)

U navedenim razdobljima praćena je i dnevna količina oborine (slika 4-5.), te je zabilježena vrlo mala količina tijekom samih mjerenja razina podzemne vode. Pale oborine nisu bile dovoljne da bi se uočile pozitivne promjene razine podzemne vode. Naprotiv, iz tablice 4-2. vidi se kako su razine podzemne vode padale unatoč oborinskim događajima. Veća količina oborine je pala krajem ožujka i početkom travnja 2022. godine, ukupno oko 70 mm. Kako mjerenja podzemne vode nisu provedena u tom razdoblju, nije moguće sa sigurnošću reći kolika količina oborine je potrebna da bi došlo do porasta razine podzemne vode.

Usporedba prosječnih mjesečnih oborina za razdoblje 2000.-2020. godine i ukupnih mjesečnih oborina za 2022. godinu (podaci DHMZ-a objavljeni na službenoj stranici meteo.hr) prikazana je na slici 4-6. Studeni i prosinac bilježe veću količinu oborine od prosjeka, dok svi ostali mjeseci, pa tako i travanj i kolovoz, bilježe manju količinu oborine od prosjeka. Ukupna godišnja oborina za 2022. godinu je ispod prosjeka za promatrano dvadesetgodišnje razdoblje.



Slika 4-5. Količina dnevnih oborina u travnju i kolovozu 2022. godine s naznačenim datumima mjerenja RPV-
a



Slika 4-6. Prosječne mjesečne oborine za dvadesetogodišnje razdoblje i mjesečne oborine za 2022. godinu za postaju Hvar

U krškim vodonosnicima teoretska debljina leće slatke vode određuje se pomoću Ghyben-Herzbergovog zakona:

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} * h_f \quad (4.1.)$$

Gdje je: ρ_f - gustoća slatke vode (1000 kg/m³);

ρ_s - gustoća morske vode (1025 kg/m³);

h_f - stupac nadvišenja slatke vode iznad razine mora.

U tablici 4-3. prikazane su vrijednosti izračuna debljine slatkovodne leće prema izrazu (4-1). Glavna pretpostavka je da za svaki 1 m nadvišenja slatke vode iznad razine mora postoji oko 40 m slatke vode ispod razine mora ($z = 40 * h_f$).

Tablica 4-3. Debljina slatkovodne leće prema Ghyben-Herzbergovom zakonu

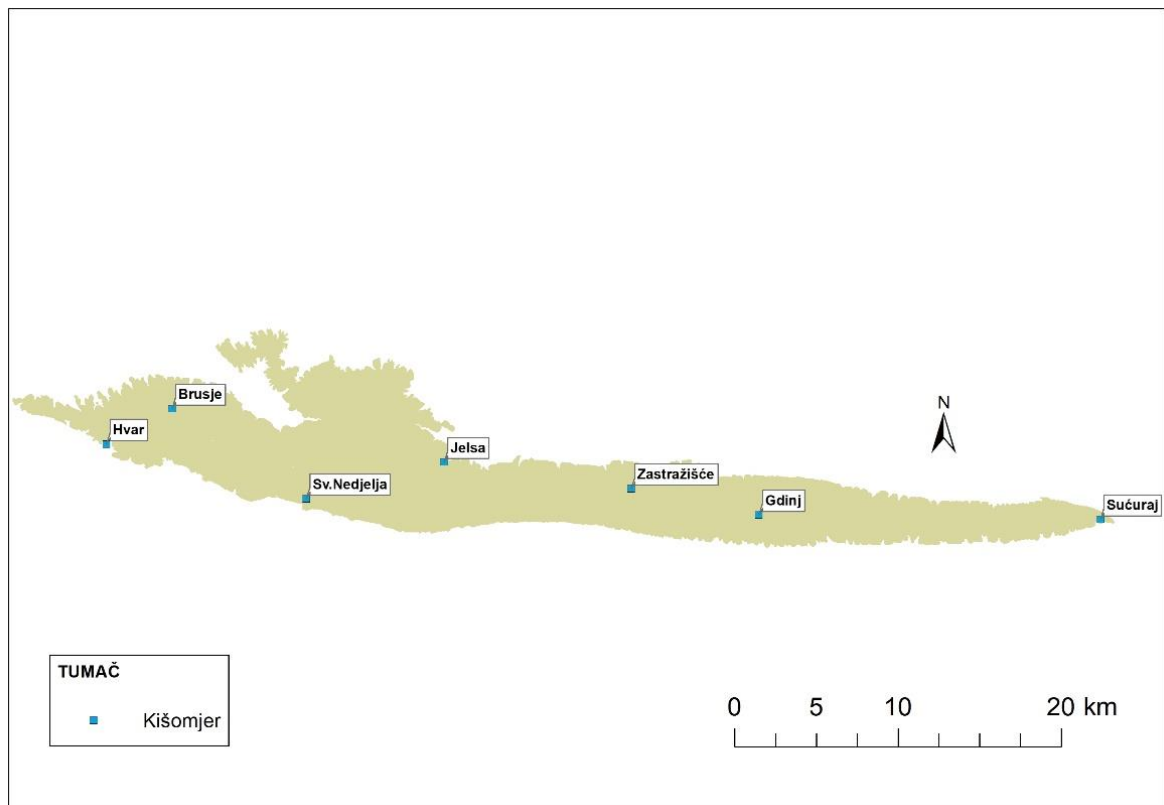
Piezometar	Debljina slatkovodne leće na dan (m):				
	19.04.2022.	23.04.2022	02.08.2022.	14.08.2022.	27.8.2022.
P-1	-	-	-	-	-
P-2	102,4	99,6	55,6	49,2	41,2
P-3	-	-	-	-	-
P-4	634	613,2	380,4	364,4	349,6

Važno je napomenuti kako ovaj izračun treba uzeti s oprezom jer opisuje ravnotežu u uvjetima mirovanja uz pretpostavku homogenog i izotropnog pješčanog otoka te uz pretpostavku oštrog kontakta slane i slatke vode. Obzirom da je sustav dinamičan i riječ je o krškom vodonosniku koji je izrazito heterogen i anizotropan, vrijednosti navedene u tablici 4-3. su teoretske i odstupaju od stvarnih vrijednosti, ali ipak jasno ukazuju da se i malom promjenom razine podzemne vode tj. i s relativno malim smanjenjem stupca vode iznad razine mora značajno smanjuje debljina slatkovodne leće.

5. OBRADA PODATAKA I REZULTATI PROVEDENE BILANCE VODE

Bilanca vode nekog sliva temelji se na određivanju količine vode koja ulazi i izlazi iz nekog sustava. Izračun procjene eksploatacijskih zaliha vršen je po primjeru izračuna eksploatacijskog kapaciteta vodocrpilišta Blato na Korčuli (Bačani i dr., 2006). Ulaz vode u bilančni izračun za otok Hvar predstavljaju oborinski podaci sa sedam kišomjernih postaja. Zbog nepostojanja stalnih površinskih tokova i izvora za mjerenje izdašnosti kao vrijednost izlaza korištena je isključivo evapotranspiracija. Glavna pretpostavka je da, kada padne oborina, dio te oborine ispari natrag u atmosferu, dio iskoriste biljke za život, a dio se infiltrira u podzemlje.

Podaci o količinama oborine i temperature zraka za razdoblje 2000.-2020. godine i koordinate položaja svih kišomjernih postaja prikupljeni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda (www.meteo.hr; podaci na zahtjev). Na slici 5-1. prikazana je prostorna raspodjela, a u tablici 5-1. koordinate i tip svake postaje.



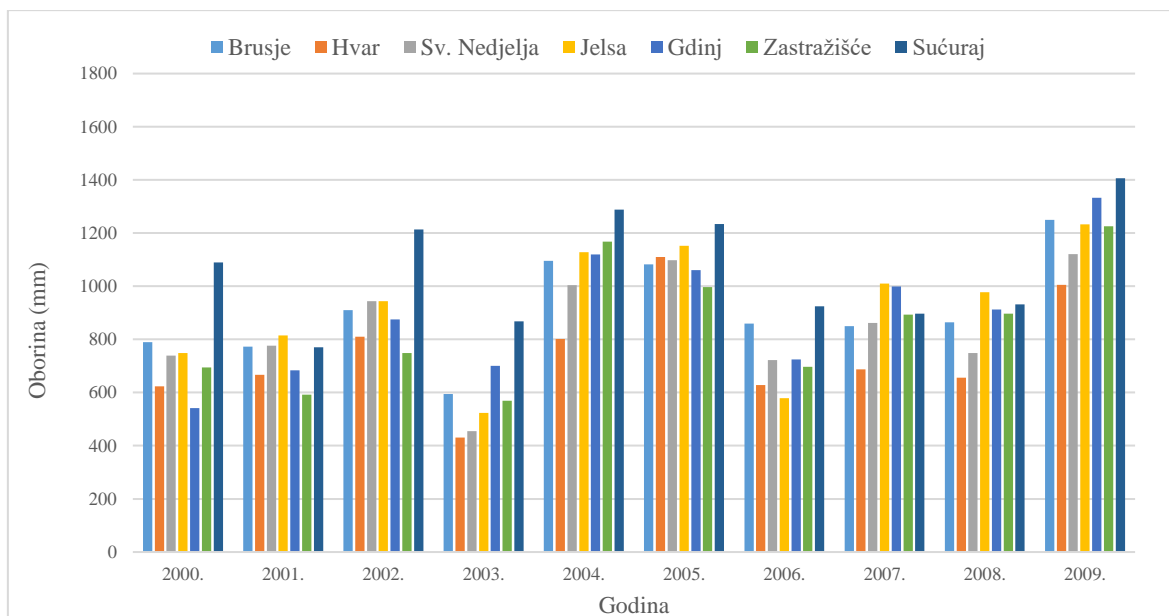
Slika 5-1. Prostorni smještaj kišomjernih postaja

