

Hidrogeografske značajke zagrebačkog vodonosnika

Mifka, Lovro

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:050981>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-16**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Lovro Mifka

Hidrogeografske značajke zagrebačkog vodonosnika

Prvostupnički rad

Mentor: prof.dr.sc. Danijel Orešić

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Hidrogeografske značajke zagrebačkog vodonosnika

Lovro Mifka

Izvadak: Zagrebački vodonosnik tijelo je definirano strateškim dokumentima Hrvatskih voda, nalazi se u sjeverozapadnoj hrvatskoj na području Grada Zagreba, omeđen Medvednicom na sjeveru te Vukomeričkim Goricama na jugu. Proteže se od Podsuseda na zapadu do Rugvice na jugoistoku grada. Vodne zalihe ovog tijela počele su se ispitivati sedamdesetih godina prošlog stoljeća, međutim uvid u iste je moguć od šezdesetih godina zbog postojanja karata stanja podzemnih voda. Vodonosnik je jedini izvor pitke vode za Grad Zagreb, Zagrebačku županiju te okolicu, stoga je iznimno važno njegovo očuvanje. Prirodni pritisci i ugroženost vodonosnika izraženi su zbog njegove blizine odnosno njegovog položaja ispod najvećeg gradskog područja u Republici Hrvatskoj. Zaštita vodonosnika, odnosno podzemnih i površinskih voda područja vodonosnika je od velike važnosti zbog očuvanja kvalitete vode i izvornosti ekosustava.

23 stranica, 11 grafičkih priloga, 1 tablica, 17 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: zagrebački vodonosnik, značajke, vodne zalihe, vodoopskrba, pritisci, ugroženost, zaštita

Voditelj: prof. dr. sc. Danijel Orešić

Tema prihvaćena: 13. 2. 2020.

Datum obrane: 24. 9. 2020.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

Hydrogeographical features of the Zagreb aquifer

Lovro Mifka

Abstract: The Zagreb Aquifer is a body defined by the strategic documents of Hrvatske vode, located in northwestern Croatia in the area of the City of Zagreb, bordered by Medvednica in the north and Vukomeričke Gorice in the south. It stretches from Podsused in the west to Rugvica in the southeast of the city. The water supplies of this body began to be examined in the 1970s, but insight into them has been possible since the 1960s due to the existence of groundwater status maps. The aquifer is the only source of drinking water for the City of Zagreb, Zagreb County and its surroundings, so its preservation is extremely important. Natural pressures and endangerment of aquifer are expressed due to its proximity and its position below the largest urban area in the Republic of Croatia. The protection of aquifer, ie groundwater and surface water of the aquifer area is of great importance due to the preservation of water quality and ecosystem originality.

23 pages, 11 figures, 1 table, 17 references; original in Croatian

Keywords: zagreb aquifer, features, water supplies, water system, pressures, vulnerability, conservation

Supervisor: Danijel Orešić, PhD, Full Professor

UndergraduateThesis title accepted: 13/02/2020

Undergraduate Thesis defense: 24/09/2020

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

SADRŽAJ

Uvod	1
1 Značajke zagrebačkog vodonosnika	2
1.1 Hidrografske značajke istraživanog prostora	2
1.2 Opći podaci	3
1.3 Geološka i hidrogeološka osnova	4
2 Kretanje razina podzemnih voda	6
3 Vodoopskrba	9
4 Pritisci i ugroženost od onečišćenja	11
4.1 Iskorištenost zemljišta	11
4.2 Točkasti izvori onečišćenja	13
4.3 Raspršeni izvori onečišćenja	15
5 Zaštita područja zagrebačkog vodonosnika	17
6 Hidroenergetsko iskorištavanje	19
Zaključak	21
Literatura	22
Izvori	23

Uvod

Zagrebački vodonosnik podzemno je vodno tijelo grada Zagreba i okolice definirano strateškim dokumentima Hrvatskih voda. Smješten je u sjeverozapadnom dijelu središnje hrvatske, a omeđen je Medvednicom na sjeveru i Vukomeričkim goricama na jugu. Čine ga pjeskovito-šljunkovite naslage smještene na području grada Zagreba između Podsuseda i Rugvice. Zagrebački vodonosnik zajedno sa samoborsko-zaprešičkim vodonosnikom predstavlja strateške zalihe Republike Hrvatske. Glavni je izvor vodoopskrbe grada Zagreba i Zagrebačke županije.

Ovim radom predstaviti će se najrelevantnije hidrogeografske značajke zagrebačkog vodonosnika, promjene i stanje razina podzemnih voda ovog vodnog tijela. Promjena razina podzemnih voda uvjetovana je raznim prirodnim i antropogenim utjecajima. Od sedamdesetih godina 20. stoljeća do danas rađene su razne povijesne izmjere razine podzemne vode. Šezdesetih godina prošloga stoljeća izrađivane su karte razina podzemne vode, a one nam daju dodatan uvid u povijesno stanje istih. Razine podzemnih voda zagrebačkoga vodonosnika danas su niže za 3 do 6 metara u odnosu na šezdesete godine prošlog stoljeća.

U radu će se predstaviti iskorištavanje vodonosnika za potrebe vodoopskrbe. Nadalje, iznijet će se stanje ugroženosti zagrebačkog vodonosnika raznim vrstama polutanata. Na području vodnoga tijela na razne je načine iskorišteno zemljište, a velikim dijelom to je upravo umjetno odnosno urbano iskorištavanje zemljišta. Sama riječ “urbano” nam govori da su na tom području pritisci i ugroženost samog vodonosnika najizraženiji. Razmotrit će se mogućnost hidroenergetskog iskorištavanja i shodno tome zaštita vodonosnika. Zaključno, iznijet će se glavni zaključci istraživanog područja i osvrt na radom obuhvaćene podatke, izvore i literaturu.

1 Značajke zagrebačkog vodonosnika

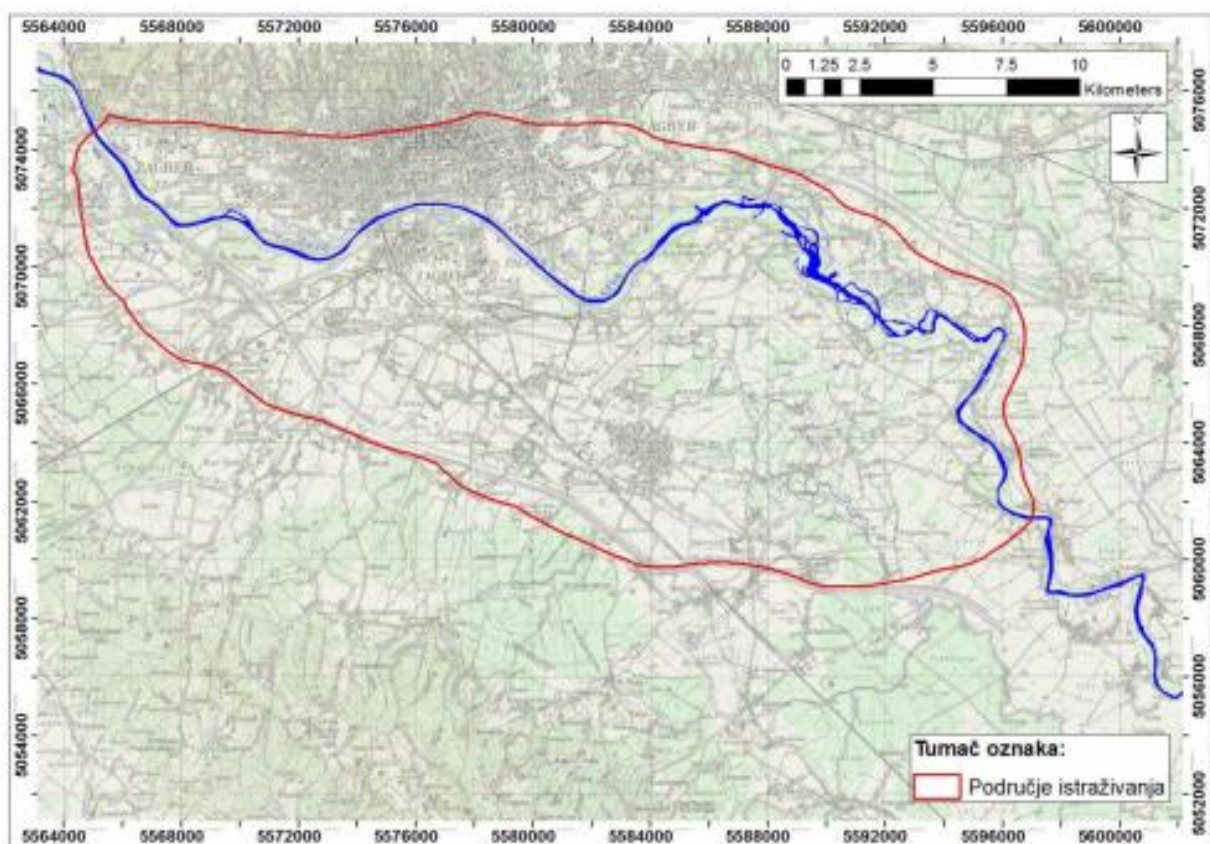
1.1 Hidrografske značajke istraživanog prostora