Tablica 5-1. Koordinate postaja

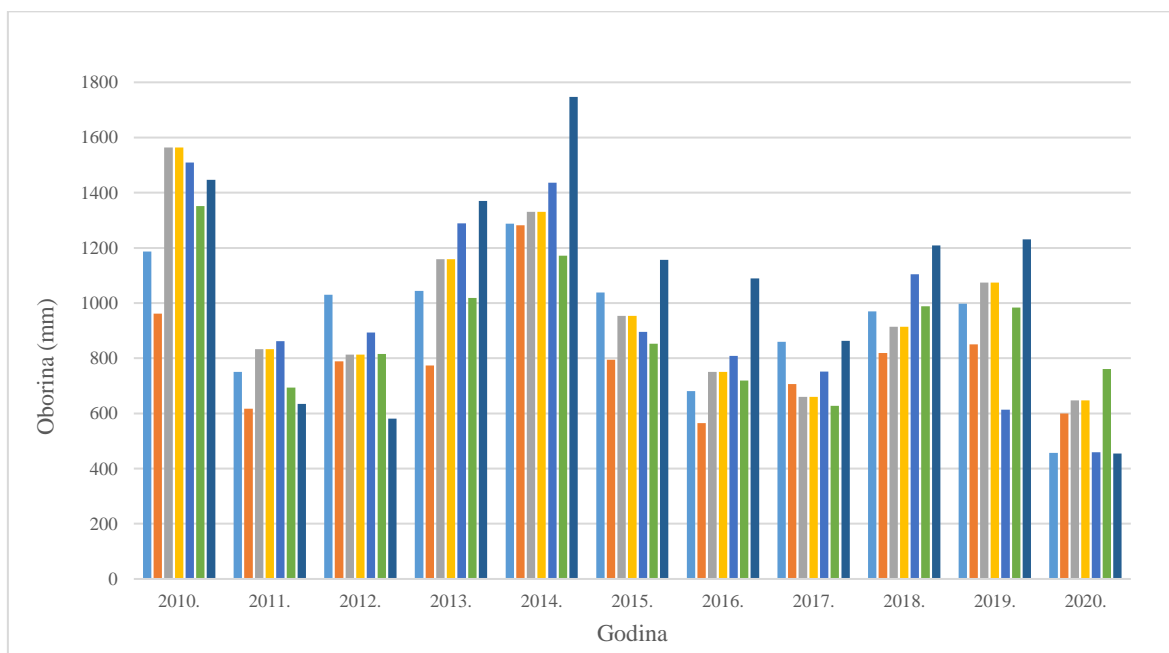
Postaja	Tip postaje	X koordinata (m)	Y koordinata (m)	Nadmorska visina (m n.m.)
Brusje	Kišomjer	498916,26	4783411,27	341
Hvar	Gl. meteorološka	494895,75	4781222,25	20
Sv. Nedjelja	Kišomjer	507140,47	4777829,83	126
Jelsa	Klimatska	515586,37	4780096,47	3
Zastražišće	Kišomjer	527068,19	4778466,12	193
Gdinj	Kišomjer	534894,41	4776835,39	316
Sućuraj	Kišomjer	555825,61	4776542,61	5

Na slici 5-2. prikazane su godišnje oborine izmjerene na sedam kišomjernih postaja u razdoblju 2000.-2009. godine. Godišnji hod prosječne količine oborine razlikuje se za svaku postaju. Najmanju količinu oborine bilježi postaja Hvar za cijelo razdoblje, dok najveću količinu bilježi postaja Sućuraj. Razlog tomu je položaj samih postaja. Postaja Hvar nalazi se na zapadnoj strani otoka, bilježi veći broj sunčanih sati i višu temperaturu, dok je postaja Sućuraj na istočno - sjeveroistočnoj strani koja je izložena većem utjecaju kopna. Količina prosječne godišnje oborine za ostale postaje uglavnom prati trend položaja postaja.

Na slici 5-3. prikazana je usporedba godišnjih oborina svih kišomjernih postaja u razdoblju 2010.-2020. godine. Za tri kišomjerne postaje korišteni su nepotpuni podaci. To su: postaja Brusje za 2019. i 2020. godinu, postaja Gdinj za 2018. i 2019. godinu te postaja Sućuraj za 2012., 2018. i 2020. godinu. Na grafu se vidi kako te kišomjerne postaje za navedene godine bilježe najmanju količinu oborine, ali tome su razlog nepotpuni podaci. Uzimajući u obzir ovu pogrešku, trend se i dalje nije promijenio. Na postaji Hvar ponovno je zabilježena najmanja količina oborine, a na postaji Sućuraj najveća.



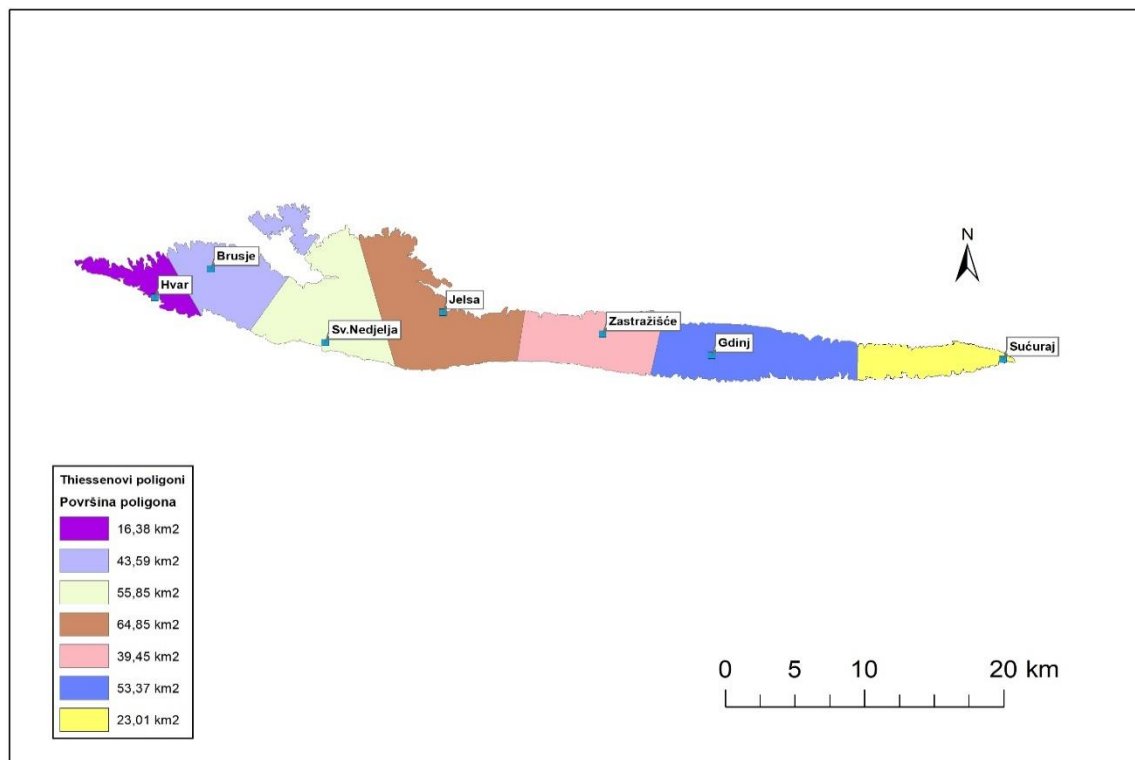
Slika 5-2. Godišnje oborine izmjerene na svih 7 kišomjernih postaja u razdoblju 2000.- 2009. godine



Slika 5-3. Godišnje oborine izmjerene na svih 7 kišomjernih postaja u razdoblju 2010.- 2020. godine

Bitni parametri za računanje evapotranspiracije su oborina i temperatura. Podaci o oborini prikupljeni su za svih sedam postaja, dok se temperatura zraka mjeri samo na postajama Hvar i Jelsa. Potpuni tj. neprekinuti niz podataka o oborini i temperaturi zraka zajedno zaprimljeni su samo s postaje Hvar. Postaja Jelsa u razdoblju 2000.-2010. godine bilježi konstantne prekide u mjerenjima temperature zraka. Vjerojatni uzrok tome je greška ili kvar samog instrumenta. Povremeni izostanak podataka o oborini bilježe i kišomjeri: Brusje za

2020. godinu, Gdinj za 2018. i 2019. godinu te Sućuraj za 2010., 2011., 2012., 2018. i 2020. godinu. Sve ove pogreške uzete su u obzir prilikom provedbe izračuna. Utjecajne površine pojedine kišomjerne postaje određene su pomoću Thiessenovih poligona (slika 5-4.).