Prostor Zagrebačke županije u hidrološkom smislu karakterizira vodni sliv rijeke Save i njezine pritoke te prisavska ravnica u kojoj se nalazi zaliha vode navedene rijeke i pritoka. Ta zaliha uvjetuje međuovisnost površinskih i podzemnih voda u smislu kvalitete i količine (Hrvatske vode, 2004). U svom toku kroz županiju Sava je nizinska rijeka varijabilnog vodostaja. Ljeti je vodostaj nizak, a visoki vodostaji javljaju se uglavnom u proljeće i jesen. Sava je najvažnija rijeka ovog područja upravo zbog svoje veličine, to jest jedina je velika rijeka u županiji, i zato je najvažnija za vodonosnik jer je jedini izvor vodene mase. Rijeka Sava ima značajan broj pritoka u Zagrebačkoj županiji. Najvažniji zbog veće količine vode koju donose su pritoci s lijeve strane Save. U zapadnom dijelu županije najveća je rijeka Krapina, koja prolazi prostranom ravnicom smještenom između Medvednice i Marijagoričkog pobrđa. Također treba spomenuti i Sutlu koja jednim dijelom svog toka tvori prirodnu granicu između Republike Slovenije i Republike Hrvatske. U istočnom dijelu županije ističe se rijeka Lonja, koja jednim dijelom teče usporedno sa rijekom Savom i tvori Lonjsko polje, močvarno područje proglašeno oritološkim rezervatom i parkom prirode. Od južnih pritoka važno je spomenuti Gradnu, Breganu i Rakovicu.

U hidrološkom smislu, najvažniji dijelovi su ravnice i zaravni jer su tu koncentrirane najveće količine površinske i podzemne vode. Od vitalne su važnosti za život upravo ti nizinski dijelovi jer su bogati zalihama pitke podzemne vode. Ti su prostori jedina zaliha pitke vode za čitavu Zagrebačku županiju i dijelove Krapinsko-zagorske županije. Upravo radi očuvanja tih prostora potrebno je primjeniti posebne mjere zaštite. Potrebno je što je više moguće umanjiti utjecaj raznih zagađivača i antropogenog utjecaja na ovo prirodno bogatstvo o kojem ovisi velik broj ljudi, poljoprivrednih površina te flora i fauna ovog područja.

1.2 Opći podaci

Zagrebački vodonosnik nalazi se u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske, u njenom središnjem odnosno sjeverozapadnom dijelu. Smješten je između Vukomeričkih Gorica na jugu i Medvednice na sjeveru (Slika 1). Prostire se na oko 350 km² uz rijeku Savu dužinom od 30 km od Podsuseda na sjeverozapadu do Rugvice na jugistoku.

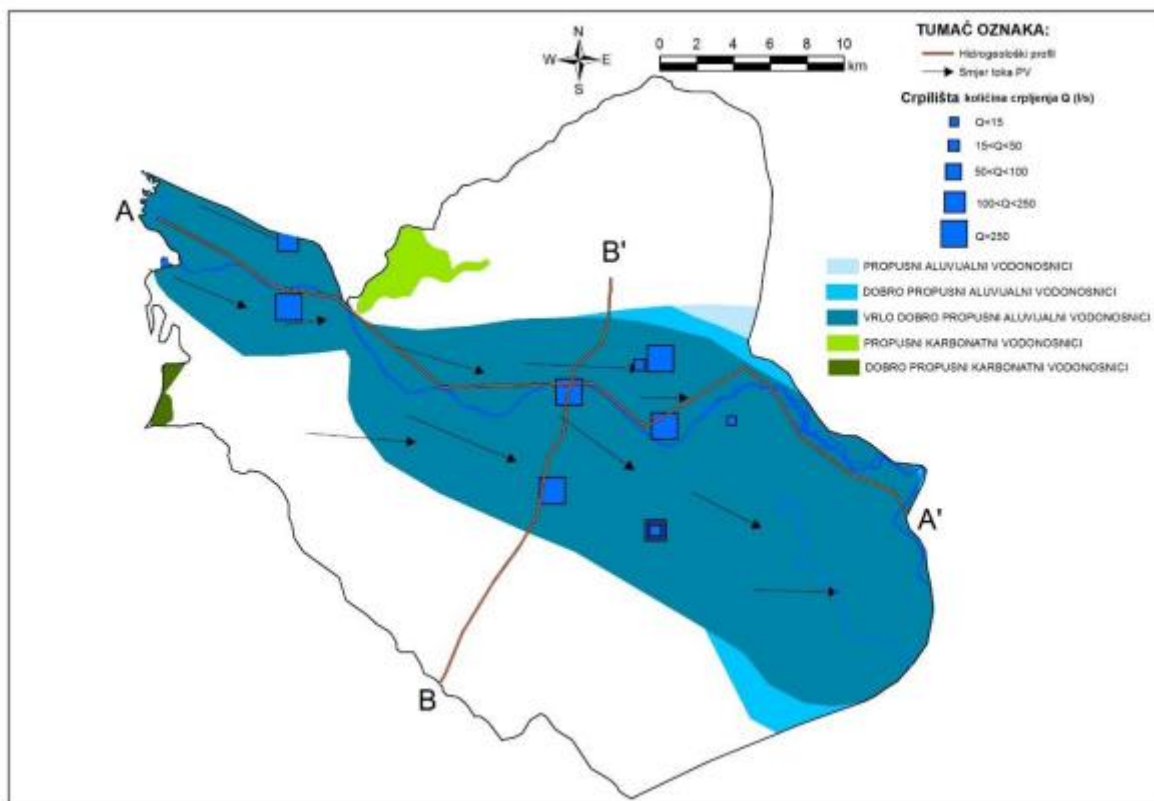


Sl. 1. Zagrebački vodonosnik

Izvor: Preuzeto iz Poropat (2016.)

1.3 Geološka i hidrogeološka osnova

Zagrebački vodonosnik čine srednje i gornje pleistocenske i holocenske naslage. U profilu razlikujemo dva vodonosna sloja, koja su nastala u različitim uvjetima taloženja. Dublji vodonosni sloj čine jezersko-barske naslage, a plići sloj čine pretežito aluvijalne naslage rijeke Save (Poropat, 2016). Dublji vodonosni slojevi taloženi su u srednjem i gornjem pleistocenu. Tijekom pleistocena Medvednica, Marijagorička brda i Žumberačko gorje, bilo je podložno intenzivnoj eroziji i denudaciji. Uslijed tih procesa trošeni materijal nošen je potocima i taložen u jezerima i močvarama (Velić i Saftić, 1991). Obzirom da su dublji vodonosni slojevi jezersko-barske naslage, u svom sastavu imaju razne udjele pjeska, šljunka, gline te praha. Plići vodonosni slojevi taloženi su tijekom holocena. Tada su tektonski i klimatski procesi omogućili prodor rijeke Save čime je započeo transport i donos materijala s područja Alpa (Velić i Durn, 1993). Vodonosni slojevi su izgrađeni od aluvijalnih naslaga, uglavnom šljunaka i pijesaka. Zbog čestih klimatskih promjena transport materijala bio je promjenljivog intenziteta. Za vrijeme toplih i vlažnih razdoblja transport materijala je bio puno intenzivniji nego za vrijeme suhih i hladnih razdoblja. Na procese i uvjete taloženja utjecala je i tektonika (Velić i dr., 1999).



Sl. 2 Položaj hidrogeoloških značajki u vodnom tijelu Zagreb

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

Zagrebački vodonosnik predstavlja vrlo dobro propusan otvoreni vodonosnik. Vodonosni slojevi vodonosnika su hidrogeokemijski različiti iako su povezani u jednu zajedničku hidrauličku cjelinu, Podzemna voda iz dubljeg sloja uglavnom pripada CaMgNa-HCO₃, a voda iz plićeg CaMg-HCO₃ hidrogeokemijskom facijesu (Hrvatske vode, 2004).

2 Kretanje razina podzemnih voda

Podzemne vode zagrebačkog vodonosnika su osnovni resurs za razvitak grada Zagreba i okolice te zagrebačke županije. Obzirom da vodonosnik ima veliku propusnost on osigurava prihranjivanje podzemne vode iz rijeke Save u prostor cijele doline. Podzemne vode prihranjuju se i procjeđivanjem oborina kroz polupropusni površinski sloj te dotokom vode s okolnih gorja (Medvednica, Samoborsko Gorje, Vukomeričke Gorice). Rijeka Sava za vrijeme srednjih i niskih vodostaja na pojedinim dijelovima toka drenira vodonosnik dok za vrijeme visokih vodostaja napaja vodonosnik. Napajanje vodonosnika iz rijeke Save najviše ovisi o protoku, trajanju vodostaja, brzini toka i temperaturi koja utječe na hidrauličku vodljivost naslaga korita rijeke Save i razini podzemne vode kao i karakteristikama vodonosnika (Posavec, 2006).

Mjerenja razine podzemnih voda zagrebačkog vodonosnika započela su sedamdesetih godina prošlog stoljeća i traju sve do danas. Analize mjerenja iz sedamdesetih godina u usporedbi s današnjim mjerenjima pokazuju da je zamjetan trend opadanja razina podzemnih voda. Kada se promatra zagrebački vodonosnik kao cjelina razine voda su snižene za otprilike 3 do 6 metara. Međutim kad se uspoređuju pojedini dijelovi vodonosnika, zamjetna je razlika u opadanju razina. U zapadnom dijelu vodonosnika taj pad iznosi oko 1 do 2 metra približno, u središnjem dijelu 2 do 5 metara te u istočnom dijelu 1 do 3 metra.



Sl. 3 Termoelektrana-toplana Zagreb i njena ustava desno na slici

Izvor: HEP, 2020.

Ove razlike u razinama podzemnih voda uvjetovane su raznim čimbenicima, a jedan od najbitnijih je upravo antropološkog postanka. 1962. godine na lijevoj obali Save, na području Žitnjaka (Savica), u blizini centara visoke potrošnje električne i toplinske energije, puštena je u pogon Termoelektrana-toplana Zagreb (TE-TO Zagreb) (Hep proizvodnja, 2020).

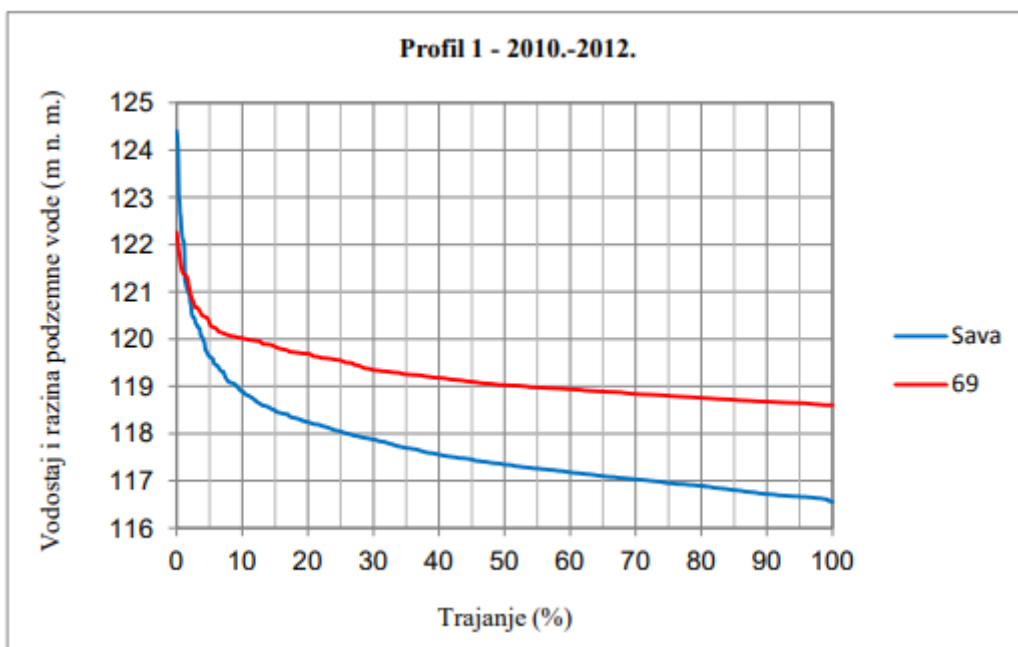
Naime, izgradnjom vodnih stuba Termoelektrane-toplane Zagreb (Slika 3) na rijeci Savi nakratko je zaustavljen trend opadanja razina vode, no ubrzo nakon kraćeg vremena nastavljen je trend opadanja sličnim intenzitetom kao i prije same izgradnje. Početkom 1990.-ih godina, točnije 1993. godine obavljena je sanacija vodnih stuba TE-TO Zagreb pa su razine podzemne vode na uzvodnom području tj, zapadnom dijelu zagrebačkog vodonosnika gledano od TE-TO Zagreb podignute u prosjeku za 1,5 metara pa se na tom području zaustavio pad razina podzemnih voda. Međutim, nizvodno tj. od TE-TO Zagreb trend opadanja razina podzemnih voda se nastavio podjednakim intenzitetom kao i prije sanacije vodnih stuba (Posavec, 2006). Ukupna razlika u padu razine podzemnih voda ako uspoređujemo šezdesete godine prošlog stoljeća i danas, osim erozije i produbljivanja korita rijeke Save te izgradnje vodnih stuba na Termoelektrani-toplani Zagreb, također je uvjetovana povećanjem brzine crpljenja vode iz crpilišta zagrebačkog vodonosnika.

Osamdesetih godina prošlog stoljeća kada je započeto izraženije iskorištavanje crpilišta, brzina crpljenja vode iznosila je oko 3 m³/s, u narednim godinama trend brzine crpljenja se povećavao tako da je 1990-ih godina srednja brzina croljenja vode iznosila oko 5 m³/s. U narednim godinama trend brzine crpljenja vode smanjivao se, tako da je danas srednja brzina crpljenja vode oko 4 m³/s.

Na pozitivan trend razina podzemnih voda također utječu i hidrološki povoljna razdoblja. Prema podacima DHMZ-a 2013. i 2014. godina bile su izuzetno hidrološki povoljne. Tijekom tog perioda zamijećeni su visoki vodostaji rijeke Save natprosječnog trajanja. U tom je razdoblju zamjetno usporavanje negativnog trenda razina podzemnih voda. Međutim, od 2014. godine pa sve do danas negativan trend kretanja razina voda zagrebačkog vodonosnika je nastavljen gotovo pa jednakim intenzitetom kao i prije tog hidrološki povoljnog razdoblja. Neki od razloga opadanja razina podzemne vode mogu se najvećim dijelom identificirati u izgradnji nasipa za obranu od poplava duž rijeke Save koji su spriječili povremena plavljenja zaobalnog područja, a time i potencijalnu infiltraciju vode s poplavljenih područja u vodonosnik; zatim u procesu snižavanja korita rijeke Save koje je najvećim dijelom uzrokovano

izgradnjom akumulacija na rijeci Savi uzvodno od Zagreba, regulacijom pritoka i šljunčarenjem iz korita rijeke Save; te u sve većoj eksploataciji podzemne vode za potrebe vodoopskrbe Grada Zagreba (Posavec, 2006).