Slika 5-4. Prostorni raspored utjecajnih površina pojedine kišomjerne postaje

Izračuni zaliha podzemnih voda za utjecajno područje postaja Brusje, Hvar i Sv. Nedjelja provedeni su za dvadesetogodišnje razdoblje. Razdoblja za koje je proveden izračun su 1. siječanj - 31. prosinca, te 1. travanj - 30. rujan za svaku godinu. Izuzetak je Brusje kojem je za 2020. godinu za izračun uzeto razdoblje od 1. siječnja do 30. studenog. Za sve tri postaje korištene su vrijednosti temperature zraka izmjerene na postaji Hvar (najbliža mjerna postaja za koju postoje podaci). Izračun s temperaturnom korekcijom za svaku postaju temelji se na količini oborine svake pojedine kišomjerne postaje i temperature zraka s postaje Hvar.

Efektivna infiltracija predstavlja dio oborine koji se infiltrirao u podzemlje. To je dio oborine koji prihranjuje vodonosnik i stvara sezonske zalihe podzemne vode.

Procijenjene zalihe podzemne vode na pojedinom utjecajnom području, dobivene su kao umnožak efektivne infiltracije i površine utjecajnog područja. U tablicama 5-2., 5-3. i 5-4. prikazani su izračuni procijenjenih zaliha podzemne vode za postaje Hvar, Brusje i Sv. Nedjelja.

Oznaka T označava vrijednost srednje godišnje temperature, oznaka Tp označava vrijednost korigirane temperature, a oznaka Et evapotranspiraciju.

Tablica 5-2. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Hvar

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2000.	1.1.-31.12.	623,10	17,40	16,73	548,72	540,69	74,38	82,41	38,54	42,65
	1.4.-30.9.	190,40	22,27	21,54	198,69	198,48	0,00	0,00	0,00	0,00
2001.	1.1.-31.12.	666,80	16,90	14,33	572,32	529,56	94,48	137,24	48,96	71,31
	1.4.-30.9.	251,90	21,25	19,13	260,24	258,46	0,00	0,00	0,00	0,00
2002.	1.1.-31.12.	821,50	17,30	17,80	653,46	662,01	168,04	159,49	87,07	82,87
	1.4.-30.9.	443,10	21,63	22,41	441,29	443,78	1,81	0,00	0,94	0,00
2003.	1.1.-31.12.	430,50	17,40	15,26	413,12	401,26	17,38	29,24	9,01	15,19
	1.4.-30.9.	145,00	23,08	22,14	152,05	151,94	0,00	0,00	0,00	0,00
2004.	1.1.-31.12.	801,60	16,80	14,07	640,88	577,42	160,72	224,18	83,28	116,16
	1.4.-30.9.	217,60	21,40	19,64	226,01	225,09	0,00	0,00	0,00	0,00
2005.	1.1.-31.12.	1109,40	16,30	15,02	747,00	684,83	362,40	424,57	187,78	220,60
	1.4.-30.9.	254,00	21,65	20,72	262,61	261,92	0,00	0,00	0,00	0,00
2006.	1.1.-31.12.	628,40	16,60	17,55	548,51	553,75	79,89	74,65	41,40	38,79
	1.4.-30.9.	411,30	21,53	21,64	412,42	412,71	0,00	0,00	0,00	0,00
2007.	1.1.-31.12.	687,10	17,30	14,37	585,75	539,22	101,35	147,88	52,52	76,84
	1.4.-30.9.	158,70	22,38	20,58	166,14	165,81	0,00	0,00	0,00	0,00
2008.	1.1.-31.12.	655,50	17,35	15,84	567,93	546,85	87,57	108,65	45,37	56,30
	1.4.-30.9.	277,20	22,00	19,99	285,88	283,89	0,00	0,00	0,00	0,00
2009.	1.1.-31.12.	1004,60	17,10	15,01	723,53	660,20	281,07	344,40	145,64	178,95
	1.4.-30.9.	354,70	22,33	20,66	361,49	358,37	0,00	0,00	0,00	0,00
2010.	1.1.-31.12.	962,00	16,66	13,47	704,65	607,51	257,35	354,49	133,35	184,19
	1.4.-30.9.	249,80	21,70	20,30	258,47	257,44	0,00	0,00	0,00	0,00
2011.	1.1.-31.12.	617,40	17,64	16,98	546,17	540,25	71,23	77,15	36,91	40,09
	1.4.-30.9.	196,30	22,87	23,08	204,90	204,96	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	789,00	17,48	14,98	639,54	591,92	149,46	197,08	77,45	102,12
	1.4.-30.9.	263,40	22,68	19,57	272,70	270,07	0,00	0,00	0,00	0,00
2013.	1.1.-31.12.	773,20	17,53	14,74	632,19	581,02	141,01	192,18	73,07	99,86
	1.4.-30.9.	235,00	22,30	20,16	243,99	242,71	0,00	0,00	0,00	0,00
2014.	1.1.-31.12.	1282,30	17,63	16,66	806,06	776,12	476,24	506,18	246,77	263,01
	1.4.-30.9.	621,30	21,27	20,90	586,01	582,94	35,29	38,36	18,33	19,93
2015.	1.1.-31.12.	794,00	17,75	16,28	643,70	619,89	150,30	174,11	77,88	90,47
	1.4.-30.9.	259,70	22,72	23,14	269,02	269,29	0,00	0,00	0,00	0,00
2016.	1.1.-31.12.	564,30	17,56	15,85	511,54	495,41	52,76	68,89	27,34	35,70
	1.4.-30.9.	184,70	22,25	20,18	192,85	192,24	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-2. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Hvar (nastavak)

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2017.	1.1.-31.12.	706,10	17,28	14,81	596,08	554,99	110,02	151,11	57,01	78,52
	1.4.-30.9.	259,90	22,62	19,60	269,16	266,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	819,10	18,20	14,65	658,58	595,96	160,52	223,14	83,18	115,94
	1.4.-30.9.	152,10	23,62	22,53	159,48	159,34	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	850,70	17,85	15,74	670,46	631,12	180,24	219,58	93,39	114,09
	1.4.-30.9.	334,50	22,35	18,71	342,16	335,63	0,00	0,00	0,00	0,00
2020.	1.1.-31.12.	599,30	17,61	16,53	534,63	524,18	64,67	75,12	33,51	38,92
	1.4.-30.9.	222,40	22,25	21,63	231,24	230,96	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-3. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Brusje

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2000.	1.1.-31.12.	789,2	17,40	16,89	639,11	629,52	150,09	159,68	206,91	220,13
	1.4.-30.9.	257,8	22,27	21,54	266,83	266,31	0,00	0,00	0,00	0,00
2001.	1.1.-31.12.	772,7	16,90	15,05	622,11	587,01	150,59	185,69	207,59	255,98
	1.4.-30.9.	330,8	21,25	18,91	336,98	332,68	0,00	0,00	0,00	0,00
2002.	1.1.-31.12.	910,2	17,30	16,65	689,44	673,98	220,76	236,22	304,33	325,65
	1.4.-30.9.	434,2	21,63	21,50	433,36	432,92	0,84	1,28	2,33	3,53
2003.	1.1.-31.12.	594,4	17,40	15,14	530,71	504,76	63,69	89,64	87,81	123,57
	1.4.-30.9.	196,9	23,08	21,43	205,57	205,06	0,00	0,00	0,00	0,00
2004.	1.1.-31.12.	1096	16,80	13,61	737,02	638,74	358,98	457,26	494,87	630,36
	1.4.-30.9.	283,7	21,40	18,89	291,71	288,73	0,00	0,00	0,00	0,00
2005.	1.1.-31.12.	1082,8	16,30	14,75	718,18	670,72	364,62	412,08	502,65	568,08
	1.4.-30.9.	270,2	21,65	20,69	278,67	277,81	0,00	0,00	0,00	0,00
2006.	1.1.-31.12.	859,1	16,60	17,72	653,40	677,59	205,70	181,51	283,56	250,23
	1.4.-30.9.	572,7	21,53	21,35	550,21	549,05	22,49	23,65	62,00	65,21
2007.	1.1.-31.12.	849,2	17,30	14,60	664,39	604,83	184,81	244,37	254,78	336,89
	1.4.-30.9.	214,6	22,38	20,88	223,39	222,74	0,00	0,00	0,00	0,00
2008.	1.1.-31.12.	863,9	17,35	15,59	671,73	632,55	192,17	231,35	264,92	318,92
	1.4.-30.9.	327,5	22,00	20,00	334,93	331,75	0,00	0,00	0,00	0,00
2009.	1.1.-31.12.	1249,8	17,10	14,32	785,01	686,96	464,79	562,84	640,74	775,91
	1.4.-30.9.	353,8	22,33	20,23	360,63	356,64	0,00	0,00	0,00	0,00
2010.	1.1.-31.12.	1187,3	16,66	13,56	755,53	651,81	431,77	535,49	595,22	738,20
	1.4.-30.9.	315	21,70	20,17	322,48	320,29	0,00	0,00	0,00	0,00
2011.	1.1.-31.12.	750	17,64	16,74	623,81	608,52	126,19	141,48	173,96	195,04
	1.4.-30.9.	254,2	22,87	22,29	263,60	263,25	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	1030,5	17,48	14,86	737,32	662,18	293,18	368,32	404,17	507,75
	1.4.-30.9.	317,4	22,68	18,60	326,01	319,75	0,00	0,00	0,00	0,00
2013.	1.1.-31.12.	1044,2	17,53	14,34	743,21	650,18	300,99	394,02	414,93	543,18
	1.4.-30.9.	305,2	22,30	20,03	313,67	310,78	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-3. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Brusje (nastavak)