Zalihe podzemnih voda dijele se na temeljne (stalne) te sezonske (promjenjive), Stalne zalihe podzemne vode u otvorenom vodonosniku predstavljaju volumen vode koji se nalazi unutar vodonosnog sloja ispod najnižeg zabilježenog vodostaja. Promjenjive (sezonske) zalihe su one koje se nalaze u području kolebanja razine podzemne vode. One predstavljaju volumen vode koji tijekom vlažnog perioda godine puni vodonosnik, a određuje se kao volumen vode koji se nalazi u području između najnižeg i najvišeg izmjenjenog vodostaja u promatranom vremenskom razdoblju (Miletić i Heinrich-Miletić, 1985; Bačani i Posavec, 2009). Prema Bosanac (2015) analizirani su podaci profila u dužini od 624 metra s piezometra broj 69 koji se nalazi na desnoj obali rijeke Save, a kao početna točka uzeta je hidrološka postaja Podsused-žičara. Na ovom profilu izrađena je analiza krivulje trajanja vodostaja rijeke Save i razine podzemne vode za razdoblje od 2010. do 2012. godine.

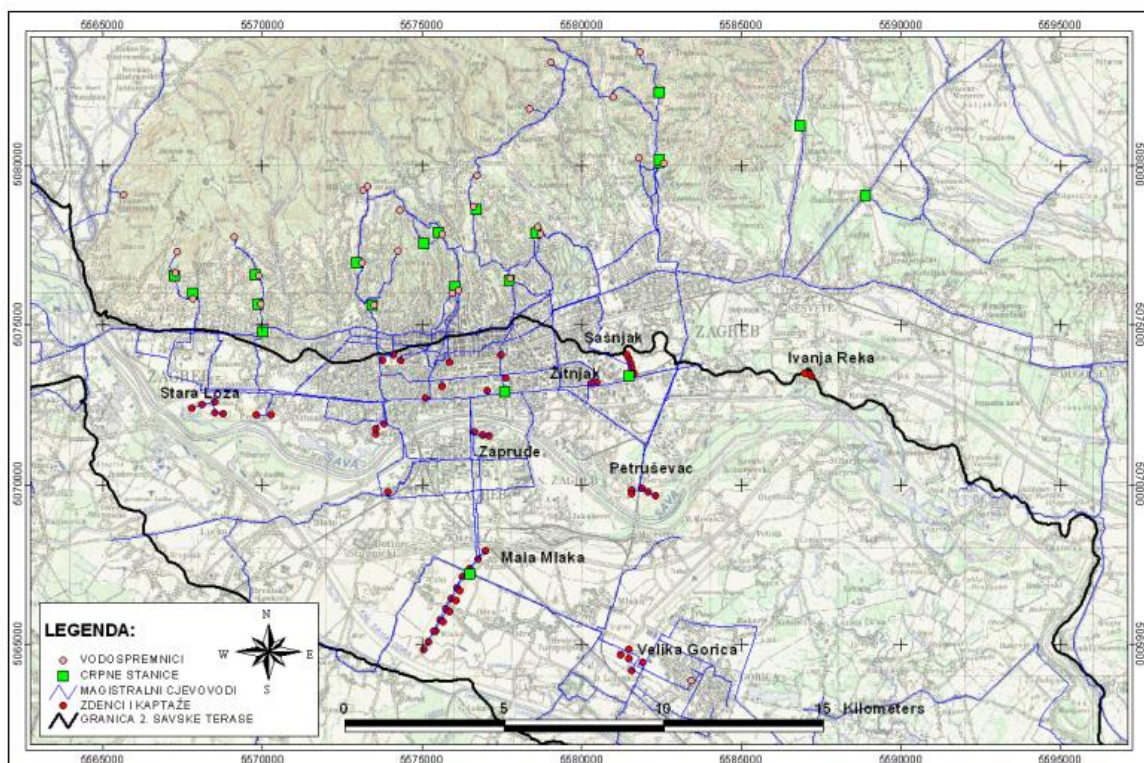


Sl.4. Krivulja trajanja vodostaja i razine podzemne vode

Izvor: Preuzeto iz Bosanac (2015)

3 Vodoopskrba

Vodoopskrba Grada Zagreba, Zagrebačke županije i okolice gotovo u potpunosti ovisi isključivo o zagrebačkom vodonosniku, odnosno o zalihama podzemnih voda istog. Grad Zagreb leži na šljunkovitim aluvijalnim nanosima rijeke Save koje sadržavaju velike količine podzemne vode prirodno profiltrirane. Nakon filtracije koji traje tjednima i mjesecima, voda se u zdencima zahvaća pomoću pumpi, preventivno dezinficira plinovitim klorom i distribuira potrošačima putem vodoopskrbne mreže. Osnova koncepcije vodoopskrbnog sustava je prisilno podizanje vode u vodospremnike, uz distribuciju vode potrošačima. Takav sustav vodoopskrbe u Zagrebu funkcionira od 1878. godine (Vodoopskrba i odvodnja, 2020). Vodonosnik je temelj vodoopskrbe grada Zagreba. Podzemna voda zahvaća se na šest aktualnih crpilišta. Za vrijeme dužih sušnih perioda u vodoopskrbu se uključuju i manja crpilišta koja su inače isključena iz vodoopskrbe.



Sl. 5 Vodoopskrbni sustav Grada Zagreba

Izvor: Grad Zagreb, 2020.

Tim crpilištima se pridružuju crpne stanice, magistralni cjevovodi, rezervoari, strojarski pogoni, laboratoriji za ispitivanje kakvoće vode, uređaji pročišćivači vode neodgovarajuće kvalitete te razvodna mreža cjevovoda za dostavu vode širokoj mreži potrošača (Slika 4). Naime, bez postojanja ovako kompleksnog sustava koji preko ovih svih faktora dostavlja vodu korisnicima, vodoopskrba grada Zagreba i okolice nebi bila moguća.

Zagrebački vodoopskrbni sustava proteže se od slovenske granice pa sve to Sesveta te od padina Medvednice do Kravarskog, a pokriva područje od oko 800 km². Na tom se području nalazi mreža od 2400 km cjevovoda, 8000 zasunskih komora te 16 000 hidranata. Dakle, na području Grada Zagreba aktualno je šest vodocrpilišta od kojih se samo vodocrpilište Sašnjak nalazi s lijeve obale rijeke Save (Slika 4).

Također treba naglasiti da ako se promatra područje Zagrebačke županije, gotovo 95% korištene vode dolazi iz podzemnih izvora odnosno zagrebačkog vodonosnika, a tek mala količina od oko 5% dolazi iz površinskih tokova. Iz podzemnih voda zagrebačkog vodonosnika jednim se dijelom snabdijeva i vodoopskrbni sustav Krapinsko - zagorske županije. Kao što je već spomenuto u prethodnom poglavlju (Kretanje razina podzemnih voda) promatrani vodonosnik ima veliku propusnost zbog šljunkovitih naslaga tako da se prihranjuje većim dijelom upravo iz rijeke Save. Međutim, ostali načini prihranjivanja vodom su procjeđivanjem oborinskih voda i površinskih voda te dotokom vode s okolnog gorja.

Potencijalno vodocrpilište Črnkovec, koje se nalazi nizvodno od središnje gradske aglomeracije, moglo bi obskrbljivati grad i okolicu većim dijelom. Hidrogeološki radovi na tom lokalitetu započeti su još sedamdesetih godina prošlog stoljeća i traju do danas. Važno je naglasiti kako bi to bilo drugoročno rješenje vodoopskrbe Grada Zagreba jer se do sad na području grada sveukupno iskorištavalo i crpilo iz 21 vodocrpilišta, međutim velik broj tih crpilišta je zbog raznih faktora, najčešće zagađenja, stao sa radom.

4 Pritisci i ugroženost od onečišćenja

Obzirom na sve rečeno u prethodnim poglavljima, može se jasno zaključiti kako je ugroženost vodonosnika od raznih onečišćenja iznimno velika. Primjerice, na priljevnom području zagrebačkih vodocrpilišta zabilježena su 324 divlja odlagališta otpada, 91 šljunčara i 2365 potencijalnih onečišćivača (Bačani i dr., 2010). Izdvojeno je 5 glavnih skupina onečišćivača na području zagrebačkoga vodonosnika: pesticidi, nitrati, potencijalno toksični metali, farmaceutski spojevi i klorirani alifatski ugljikovodici (Nakić i dr., 2013). Stanovništvo i gospodarske aktivnosti dominantni su izvori onečišćenja. Izvori onečišćenja mogu se podijeliti na točkaste izvore onečišćenja i raspršene izvore onečišćenja. U grupu točkastih izvora onečišćenja svrstana su onečišćenja iz kanalizacijskog sustava i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, odlagališta otpada, reciklažna dvorišta, benzinske postaje na autocestama, kazete za azbest te velike nesreće. Industrijski pogoni također se svrstavaju u točkaste izvore onečišćenja ako je moguće identificirati jednu točku procjeđivanja onečišćene vode u vodonosnik, međutim mogu se promatrati i kao raspršeni izvori onečišćenja u okviru industrijskih ili komercijalnih postrojenja. Raspršeni izvori onečišćenja su oni izvori koji čine onečišćenja na tlu ili u tlu, koja oborniskim otjecanjem dolaze u podzemne i površinske vode (Strategija upravljanja vodama, 2006; Studija „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“, 2016).

4.1 Iskorištenost zemljišta

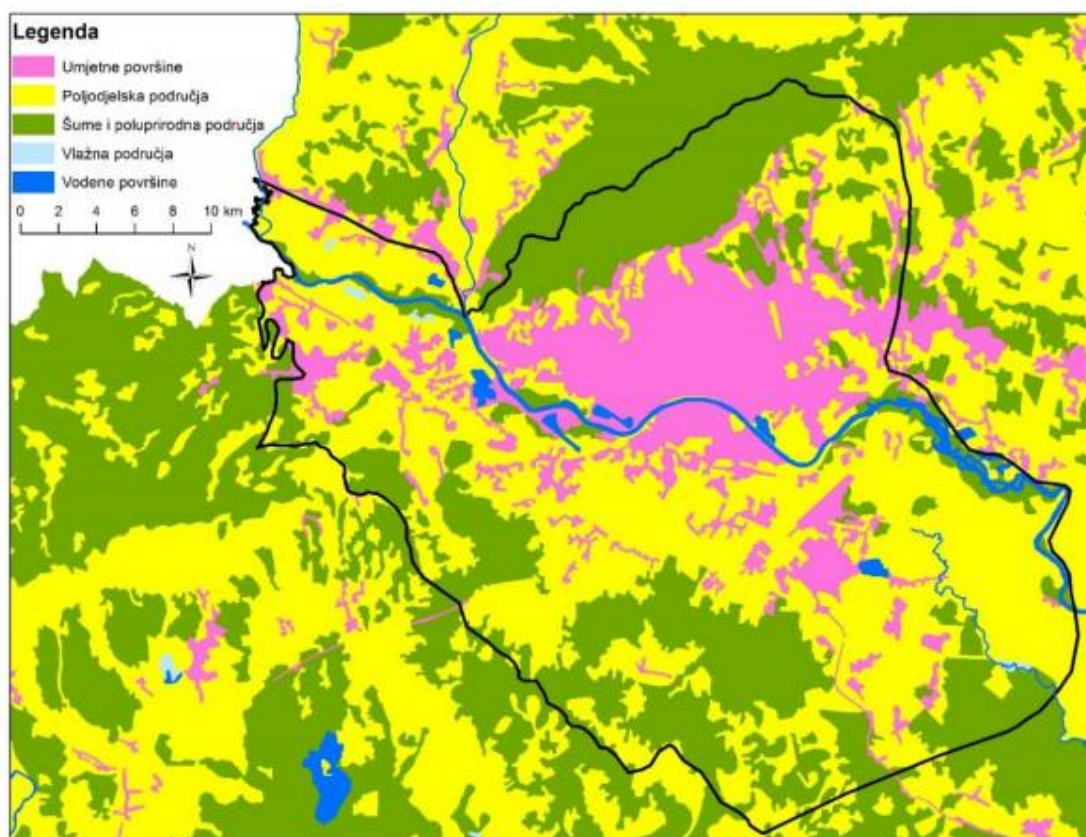
Na području Grada Zagreba i njegove okolice na razne je načine iskorišteno pripadajuće zemljište. Značajan pokazatelj ugroženosti zagrebačkog vodonosnika od raznih onečišćivača je raspodjela i način korištenja zemljišta (Slika 5).

Tab.1 Udio raznih vrsta zemljišta zagrebačkog vodonosnika

Pokrov zemljišta	%
Umjetne površine	22
Poljodjelska područja	46,5
Šume i poluprirodna područja	29,7
Vlažna područja	0,2
Vodene površine	1,6

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

Najveći dio površine predstavljen je poljodjelskim područjima, zatim ga slijede šume i poluprirodna područja, međutim za ugroženost vodonosnika najvažnija je količina umjetnih površina kojih je u ovom slučaju na području Grada Zagreba i okolice 22,0% (Tablica 1). Za ovu raspodjelu vrsta zemljišta korišteni su podaci Studije Hrvatskih Voda iz 2016. godine koji su izračunati temeljem analize baza podataka CORINE Land Cover Hrvatska iz 2012. godine, prema podacima Hrvatske agencije za okoliš i prirodu. CORINE Land Cover Hrvatska je digitalna baza podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova i namjeni korištenja zemljišta Republike Hrvatske za razdoblje 1980.-2006. CLC baza podataka izrađena je prema programu za koordinaciju informacija o okolišu i prirodnim resursima pod nazivom CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) prihvaćenom od strane Europske unije i na razini Europske unije ocijenjena je kao temeljni referentni set podataka za prostorne i teritorijalne analize (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, 2015).

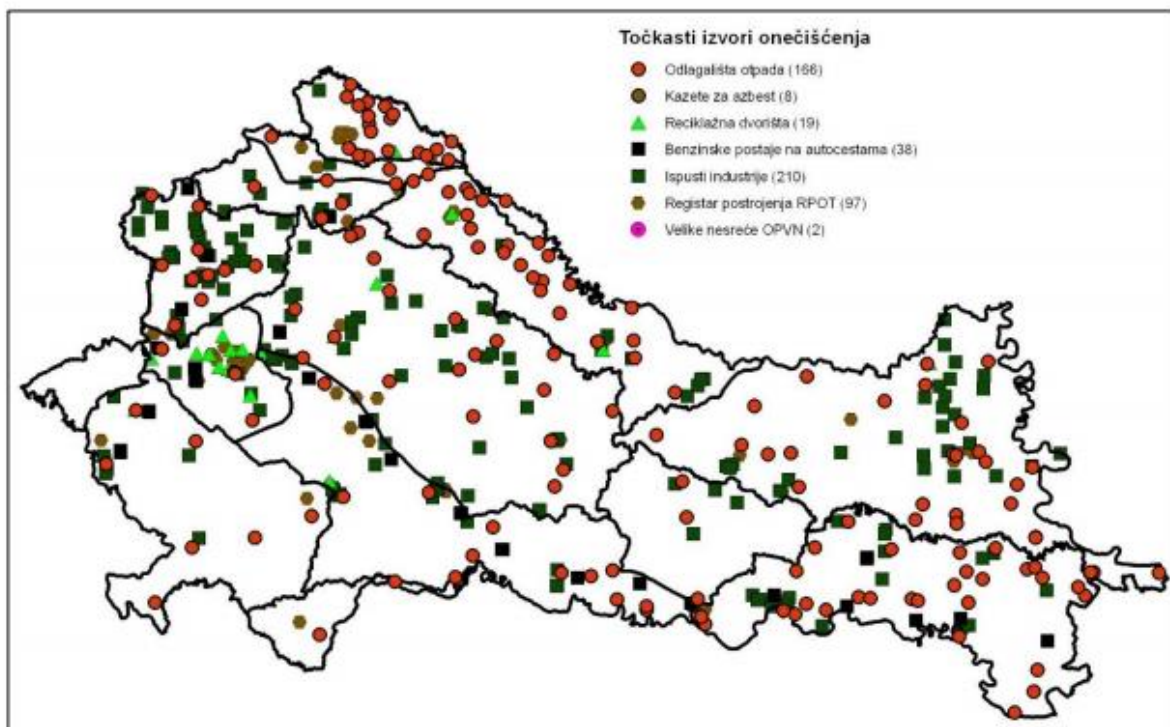


Sl. 6 Način korištenja zemljišta zagrebačkog vodonosnika

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

4.2 Točkasti izvori onečišćenja

Točkasti izvori onečišćenja promatrani u ovom radu preuzeti su od Hrvatskih voda to jest iz Strategije upravljanja vodama iz 2006. godine te Studije “Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske” iz 2016. godine, Korišteni su slojevi iz 2012. Godine CORINE Land Cover Hrvatska. Točkasti izvori onečišćenja prikazani su za kontinentalni dio Republike Hrvatske. Međutim na Slici 5 se može primjetiti kako je na području grada Zagreba relativno velika koncentracija točkastih izvora onečišćenja.