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2014.	1.1.-31.12.	1287,9	17,63	16,95	812,78	787,87	475,12	500,03	654,99	689,32
	1.4.-30.9.	655	21,27	20,81	611,05	606,69	43,95	48,31	121,17	133,21
2015.	1.1.-31.12.	1038,6	17,75	16,29	747,60	705,79	291,00	332,81	401,16	458,80
	1.4.-30.9.	307,3	22,72	23,02	316,17	316,49	0,00	0,00	0,00	0,00
2016.	1.1.-31.12.	681,1	17,56	16,11	585,12	564,11	95,98	116,99	132,32	161,28
	1.4.-30.9.	249,7	22,25	20,37	258,72	257,40	0,00	0,00	0,00	0,00
2017.	1.1.-31.12.	859,2	17,28	14,65	668,23	609,29	190,97	249,91	263,26	344,52
	1.4.-30.9.	323,8	22,62	19,38	332,16	327,17	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	969,8	18,20	14,44	734,63	635,63	235,17	334,17	324,20	460,67
	1.4.-30.9.	194,5	23,62	22,67	203,25	203,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	997,7	17,85	15,85	736,09	681,70	261,61	316,00	360,65	435,63
	1.4.-30.8.	392,3	22,35	18,52	396,96	386,21	0,00	6,09	0,00	16,80
2020.*	1.1.-30.11.	456,7	17,61	19,36	434,83	443,87	21,87	12,83	30,15	17,69
	1.4.-30.9.	278,2	22,25	22,20	287,08	287,04	0,00	0,00	0,00	0,00

(* su označene godine za koje nedostaju podaci o oborini)

Tablica 5-4. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sv. Nedjelja

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2000.	1.1.-31.12.	739,20	17,40	17,04	614,26	608,37	124,94	130,83	220,64	231,04
	1.4.-30.9.	232,20	22,27	21,24	241,15	240,60	0,00	0,00	0,00	0,00
2001.	1.1.-31.12.	776,10	16,90	14,77	623,71	582,73	152,39	193,37	269,87	342,43
	1.4.-30.9.	318,20	21,25	18,86	324,95	321,01	0,00	0,00	0,00	0,00
2002.	1.1.-31.12.	944,70	17,30	16,30	702,57	677,30	242,13	267,40	428,77	473,52
	1.4.-30.9.	441,10	21,63	21,69	439,51	439,70	1,59	1,40	2,81	2,47
2003.	1.1.-31.12.	454,30	17,40	13,48	431,78	405,10	22,52	49,20	39,89	87,13
	1.4.-30.9.	114,10	23,08	19,30	119,88	119,61	0,00	0,00	0,00	0,00
2004.	1.1.-31.12.	1004,50	16,80	14,17	710,01	636,50	294,49	368,00	520,06	649,89
	1.4.-30.9.	283,10	21,40	19,49	291,12	288,96	0,00	0,00	0,00	0,00
2005.	1.1.-31.12.	1097,70	16,30	15,33	722,05	692,03	375,65	405,67	665,22	718,38
	1.4.-30.9.	340,60	21,65	21,23	346,94	346,23	0,00	0,00	0,00	0,00
2006.	1.1.-31.12.	721,70	16,60	16,75	592,27	594,73	129,43	126,97	229,20	224,84
	1.4.-30.9.	446,00	21,53	20,99	443,52	441,60	2,48	4,40	4,40	7,80
2007.	1.1.-31.12.	861,80	17,30	14,32	669,76	602,45	192,04	259,35	340,07	459,26
	1.4.-30.9.	169,20	22,38	20,51	176,96	176,55	0,00	0,00	0,00	0,00
2008.	1.1.-31.12.	748,90	17,35	15,07	618,39	577,79	130,51	171,11	230,48	302,18
	1.4.-30.9.	244,30	22,00	19,32	253,16	251,22	0,00	0,00	0,00	0,00
2009.	1.1.-31.12.	1120,50	17,10	14,23	753,06	662,28	367,44	458,22	650,68	811,44
	1.4.-30.9.	299,50	22,33	20,30	308,13	305,72	0,00	0,00	0,00	0,00
2010.	1.1.-31.12.	1178,30	16,66	13,53	753,43	649,59	424,87	528,71	752,38	936,26
	1.4.-30.9.	292,60	21,70	20,63	300,72	299,51	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-4. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sv. Nedjelja (nastavak)

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2011.	1.1.-31.12.	771,90	17,64	16,51	634,96	614,60	136,94	157,30	242,49	278,55
	1.4.-30.9.	252,70	22,87	22,88	262,10	262,11	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	847,00	17,48	14,03	667,19	591,23	179,81	255,77	317,54	451,69
	1.4.-30.9.	339,10	22,68	18,71	347,06	339,80	0,00	0,00	0,00	0,00
2013.	1.1.-31.12.	1106,60	17,53	14,48	762,51	667,44	344,09	439,16	609,33	777,68
	1.4.-30.9.	339,10	22,30	20,28	346,51	343,12	0,00	0,00	0,00	0,00
2014.	1.1.-31.12.	1190,20	17,63	16,85	788,97	762,61	401,23	427,59	710,52	757,19
	1.4.-30.9.	594,50	21,27	21,89	565,51	570,00	28,99	24,50	51,33	43,38
2015.	1.1.-31.12.	906,60	17,75	14,89	698,46	629,88	208,14	276,72	368,59	490,02
	1.4.-30.9.	226,80	22,72	23,14	235,90	236,08	0,00	0,00	0,00	0,00
2016.	1.1.-31.12.	649,50	17,56	16,76	566,66	556,34	82,84	93,16	146,30	164,52
	1.4.-30.9.	249,20	22,25	21,13	258,22	257,48	0,00	0,00	0,00	0,00
2017.	1.1.-31.12.	678,10	17,28	14,18	579,52	532,21	98,58	145,89	174,58	258,35
	1.4.-30.9.	263,00	22,62	18,39	272,25	268,38	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	859,50	18,20	14,97	687,73	616,66	171,77	242,84	304,19	430,04
	1.4.-30.9.	221,70	23,62	23,34	231,08	230,98	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	936,00	17,85	15,99	712,70	666,56	223,30	269,44	395,43	477,14
	1.4.-30.9.	379,50	22,35	18,84	384,98	376,16	0,00	3,34	0,00	5,91
2020.	1.1.-31.12.	607,40	17,61	16,92	541,26	533,49	66,14	73,91	116,80	130,52
	1.4.-30.9.	248,20	22,25	21,87	257,22	256,98	0,00	0,00	0,00	0,00

Za postaje Jelsa, Gdinj, Zastraišće i Sućuraj izračunate su vrijednosti zaliha podzemne vode prema istom principu. Razlika je u vremenskom razdoblju. Zbog nedostatka podataka o temperaturama zraka za postaju Jelsa, izračun se temelji na razdoblju 2010.-2020. godina. Za kišomjernu postaju Gdinj nedostaju podaci o oborini za siječanj 2018. i za razdoblje siječanj - lipanj 2019. godine. Za kišomjernu postaju Sućuraj nedostaju podaci o oborini za prosinac 2010., siječanj i veljaču 2011., prosinac 2018. te svibanj 2020. godine. Za te kišomjerne postaje korigirana su i razdoblja za koje je proveden izračun. U tablicama 5-5., 5-6., 5-7. i 5-8. prikazani su izračuni procijenjenih zaliha podzemne vode za navedene postaje.