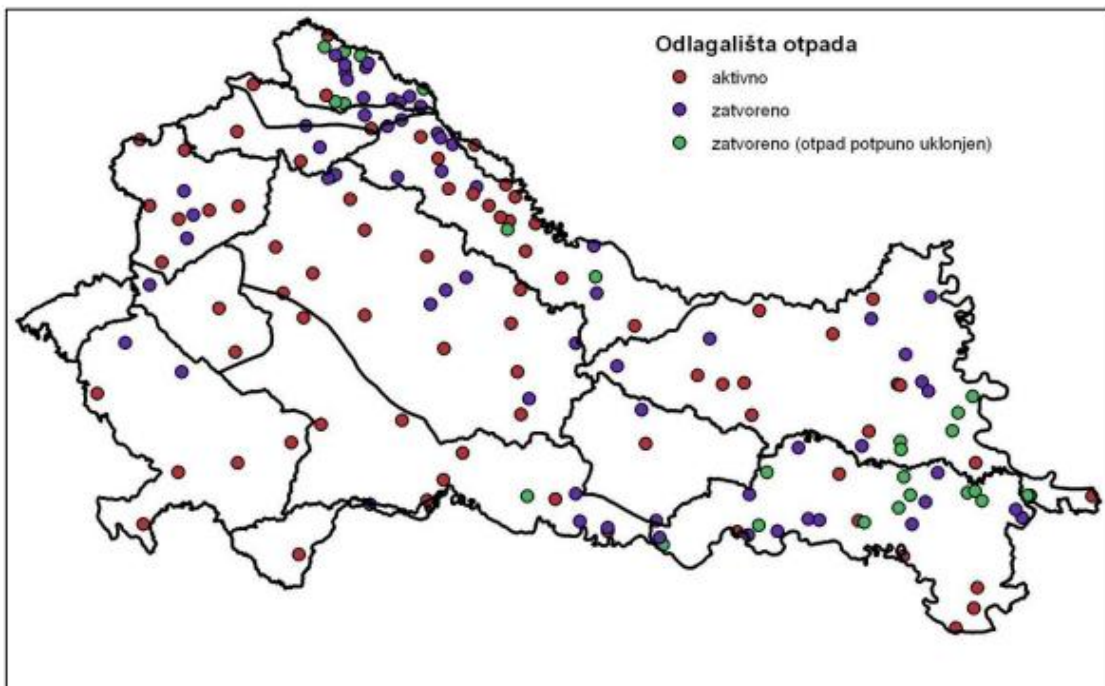


Sl. 7 Točkasti izvori onečišćenja kontinentalnog dijela Republike Hrvatske

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

Razmatajući dane rezultate i podatke, ne može se s preciznošću i točnošću izložiti broj odlagališta na području Grada Zagreba, stoga se mora izdvojiti poseban sloj za Odlagališta otpada, te definirati vrstu odlagališta otpada jer prema Hrvatskim vodama, (2016) odlagališta možemo podijeliti na (1) aktivna odlagališta, (2) zatvorena odlagališta te (3) zatvorena odlagališta (otpad potpuno uklonjen). Na području Grada Zagreba nalazi se samo jedno aktivno

odlagalište otpada (Slika 7), međutim velik problem predstavljaju nelegalna odlagališta otpada koja naravno nisu registrirana, a samim time nisu niti zakonski definirana u registarskim dokumentima Hrvatskih Voda. Upravo ta odlagališta predstavljaju najveći problem te najveću ugroženost zagrebačkog vodonosnika jer svojom neregistriranošću uzrokuju upravo nemogućnost njihova pobrojavanja, nemogućnost određivanja njihove lokacije te prostorne distribucije na području zagrebačkog vodonosnika. Ta su nelegalna odlagališta otpada nekontrolirana od strane mjerodavnih institucija i vlasti Republike Hrvatske te se nekontrolirano šire na nedozvoljena područja velike ekološke osjetljivosti.

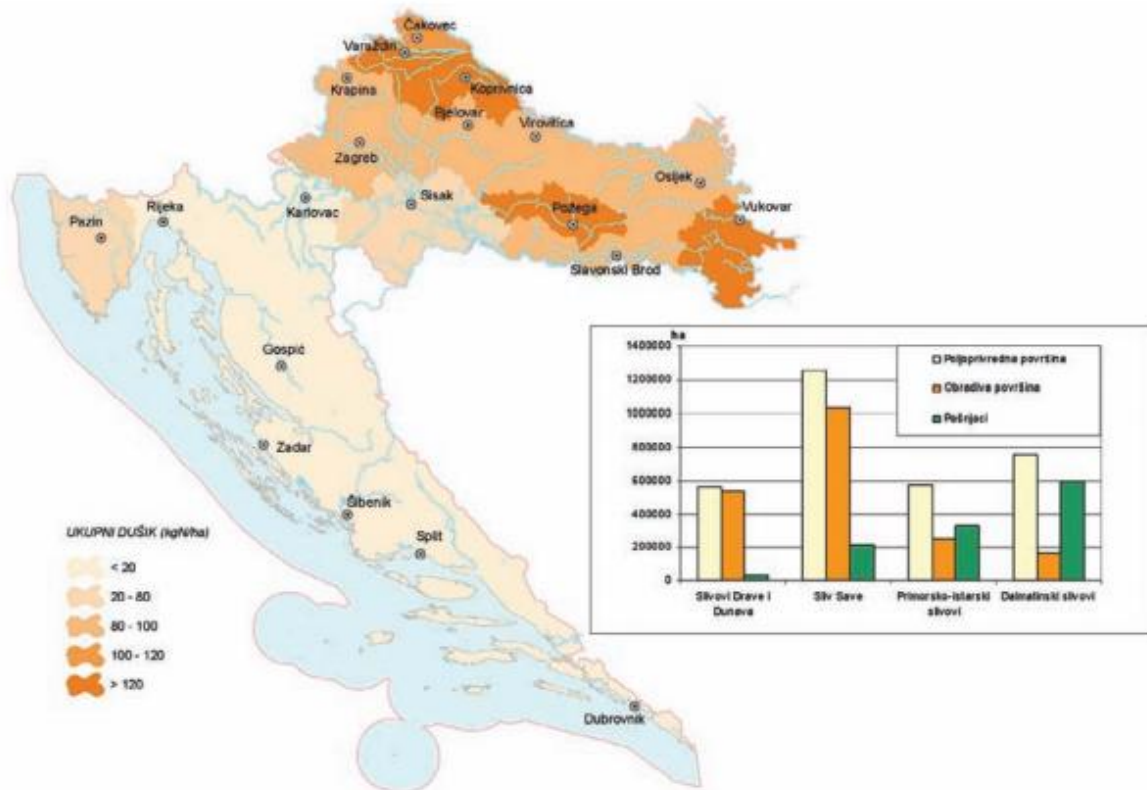


Sl. 8 Prostorna raspodjela odlagališta otpada u kontinentalnoj Hrvatskoj

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

4.3 Raspršeni izvori onečišćenja

Raspršeni izvori onečišćenja su poljoprivredne djelatnosti (pesticide, te hranjive tvari od gnojidbe), erozija tla, oborinsko otjecanje s urbanih i ruralnih područja, prometnica te ostaci ratnih razaranja na pojedinim zemljištima u Republici Hrvatskoj. Ratna razaranja u području grada Zagreba većim su dijelom izbjegnuta. Ako se kao područje promatranja uzme Grad Zagreb i njegova okolica najveći pritisak od raspršenih izvora onečišćenja potječe od poljoprivrednih djelatnosti te prometa i prometne infrastrukture (Hrvatske Vode, 2009). U Strategiji upravljanja voda iz 2009. godine, pobliže se analizira raspršeno onečišćenje. Prema toj strategiji analizirale su se tri kategorije raspršenog onečišćenja, a za ovaj rad kao primjer uzeto je raspršeno onečišćenje iz poljoprivrede koje je procijenjeno temeljem sljedećih indikatora pritiska: kategorije iskorištavanja zemlje, zemljine površine, proračuna hranjiva te procjene tla. Pritisak je vrednovan temeljem pokazatelja vezanih na redove poljoprivredne aktivnosti, tako što su u procjenu uzeti potrošnja mineralnih gnojiva te količine organskog gnojiva sa životinjskih farmi.



Sl. 9 Kilogram dušika na hektar zemlje u Republici Hrvatskoj

Izvor: Hrvatske vode, 2016.

Nakon temeljite obrade i analize podataka, uočeno je da je neposredni sliv Save izraženo ugrožen od rasprženih izvora onečišćenja. Također u izradi Strategije upravljanja vodama iz 2009. navedena je značajna upotreba pesticida u poljoprivredi te mogućnost utjecaja istih na kvalitetu voda. Međutim, stvarni utjecaj pesticida moguće je utvrditi isključivo terenskim mjerenjem, no to je skup process koji se provodi samo u izvanrednim okolnostima.

5 Zaštita područja zagrebačkog vodonosnika

Zaštita površinskih i podzemnih voda zagrebačkog područja iznimno je važna, jer je važna za očuvanje zdravlja ljudi i okoliša, jer podrazumijeva postizanje i očuvanje dobrog stanja voda, koliko god je to moguće sprječava onečišćenje istih te promjene hidromorfoloških karakteristika voda koje su pod takvim rizicima. Zaštita voda obuhvaća zaštitu površinskih i podzemnih voda kao rezerve vode za piće, zaštitu površinskih i podzemnih voda, priobalnih voda, zaštićenih područja te područja posebne zaštite voda, radi očuvanja zdravlja ljudi i očuvanja vodenih i o vodi ovisnih ekosustava i očuvanja biološke raznolikosti u okviru integralnog upravljanja voda zatim smanjenje količine opasnih tvari na izvoru onečišćenja provedbom mjera zaštite voda te kontrolu rada izgrađenih objekata i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i krajnje ali ne manje bitno, doprinos održivom razvoju racionalnim iskorištavanjem vodnih resursa (Hrvatske Vode, 2009).

Aktivnosti i mjere	Sudionici u provedbi aktivnosti
Planiranje zaštite voda u okviru integralnog upravljanja vodama	
<p>1. Plan smanjenja onečišćenja iz točkastih izvora, izraditi prema načelima:</p> <ul style="list-style-type: none"> • integralne preventivne kontrole onečišćenja na mjestu nastanka, • predostrožnosti, • "onečišćivač plaća" <p>za stanovništvo (uključujući ruralna područja), turistička područja i industriju, te odrediti dopuštene vrijednosti pokazatelja opasnih i drugih tvari, vodeći računa o tehničkim rješenjima, kao i o tehničkim preporukama za projektiranje, gradnju i održavanje sustava odvodnje, prethodno pročišćavanje i pročišćavanje otpadnih voda.</p>	<p>Min. zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Min. gospodarstva, rada i poduzetništva</p>
<p>2. Analizirati pritiske i utjecaje iz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ točkastih i raspršenih izvora onečišćenja uključivo i opasne tvari, ▪ raspršenih izvora onečišćenja od prometa, te planirati mjere zaštite voda, ▪ odlagališta otpada te izraditi plan sanacije i program mjera zaštite voda, ▪ onečišćenja hranjivim tvarima, planiranjem mjera zaštite u skladu s planiranim korištenjem vodama, definiranjem: "osjetljivih područja" i "ranjivih područja". 	<p>Min. zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Min. gospodarstva, rada i poduzetništva, Min. mora, prometa i infrastrukture, Agencija za zaštitu okoliša, Min. kulture, Min. poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja</p>

Sl. 10 Planiranje zaštite vode Republike Hrvatske

Izvor: Preuzeto iz Hrvatske vode, 2016.

U strateškim dokumentima Hrvatskih Voda navedeni su Županijski planovi zaštite voda pa tako i Plan zaštite voda Zagrebačke županije. Gotovo sva naselja na području Zagrebačke županije nemaju riješeno pitanje prihvata, odvodnje te pročišćavanja otpadnih voda, a to uzrokuje gotovo stalno onečišćenje i zagađenje površinskih i podzemnih voda, tj zagrebačkog vodonosnika. Poznato je da otpadne zagađene vode već danas predstavljaju problem za ljude i okoliš u cijelom svijetu pa tako i u Republici Hrvatskoj. Ako promatramo područje Zagrebačke županije osnovni čimbenik zaštite površinskih i podzemnih voda ogleda se u zaštiti vodonosnika koji se koristi za vodoopskrbu. Neke od važnih karakteristika ovog područja vezanih za zaštitu vode uvelike se razlikuju od ostatka Republike Hrvatske: (1) velik broj dislociranih naselja na velikom području, razdvojen poljoprivrednim zemljištima ili šumama, (2) brdska područja prisutna na sjeverozapadnim, južnim i sjeveroistočnim predjelima županije okarakterizirana malim brojem naselja koja su na višim nadmorskim visinama, (3) velik broj pojedinačnih građevina, djelova naselja odnosno čitavih naselja nelegalno ispušta nepročišćene odnosno zagađene otpadne vode u najbliže vodotoke ili kanale locirane uz prometnice putem direktnih ispusta te (4) relativno velike varijacije vodom opskrbljenih vodotoka ljeti u srednjenizinskom i brdskom području što znači da je ugroženost s naslova zaštite ovih područja najveća upravo kada su najmanji protoci vode. Zaštita od zagađenja podzemnih i površinskih voda predstavlja glavni izazov te zadaću područja Grada Zagreba, Zagrebačke županije i okolice te se mora sustavno te kontinuirano provoditi. U današnjem svijetu odvođenje i pravilo pročišćavanje otpadnih voda smatra se sastavnim i nezaobilaznim dijelom infrastrukture te je od temeljnog značenja za zdravlje ljudi i očuvanje okoliša te ekosustava, a sve to radi održivog razvitka (Studija zaštite voda Zagrebačke županije, 2004).

6 Hidroenergetsko iskorištavanje

Hidroenergetsko iskorištavanje rijeka je način za efikasan dobitak energije, međutim postoji čitav niz čimbenika o kojima ovisi te posljedice takvog iskorištavanja prirodnih bogatstava. Posljedice po okoliš mogu biti katastrofalne, stoga je uvijek prije provedbe plana hidroenergetskog iskorištavanja potrebno provesti temeljito ispitivanje te proučiti i razmotriti razne strateške dokumente koji se temelje na zaštiti područja namijenjenog iskorištavanju te površinskih i podzemnih voda koje pripadaju tom području. Zagrebački vodonosnik je iznimno ugroženo vodno tijelo Grada Zagreba, Zagrebačke županije i okolice jer se nalazi upravo na području najvećeg iskorištavanja svih prirodnih resursa, zbog potrebe stanovništva ovog najnaseljenijeg predjela Republike Hrvatske. Republika Slovenija je svojim tendencijama i ostvarivanjima istih za iskorištavanjem hidroenergetskog potencijala na rijeci Savi izmijenila bitne karakteristike rijeke Save koje se odnose na zagrebački vodonosnik odnosno na razinu njegovih podzemnih voda. Tako se korito rijeke Save produbilo, a samim time su i podzemne vode zagrebačkog vodonosnika snižene. Stoga je iznimno važna izgradnja vodnih stuba rijeke Save na području zagrebačkog vodonosnika kako bi se regulirala razina podzemnih voda. Danas postoje razni projekti za hidroenergetsko iskorištavanje rijeke Save, a oni se većinom svi odnose na izgradnju više malih hidroelektrana na dijelu toka rijeke kroz Grad Zagreb. Cilj tih projekata je dakako iskorištavanje energije riječnog toka za proizvodnju električne energije i to sve bez zagađenja i štetnog djelovanja na zdravlje stanovništva i održivost ekosustava rijeke.