Tablica 5-5. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Jelsa

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2010.	1.1.-31.12.	1564,1	15,38	11,94	766,92	631,49	797,18	932,61	1639,28	1917,77
	1.4.-30.9.	359,6	20,73	19,62	363,08	360,54	0,00	0,00	0,00	0,00
2011.	1.1.-31.12.	833,1	15,83	14,81	626,46	604,32	206,64	228,78	424,93	470,45
	1.4.-30.9.	316,2	21,62	21,32	323,53	323,12	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	813,4	15,99	12,90	622,13	555,70	191,27	257,70	393,31	528,47
	1.4.-30.9.	337,7	21,88	17,59	344,54	335,78	0,00	1,92	0,00	3,93
2013.	1.1.-31.12.	1158,5	15,90	12,56	723,56	615,62	434,94	542,88	894,39	1116,35
	1.4.-30.9.	311	21,18	18,79	317,94	314,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2014.	1.1.-31.12.	1330,6	16,26	14,07	770,11	689,11	560,49	641,49	1152,57	1319,12
	1.4.-30.9.	492,7	20,47	19,81	479,05	475,62	13,65	17,08	0,00	35,12
2016.	1.1.-31.12.	750	15,76	15,40	584,43	584,43	165,57	165,57	340,47	339,54
	1.4.-30.9.	330,6	21,00	20,22	336,39	335,06	0,00	0,00	0,00	0,00
2017.	1.1.-31.12.	659,9	15,64	12,94	504,20	504,20	155,70	155,70	320,18	320,18
	1.4.-30.9.	265,4	21,70	17,75	273,96	269,85	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	913,7	16,75	12,40	569,15	569,15	344,55	344,55	708,52	708,52
	1.4.-30.9.	173	22,67	22,25	180,93	180,85	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	1074	16,29	14,06	648,00	648,00	426,00	426,00	876,00	876,00
	1.4.-30.9.	423,1	21,32	17,16	422,43	406,04	0,67	17,06	1,38	35,08
2020.	1.1.-31.12.	646,7	15,79	14,94	529,31	529,31	117,39	117,39	241,39	240,73
	1.4.-30.9.	257,8	21,27	20,99	266,10	265,88	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-6. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Gdinj

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2010.	1.1.-31.12.	1509,1	15,38	12,754	760,83	657,89	748,27	851,21	1266,43	1440,66
	1.4.-30.9.	447,6	20,73	19,56	442,01	442,01	5,59	10,39	18,77	34,87
2011.	1.1.-31.12.	861,6	15,83	14,79	637,09	613,29	224,51	248,31	379,98	420,26
	1.4.-30.9.	325	21,62	22,02	331,99	331,99	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	892,9	15,99	12,54	652,02	567,88	240,88	325,02	406,56	548,59
	1.4.-30.9.	314,2	21,88	17,07	321,93	321,93	0,00	0,59	0,00	1,97
2013.	1.1.-31.12.	1289	15,90	12,73	749,28	637,16	539,72	651,84	913,46	1103,23
	1.4.-30.9.	363,2	21,18	18,36	367,35	367,35	0,00	2,79	0,00	9,37
2014.	1.1.-31.12.	1435,7	16,26	14,42	787,02	714,43	648,68	721,27	1097,87	1220,74
	1.4.-30.9.	595,6	20,47	19,51	560,17	560,17	35,43	43,56	118,94	146,26
2016.	1.1.-31.12.	808,6	15,76	15,85	615,44	617,34	193,16	191,26	326,02	322,82
	1.4.-30.9.	420,3	21,00	19,85	418,95	418,95	1,35	5,22	4,55	17,53
2017.	1.1.-31.12.	752,1	15,64	12,13	589,78	521,54	162,32	230,56	274,72	390,22
	1.4.-30.9.	271,3	21,70	16,98	279,80	279,80	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.*	1.2.-31.12.	1004,6	16,75	14,7	708,68	651,46	295,92	353,14	547,32	653,17
	1.4.-30.9.	255,6	22,67	23,16	264,89	264,89	0,00	0,00	0,00	0,00

(* su označene godine za koje nedostaju podaci o oborini)

Tablica 5-6. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Gdinj (nastavak)

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2019.*	1.6.-31.12.	711,2	16,29	16,06	582,01	578,26	129,19	132,94	433,74	446,34
	1.4.-30.9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020.	1.1.-31.12.	808,8	15,79	12,75	616,24	551,14	192,56	257,66	325,02	434,89
	1.4.-30.9.	195,3	21,27	20,96	203,38	203,38	0,00	0,00	0,00	0,00

(* su označene godine za koje nedostaju podaci o oborini)

Tablica 5-7. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Zastražišće

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2010.	1.1.-31.12.	1352,00	15,38	12,40	740,30	632,20	611,70	632,20	765,15	900,35
	1.4.-30.9.	376,00	20,73	19,68	378,18	375,47	0,00	0,53	0,00	0,66
2011.	1.1.-31.12.	693,20	15,83	14,70	565,74	547,43	127,46	547,43	159,43	182,33
	1.4.-30.9.	251,40	21,62	21,83	260,00	260,15	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	816,00	15,99	13,16	623,18	562,20	192,82	562,20	240,53	316,60
	1.4.-30.9.	336,90	21,88	17,49	343,78	334,82	0,00	2,08	0,00	2,60
2013.	1.1.-31.12.	1118,40	15,90	12,35	714,46	603,72	403,94	603,72	505,26	643,78
	1.4.-30.9.	267,80	21,18	18,41	275,90	272,99	0,00	0,00	0,00	0,00
2014.	1.1.-31.12.	1072,60	16,26	13,93	714,27	643,93	358,33	643,93	448,22	536,20
	1.4.-30.9.	414,90	20,47	19,78	412,45	410,15	2,45	4,75	3,06	5,95
2016.	1.1.-31.12.	718,70	15,76	12,61	576,77	520,12	141,93	520,12	177,05	247,71
	1.4.-30.9.	290,40	21,00	19,43	297,81	295,85	0,00	0,00	0,00	0,00
2017.	1.1.-31.12.	527,20	15,64	12,41	470,26	436,62	56,94	436,62	71,22	113,30
	1.1.-30.9.	189,10	21,70	17,27	197,20	195,40	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	988,40	16,75	15,31	703,49	664,24	284,91	664,24	356,37	405,48
	1.1.-30.9.	240,80	22,67	22,69	250,02	250,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	1083,30	16,29	14,03	718,01	649,03	365,29	649,03	456,92	543,21
	1.4.-30.9.	486,20	21,32	18,23	477,62	461,31	8,58	24,89	10,73	31,13
2020.	1.1.-31.12.	662,30	15,79	13,28	549,71	510,72	112,59	510,72	140,45	189,08
	1.4.-30.9.	170,20	21,27	20,13	177,75	177,47	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 5-8. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sućuraj

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2010.*	1.1.-30.11.	1446,30	16,00	12,81	753,23	655,00	693,07	791,30	552,72	577,47
	1.4.-30.9.	413,80	20,73	19,80	412,31	409,26	1,49	4,54	1,09	3,32
2011.*	1.3.-31.12.	681,50	19,44	15,85	559,96	560,31	121,54	121,19	117,72	88,44
	1.4.-30.9.	255,50	21,62	22,16	264,08	264,46	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.*	1.1.-30.9.	492,20	17,04	12,80	450,00	421,89	42,20	70,31	41,18	51,31
	1.4.-30.9.	336,20	21,88	16,32	343,10	330,95	0,00	5,25	0,00	3,83

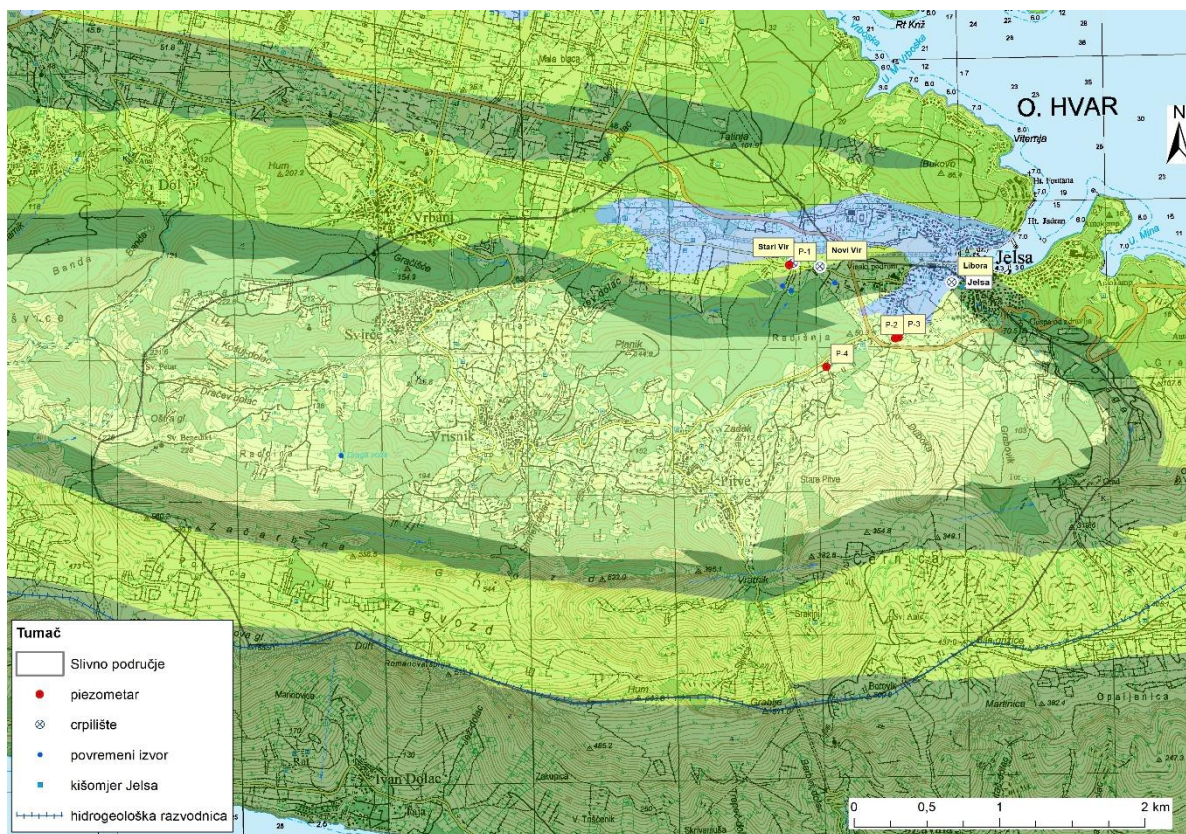
(* su označene godine za koje nedostaju podaci o oborini)