Sl. 11 Bazen i hidroelektrana sustava Podsused

Izvor: Pavlin, Ž., Pletikapić, Z., 2004

Pavlin i Pletikapić (2004) predlažu izgradnju četiri bazena odnosno četiri manje hidroelektrane na toku rijeke Save kroz Grad Zagreb. U stručnom radu predlaže se izgradnja 4 vodne stube: Podsused s padom oko 10 m, Prečko s padom od otprilike 5 m i upusnom ustavom Lučko u odteretni kanal Odra, Zagreb s padom od oko 4 m te Drenje s padom od približno 8 m. Te bi se hidroelektrane koristile hidroenergetskim potencijalom razmatranog toka Save i ostvarivale bi proizvodnju električne energije os 610 GWh, snagom od 120 MW. Naime izgradnjom hidroelektrane mijenja se postojeće stanje okoliša i ekosustava stoga je predložena vodoodrživost nasipa svih bazena putem membrana u tijelu nasipa, što bi omogućilo bolje uklapanje u okoliš te potrebe stanovništva grada i životinja da se približe vodnim resursima rijeke Save. U sklopu brana predviđeni su mostovi za nesmetani promet (Slika 10), a time se osigurava prometna povezanost koja je i predviđena u prometnim rješenjima prostornih planova Grada Zagreba i Županije. Važno je istaknuti kako je sve planove potrebno provesti s visokim stupnjem opreza kako bi se zaštita površinskih i podzemnih voda adekvatno provodila u skladu sa strateškim dokumentima mjerodavnih institucija.

Zaključak

Zaključno, zagrebački vodonosnik tijelo je vodnih resursa Grada Zagreba definirano strateškim dokumentima Hrvatskih voda. Prostire se na gotovo 350 km², u smjeru sjeverozapad-jugoistok, dužinom od 30 kilometara uz rijeku Savu. Nalazi se između Vukomeričkih Gorica na jugu i Medvednice na sjeveru. Čine ga srednje i gornje pleistocenske te holocenske naslage. U presjeku razlikujemo dva vodonosna sloja čiji je nastanak uvjetovan različitim taloženjem. Iznimno je važno vodno tijelo jer je gotovo jedini izvor vodoopskrbnog sustava na području Grada Zagreba, Zagrebačke županije te njene okolice. Zalihe te razine podzemnih voda vodonosnika godinama su se mijenjale te se mogu promatrati od prvih mjerenja razina voda od šezdesetih godina prošloga stoljeća. Najveći utjecaji na zalihe i razine podzemnih voda antropološkog su postanka, promatrajući iskorištenost zemljišta, upravo zbog velikog (najvećeg u Republici Hrvatskoj) udjela pokrivenosti zemljišta umjetnim površinama odnosno urbanima. Najveće promjene u razinama podzemnih voda mogu se vremenski locirati u vrijeme izgradnje Termoelektrane-toplane Zagreb (TE-TO Zagreb). Naime, izgradnjom termoelektrane razine podzemne vode uzvodno gledajući od TE-TO Zagreb su podignute, dok su razine vode nizvodno od TE-TO Zagreb spuštene, odnosno trend opadanja razina se nastavio. Upravo zbog vodoopskrbe od iznimne je važnosti očuvanje visokih razina podzemnih voda međutim to nije jedino važno za budućnost vodonosnika. Zagrebački vodonosnik ugrožen je raznim faktorima. Jedan od tih faktora dakako su odlagališta otpada, odnosno najveći pritisak za vodonosnik čine divlja, tj. nelegalna odlagališta otpada koja uzrokuju ocjeđivanje zagađenih i nepročišćenih otpadnih voda u vodotoke na području grada i okolice, a samim time i dospijevanje te iste zagađene vode u vodne resurse zagrebačkog vodonosnika. Shodno tome, prijeko je potrebna kvalitetna i adekvatna zaštita strateškim dokumentima i zakonima donesenim od strane mjerodavnih institucija i vlasti, kako bi se očuvala izvornost i od ključne važnosti kvaliteta, iznimna kakvoća te kvantiteta vode na ovom području. Na rijeci Savi, tj. njenim tokom kroz Grad Zagreb postoje velike mogućnosti iskorištavanja hidroenergetskog potencijala, međutim to su još uvijek isključivo planovi i teme stručnih radova. Toliko koliko je zagrebački vodonosnik važan za stanovništvo odnosno vodoopskrbu toliko je stanovništvo odnosno čovječanstvo važno za njegov opstanak i zaštitu. Dakle, može se zaključiti da vodonosnik i ljudi ovise međusobno za obostrani održivi razvoj.

Literatura

Bačani, A., Posavec, K., (2009a): Vodoistražni radovi za potrebe implementacije Okvirne direktive o vodama u dijelu koji se odnosi na kvantitativno stanje voda na zagrebačkom i samoborskom području. Stručni elaborat Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Bačani, A., Posavec, K., Parlov, J., Žubčić, M., Kovač, Z., Pletikosić, N., Bedenicki, N., Klanfar, M. & Dvorabić, A. 2010: Prva faza izrade programa mjera za zaštitu i sanaciju u zonama zaštite izvorišta. Stručni elaborat, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Bosanac, V., 2015: Identifikacija zona pretežitog prihranjivanja/dreniranja zagrebačkoga vodonosnika analizom krivulja trajanja rijeke Save i razina podzemne vode, Diplomski rad, Sveučilište u zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Miletić, P., Heinrich-Miletić, M., 1985: Metodološki pristup istraživanju i gospodarenju rezervama podzemnih voda, str.92. Jugoslavenski komitet svjetskih kongresa za naftu, Nafta, Zagreb.

Nakić, Z., Ružičić, S., Posavec, K., Mileusnić, M., Parlov, J., Bačani, A., Durn, G., 2013: Conceptual model for groundwater status and risk assessment - case study of the Zagreb aquifer system. *Geologia Croatica*, Vol. 66, No 1.

Pavlin, Ž., Pletikapić, Z., 2004: Višenamjensko rješenje uređenja i iskorištavanja Save na području Zagreba, *Građevinar* 57 (2), 77-85

Poropat, M., 2016: Zalihe podzemne vode zagrebačkog vodonosnika, Diplomski rad, Sveučilište u zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Posavec, K., 2006: Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Velić, J., Durn, G., 1993: Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia. *Geologia Croatica*, vol. 46, no. 1, p. 71–90

Velić, J., Saftić, B., 1991: Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor. *Geološki vjesnik*, 44, 69–82

Velić, J., Saftić, B., Malvić, T., 1999: Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the “Jakuševac” Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia). *Geologia Croatica*, vol. 52, no. 2, p. 119–130

Izvori

Državni hidrometeorološki zavod, Sektor za hidrologiju: HIS2000 – Baza hidroloških podataka za 2013. i 2014. Godinu, Zagreb <https://hidro.dhz.hr/> (8.9.2020.)

Hrvatska elektroprivreda - proizvodnja, TE-TO Zagreb,
<https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/te-to-zagreb/1565>
(8.9.2020.)

Hrvatske vode, Registar dokumentacije, Strateški dokumenti, Strategija upravljanja vodama,
https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf (8.9.2020.)

Hrvatske vode, Registar dokumentacije, Podzemne vode, Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela HR, Rud.-geol.-naft. fakultet, Zagreb, 2016.,
https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/definiranje_trendova_i_ocjena_stanja_podzemnih_voda_na_podrucju_panonskog_dijela_hrvatske_2016.pdf (8.9.2020.)

Hrvatske vode, Registar dokumentacije, Županijski planovi zaštite voda, Studija zaštite voda Zagrebačke županije, Zagreb 2007.,
https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/zagrebacka_zupanija.pdf (8.9.2020.)

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zavod za zaštitu okoliša i prirode, Pokrov i namjena korištenja zemljišta CORINE Land Cover,
<http://www.haop.hr/hr/baze-i-portali/pokrov-i-namjena-koristenja-zemljista-corine-land-cover>
(8.9.2020.)

Vodoopskrba i odvodnja d.o.o., Vodoopskrba, <https://www.vio.hr/o-nama/vodoopskrba/1494>
(8.9.2020.)