Tablica 5-8. Procjena zaliha podzemne vode za utjecajno područje postaje Sućuraj (nastavak)

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2013.	1.1.-31.12.	1370,40	15,90	12,72	762,77	645,04	607,63	725,36	443,42	529,34
	1.4.-30.9.	359,50	21,18	17,60	363,90	354,91	0,00	4,59	0,00	3,35
2014.	1.1.-31.12.	1647,70	16,26	14,79	813,97	749,99	833,73	897,71	608,42	655,12
	1.4.-30.9.	707,10	20,47	20,61	638,91	640,58	68,19	66,52	49,76	48,54
2016.	1.1.-31.12.	1089,40	15,76	15,22	692,36	686,71	397,04	402,69	289,75	293,87
	1.4.-30.9.	497,40	21,00	19,61	485,62	478,28	11,78	19,12	8,58	13,96
2017.	1.1.-31.12.	862,50	15,64	13,11	570,10	574,11	292,40	288,39	213,38	210,46
	1.4.-30.9.	340,50	21,70	18,12	346,93	339,64	0,00	0,86	0,00	0,63
2018.*	1.1.-30.11.	1209,10	17,48	15,35	617,25	715,49	591,85	493,61	472,00	360,22
	1.4.-30.9.	329,10	22,67	22,60	337,37	337,28	0,00	0,00	0,00	0,00
2019.	1.1.-31.12.	1231,20	16,29	13,84	674,97	667,63	556,23	563,57	405,91	411,27
	1.4.-30.9.	408,50	21,32	18,36	409,29	399,38	0,00	9,12	0,00	6,65
2020.*	1.1.-30.4.	144,20	9,52	9,52	149,57	147,29	0,00	0,00	0,00	0,00
	1.6.-31.10.	310,30	22,00	19,67	318,30	315,05	0,00	0,00	0,00	0,00

(* su označene godine za koje nedostaju podaci o oborini)

Hidrogeološki najzanimljivije područje otoka Hvara, na kojem je već dokazano moguća eksploatacija podzemne vode (crpilište Jelsa) prikazano je na slici 5-5. Za precizniji izračun eksploatacijskih zaliha podzemne vode tog područja, prvo je potrebno odrediti utjecajnu površinu sliva crpilišta. Sve oznake i boje na karti odgovaraju oznakama korištenima na hidrogeološkoj karti zapadnog i središnjeg dijela otoka Hvara (slika 3-3.), kao i koordinate objekata iskazane u tablicama. Granica sliva utvrđena je uvažavajući geološko-strukturne odnose, hidrogeološke značajke propusnosti pojedinih litoloških jedinica i reljef područja. Ukupna površina slivnog područja iznosi 18,79 km² (na slici 5-5. hidrogeološka razvodnica označena crnom linijom). Od ukupne površine oduzeta je vrijednost površine koju zauzimaju slabopropusni dolomiti koja iznosi 9,58 km² te 50%-tna vrijednost površine srednjepropusnih naslaga od 2,44 km². Tako je za računanje procijenjenih zaliha za slivno područje Jelse korištena površina od 6,77 km² za isto vremensko razdoblje (tablica 5-9.).



Slika 5-5. Slivno područje crpilišta Jelsa

Tablica 5-9. Procjena eksploatacijskih zaliha podzemne vode za slivno područje crpilišta Jelsa

Godina	Razdoblje	Količina oborine (mm)	T (°C)	Tp (°C)	Et za T (mm)	Et za Tp (mm)	Efektivna infiltracija za T (mm)	Efektivna infiltracija za Tp (mm)	Procijenjene zalihe za T (l/s)	Procijenjene zalihe za Tp (l/s)
2010.	1.1.-31.12.	1564,1	15,38	11,94	766,92	631,49	797,18	932,61	171,39	200,50
	1.4.-30.9.	359,6	20,73	19,62	363,08	360,54	0,00	0,00	0,00	0,00
2011.	1.1.-31.12.	833,1	15,83	14,81	626,46	604,32	206,64	228,78	44,43	49,19
	1.4.-30.9.	316,2	21,62	21,32	323,53	323,12	0,00	0,00	0,00	0,00
2012.	1.1.-31.12.	813,4	15,99	12,90	622,13	555,70	191,27	257,70	41,12	55,40
	1.4.-30.9.	337,7	21,88	17,59	344,54	335,78	0,00	1,92	0,00	0,41
2013.	1.1.-31.12.	1158,5	15,90	12,56	723,56	615,62	434,94	542,88	93,50	116,71
	1.4.-30.9.	311	21,18	18,79	317,94	314,20	0,00	0,00	0,00	0,00
2014.	1.1.-31.12.	1330,6	16,26	14,07	770,11	689,11	560,49	641,49	120,50	137,91
	1.4.-30.9.	492,7	20,47	19,81	479,05	475,62	13,65	17,08	2,93	3,67
2016.	1.1.-31.12.	750	15,76	15,40	584,43	584,43	165,57	165,57	34,20	35,59
	1.4.-30.9.	330,6	21,00	20,22	336,39	335,06	0,00	0,00	0,00	0,00
2017.	1.1.-31.12.	659,9	15,64	12,94	504,20	504,20	155,70	155,70	24,42	33,47
	1.4.-30.9.	265,4	21,70	17,75	273,96	269,85	0,00	0,00	0,00	0,00
2018.	1.1.-31.12.	913,7	16,75	12,40	569,15	569,15	344,55	344,55	50,73	74,08
	1.4.-30.9.	173	22,67	22,25	180,93	180,85	0,00	0,00	0	0,00
2019.	1.1.-31.12.	1074	16,29	14,06	648,00	648,00	426,00	426,00	77,06	91,59
	1.4.-30.9.	423,1	21,32	17,16	422,43	406,04	0,67	17,06	0,14	3,67
2020.	1.1.-31.12.	646,7	15,79	14,94	529,31	529,31	117,39	117,39	22,6	25,24
	1.4.-30.9.	257,8	21,27	20,99	266,10	265,88	0,00	0,00	0,00	0,00

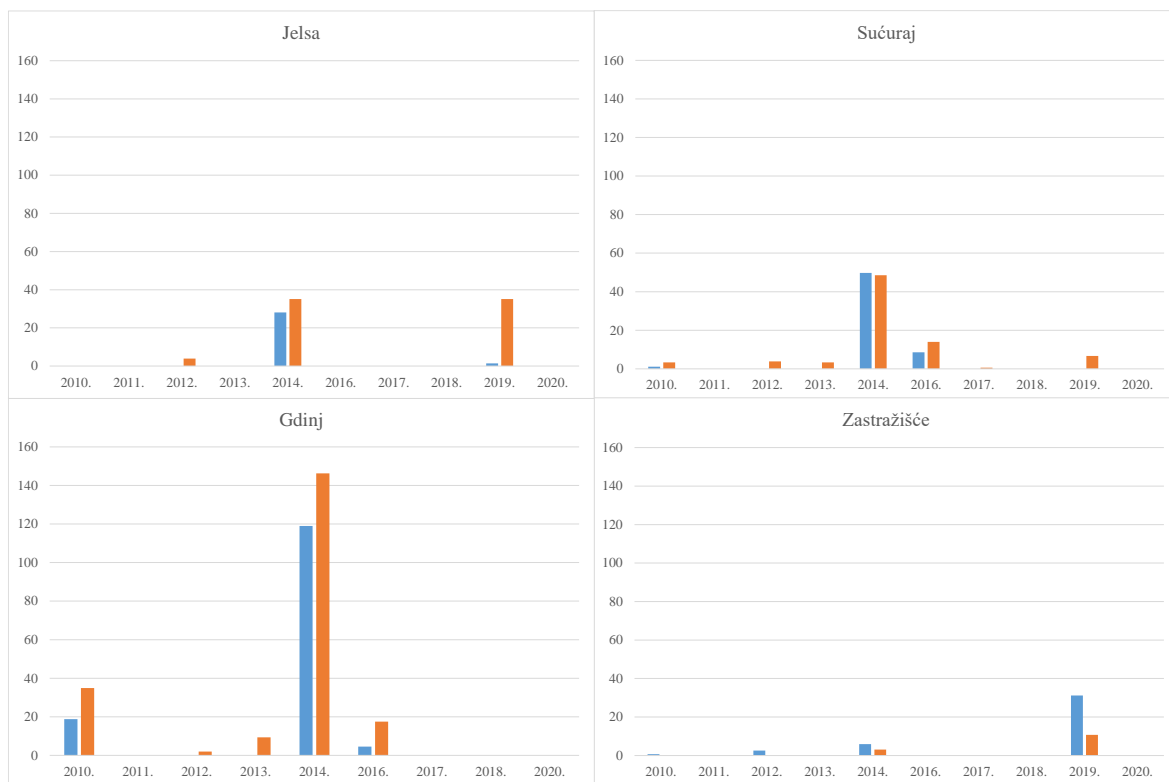
6. DISKUSIJA

Izračunom zaliha podzemne vode za pojedino utjecajno područje, na godišnjoj razini, dobivene su vrijednosti koje variraju od 27 l/s do 1640 l/s za vrijednosti srednje godišnje temperature zraka odnosno 40 l/s pa sve do 1917 l/s kada je provedena temperaturna korekcija. Najveća vrijednost od 1917 l/s dobivena je za utjecajno područje postaje Jelsa 2010. godine.

Iako ovi rezultati ukazuju na dostatne, pa čak i vrlo velike vrijednosti zalihe podzemnih voda, treba ih uzeti s posebnim oprezom, odnosno pomnije razmotriti pretpostavke s kojima se ušlo u izračun. Čimbenici koji utječu na netočnost rezultata su: pretpostavka da cijela površina utjecajnog područja sudjeluje u prihranjivanju podzemlja, izostanak mjerenja temperature zraka za pojedino utjecajno područje, te ne uvažavanje vremenske raspodjele oborine unutar pojedine godine.

Izdvajanjem ljetnih (šestomjesečnih) razdoblja i izračunom efektivne infiltracije u tim razdobljima, dobivene su značajno manje vrijednosti. Kreću se od vrijednosti 0 l/s do 118 l/s za vrijednosti prosječne temperature zraka odnosno od 0 l/s do čak 146 l/s eksploatacijskog kapaciteta uz primjenu temperaturne korekcije. Za sva utjecajna područja, 2014. godine dobivene su najveće vrijednosti iz razloga veće količine oborine u tom razdoblju nego što je uobičajeno. Za većinu analiziranih godina u ljetnim razdobljima vrijednosti efektivne infiltracije su iznosile 0 l/s.

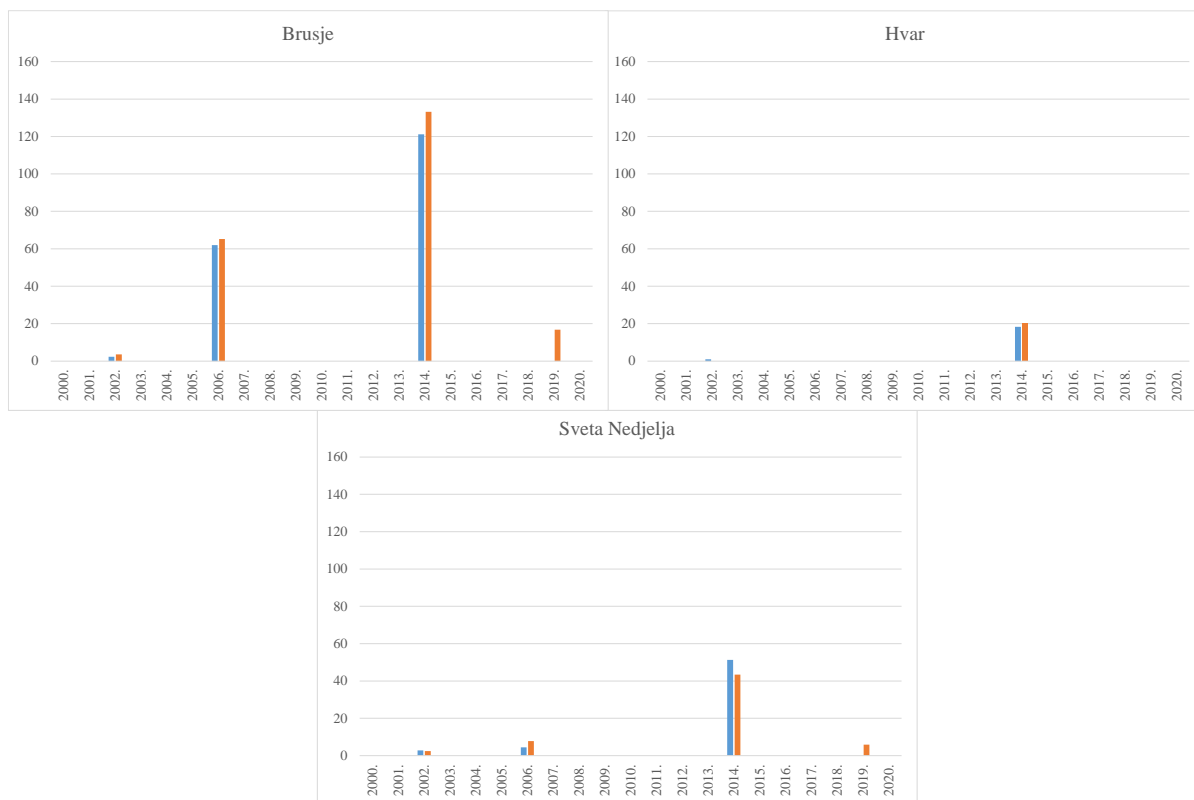
Na slici 6-1. grafički je prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha podzemne vode za šestomjesečna razdoblja u rasponu od devet godina za postaje Sućuraj, Gdinj, Zastrazišće i Jelsa. Plavom bojom su prikazane vrijednosti procijenjenih eksploatacijskih zaliha podzemne vode za temperaturu zraka T , a narančastom bojom su prikazane vrijednosti za korigiranu temperaturu zraka T_p . Usporedbom rezultata može se zaključiti kako postoji kritična količina oborina u rasponu od 300-450 mm (za razdoblje od 1.travnja do 30.rujna) (tablice 5-5.–5-8.) koja omogućuje pozitivni rezultat tj. da bi procijenjene zalihe podzemne vode bile veće od 0 l/s.



Slika 6-1. Grafički prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha za šestomjesečno razdoblje za četiri utjecajna područja

Na slici 6-2. grafički je prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha podzemne vode za šestomjesečna razdoblja u rasponu od dvadeset godina za postaje Brusje, Hvar i Sv. Nedjelja.

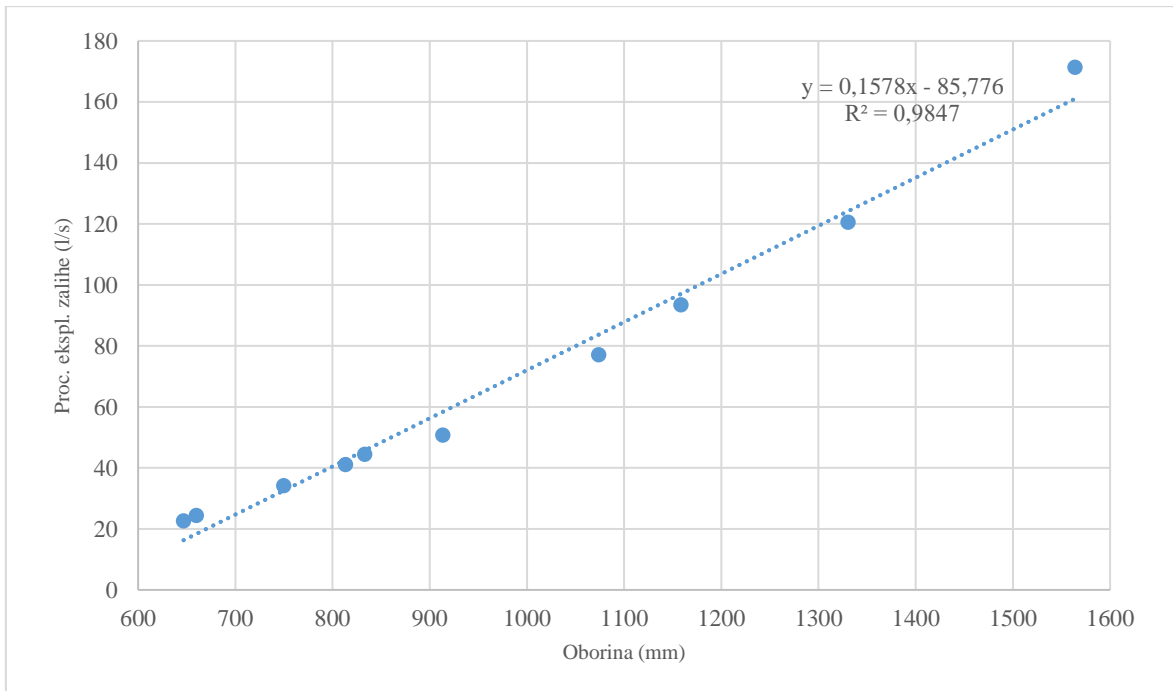
Isto kao i u prethodnom grafičkom prikazu, plavom bojom su prikazane vrijednosti procijenjenih eksploatacijskih zaliha za temperaturu zraka T , a narančastom bojom su prikazane vrijednosti za korigiranu temperaturu zraka T_p . Usporedbom ovih grafičkih prikaza zaključak je da kritična količina oborina iznosi oko 430-450 mm (tablice 5-2.-5-4.) za razdoblje od 1. travnja do 30. rujna da bi se ostvario pozitivan rezultat tj. da bi procijenjene zalihe podzemne vode bile veće od 0 l/s.



Slika 6-2. Grafički prikaz procijenjenih eksploatacijskih zaliha za šestomjesečno razdoblje za tri utjecajna područja

Dakle, može se zaključiti da je za sva utjecajna područja potrebno oko 300 – 450 mm oborine u ljetnom razdoblju kako bi došlo do prihranjivanja podzemne vode i stvaranja minimalnih sezonskih zaliha koje su raspoložive za eksploataciju.

Izračunom zaliha podzemne vode za slivno područje crpilišta Jelsa, na godišnjoj razini, dobivene su vrijednosti koje variraju od 22,6 l/s do 171,39 l/s za vrijednosti srednje godišnje temperature zraka odnosno 25,24 l/s do 200,5 l/s kada je provedena temperaturna korekcija. Kao i u slučaju kod proračuna za cijelu utjecajnu površinu postaje Jelsa, za većinu ljetnih razdoblja efektivna infiltracija je 0 l/s. Na slici 6-3. prikazana je regresijska analiza ovisnosti procijenjenih godišnjih eksploatacijskih zaliha o paloj oborini za slivno područje Jelse. Potvrđena je izravna ovisnost o oborinama ($R^2 = 0,9847$), te je interesantno za istaknuti da određeni broj godina ima manje eksploatacijske zalihe nego što je crpna količina (oko 40 l/s). U takvim sušnim godinama, kada je godišnja količina oborina manja od 800 mm potreban je poseban oprez kako ne bi došlo do precrcpljivanja i rudarenja podzemne vode uz dodatnu opasnost zaslanjenja vodonosnika.



Slika 6-3. Odnos godišnje količine oborine i procijenjenih eksploatacijskih zaliha crpilišta Jelsa

7. ZAKLJUČAK

Otok Hvar sa svojom godišnjom raspodjelom oborine od oko 770 mm za promatrano razdoblje 2000.-2020. godine tipičan je primjer otoka s mediteranskom klimom. Glavnina oborine za promatrano razdoblje pada u jesenskim i zimskim mjesecima (studeni-siječanj) dok se najmanje oborine bilježi u ljetnim mjesecima (lipanj-kolovoz).

Podaci o količini oborine za sedam kišomjernih postaja prikupljeni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda kao i vrijednosti srednjih dnevnih temperatura zraka za postaje Hvar i Jelsa. Na temelju tih podataka za dvadesetogodišnje razdoblje proveden je izračun procjene eksploatacijskih zaliha otoka Hvara.

Kao ulazni parametar za izračun zaliha korištene su izmjerene vrijednosti oborine, a kao izlaz korištena je izračunata vrijednost evapotranspiracije. Količina vode koja se infiltrirala u podzemlje je razlika tih dviju veličina. Kako bi se dobile vrijednosti procijenjenih zaliha, vrijednost efektivne infiltracije mora se pomnožiti s površinom za koju se pretpostavlja da je površina na koju je pala oborina. Za vrijednosti temperatura zraka provedena je i temperaturna korekcija.

Najmanje procijenjene zalihe za godišnja razdoblja kreću se u rasponu od 15-40 l/s, dok maksimalne vrijednosti procijenjenih zaliha idu čak do 1600 l/s. Srednji raspon vrijednosti je od 300-600 l/s, ovisno o svakoj postaji i površini. Za polugodišnja ljetna razdoblja minimalne vrijednosti kreću se od oko 1 l/s, dok se maksimalne vrijednosti kreću oko 150 l/s, uz napomenu da u većini ljetnih razdoblja ne dolazi do prihranjivanja vodonosnika. Srednji raspon vrijednosti za polugodišnja razdoblja kreće se uglavnom 15-60 l/s (ne uzimajući u obzir nule). Bitno je napomenuti kako su vrijednosti za polugodišnja razdoblja istaknuta samo u prosjeku za tri godine od njih dvadeset odnosno devet godina. Primjerice, postaja Hvar bilježi pozitivnu vrijednost procijenjenih zaliha samo za dvije godinu od ukupno dvadeset, dok postaja Sućuraj bilježi za čak šest godina od ukupno devet. Veliku ulogu u polugodišnjim razdobljima ima količina oborine koja je za 2014. godinu najveća te provedena temperaturna korekcija. Neke postaje za vrijednosti temperature zraka nemaju pozitivne vrijednosti procijenjenih zaliha, dok iste postaje za istu godinu, ali uz korekciju temperature zraka bilježe pozitivne vrijednosti procjene eksploatacijskih zaliha. Pozitivna vrijednost podrazumijeva količinu veću od 0 l/s. Kritična oborina koja treba pasti za polugodišnje razdoblje mora iznositi 30-40 % ukupne godišnje oborine, dok razlika između prosječne temperature zraka i korigirane temperature zraka mora biti oko 1-1,5°C.

Rezultate procjene zaliha podzemne vode otoka Hvara po utjecajnim područjima moraju se uzeti uz veliki oprez. Razlog tomu je nemogućnost odjeljivanja stvarnih slivnih područja, uvažavanje hidrogeoloških značajki pojedinih dijelova, te uzimanja u proračun cjelovite površine utjecajnih područja. Navedeno je djelomično izbjegnuto u proračunu zaliha podzemne vode za slivno područje crpilišta Jelsa. Uvažavanjem hidrogeoloških značajki unutar slivnog područja i korištenjem korigiranih površina dobivene su realnije vrijednosti zaliha podzemnih voda. Veza između procijenjenih eksploatacijskih zaliha i oborine je prikazana regresijskom analizom, te je istaknuta kritična (minimalna) godišnja vrijednost oborine od 800 mm koja omogućuje neometan rad crpilišta po instaliranom kapacitetu od 40 l/s.

Detaljnim terenskim istraživanjima, pravilnom odredbom utjecajnih površina na temelju topografije i litoloških odnosa, kontinuiranim i besprekidnim mjerenjem temperatura zraka i količina oborina na više lokacija dobili bi se precizniji i točniji podaci o mogućim eksploatacijskim zalihama podzemne vode.

Bitno je naglasiti kako bi kontinuirano praćenje razina podzemne vode i pravilan raspored piezometarskih bušotina duž cijelog otoka dalo korisna saznanja o dinamici podzemne vode i mogućnosti optimalnog korištenja iste. Iako otok Hvar danas dobiva veće količine vode s kopna iz rijeke Cetine, vlastite zalihe podzemne vode uvijek moraju biti na prvom mjestu jer su bitne u slučaju bilo kakvih izvanrednih situacija.

8. LITERATURA

- BABIĆ, Ž. (1960): Geološka, hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja otoka Hvara (zapadni dio). Izvještaj. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- BABIĆ, Ž. (1961): Geološka, hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja otoka Hvara (istočni dio). Izvještaj. Zagreb: Institut za geološka istraživanja
- BAČANI, A. (2006): Hidrogeologija I Zagreb: Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu
- BAČANI, A. , VLAHOVIĆ, T. , PERKOVIĆ, D. (2006): Procjena eksploatacijskog kapaciteta crpilišta blato na otoku Korčula. Znanstveni rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni zbornik vol.18
- BOROVIĆ, I. , MARINČIĆ, S. , MAJCEN, Ž. , MAGAŠ, N. (1977): Tumač Osnovne geološke karte za list Vis K 33-33 i list Jelsa K 33-34 Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd
- FABIJANOVIĆ, N. (2020): Turizam otoka Hvara. Završni rad. Zagreb: Repozitorij Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
- MAGAŠ, N. , MARINČIĆ, S. , BENČEK, Đ. (1979): Tumač Osnovne geološke karte za list Ploče K 33-35 Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd
- MAMUT, M. , ČIRJAK B. R. (2017): Prirodno geografske značajke otoka Hvara. Stručni rad.
- MARINČIĆ, S. , MAJCEN, Ž. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, M 1: 100 000, list Jelsa K 33-34 i list Vis 33-35 Institut za geološka istraživanja Zagreb , 1972, Savezni geološki zavod Beograd
- MARINČIĆ, S. , MAGAŠ, N. , BENČEK, Đ. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, M 1: 100 000, list Ploče K 33-35 Institut za geološka istraživanja Zagreb , 1972, Savezni geološki zavod Beograd
- NARODNE NOVINE br. 09/2008 Strategija upravljanja vodama. Zagreb: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 66/2019 Zakon o vodama. Zagreb: Narodne novine d.d.
- ŠEGOTA, T. , FILIPČIĆ, A. (2003): Köppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. Stručni rad. Zadar: Geoadria volumen 8/1
- VRKLJAN, D. (2002): Hidrogeološke značajke otoka Hvara. Diplomski rad

Zagreb:knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

WEB IZVORI:

Hvarski vodovod URL: <https://hvarskivodovod.hr/povijest-distribucije-pitke-vode/>
(28.03.2022.)

Državni hidrometeorološki zavod URL: <https://meteo.hr/> (28.03.2022.)