

# Funkcionalnost melioracijske odvodnje agroekosustava Lupoglav

---

Klaić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:461696>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-28**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**Funkcionalnost melioracijske odvodnje  
agroekosustava Lupoglav**

DIPLOMSKI RAD

Ivan Klaić

Zagreb, Rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Poljoprivredna tehnika- Melioracije

**Funkcionalnost melioracijske odvodnje  
agroekosustava Lupoglav**

DIPLOMSKI RAD

Ivan Klaić

Mentor:

Prof. dr. sc. Gabrijel Ondrašek

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTIOSTI

Ja, **Ivan Klaić**, JMBAG 0068222480, rođen 08.08.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**FUNKCIONALNOST MELIORACIJSKE ODVODNJE AGROEKOSUSTAVA LUPOGLAV**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Ivan Klaić**, JMBAG 0068222480, naslova

**FUNKCIONALNOST MELIORACIJSKE ODVODNJE AGROEKOSUSTAVA LUPOGLAV**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof.dr.sc. Gabrijel Ondrašek mentor

\_\_\_\_\_

2. Doc.dr.sc. Marina Bubalo Kovačić član

\_\_\_\_\_

3. Prof.dr.sc. Stjepan Husnjak član

\_\_\_\_\_

## **Sažetak**

Diplomskog rada studenta **Ivana Klaića**, naslova

### **Funkcionalnost melioracijske odvodnje agroekosustava Lupoglav**

Istraživanje je provedeno s ciljem utvrđivanja trenutnog stanja i funkcionalnosti postojećeg sustava površinske i podzemne odvodnje na području agroekosustava Lupoglav. U istraživanju je utvrđena nefunkcionalnost postojećeg podzemnog sustava (cijevne drenaže) i dijela površinskog sustava odvodnje melioracijskim kanalima. Glavni razlozi nefunkcioniranja sustava odvodnje na agroekosustavu Lupoglav su što između ostalog prilikom izgradnje podzemnog sustava odvodnje nije ugrađivan filter materijal na pojedinim dionicama, neredovito održavanje površinskih sustava odvodnje (izmuljivanje i košnja melioracijskih kanala), nezadovoljavajuća oplav na velikom dijelu površina, ne provođenje dodatnih agrotehničkih mjera poput podrivanja, te sama starost sustava od oko 36 godina. Razina problema vezanog uz trajanje i intenzitet prekomjernog vlaženja suvišnom površinskom i podzemnom vodom, samo je malim dijelom smanjena u odnosu na istu prije izgradnje sustava odvodnje na predmetnom području, te se stoga preporuča izgradnja novog sustava podzemne odvodnje na predmetnom području uz potpunu revitalizaciju kanalske mreže.

**Ključne riječi:** agroekosustav Lupoglav, funkcionalost sustava odvodnje, drenske cijevi

## **Summary**

Of the master's thesis – student **Ivan Klaić**, entitled

### **Functionality of amelioration drainage system in the Lupoglav agro-ecosystem**

The research was conducted with the aim of determining the current state and functionality of the existing surface and underground amelioration system in the Lupoglav agro-ecosystem. In this research, the non-functionality of the existing underground system (pipe drainage) and part of the open surface drainage system with amelioration channels was determined. The main causes of the non-functioning of the drainage system at the examined research area are, among other that during the construction of the underground drainage system, filter material was not installed on the certain sections, irregular maintenance of the surface drainage systems (drudging and mowing of amelioration canal network), unsatisfactory flooding on a large part of the surface, and failure to carry out additional agrotechnical a measure of undermining. The level of related issue with the duration and intensity of waterlogging by surface and underground water is only partially reduced compared to the state before construction of the drainage system in the subject area (36 years ago), and therefore it is recommended to build a new underground drainage system in the subject area along with the complete revitalization of the canal network.

**Keywords:** Lupoglav agro-ecosystem, functionality of drainage system, drain pipes

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Cilj diplomskog rada .....	1
3. Prirodne značajke istraživanog područja .....	2
3.1. Geografske značajke.....	2
3.2. Klimatske značajke.....	2
3.3.1. Sijanje Sunca .....	3
3.3.2 Temperatura zraka .....	3
3.3.3 Oborine.....	5
4. Materijali i metode istraživanja .....	7
4.1. Terenska istraživanja.....	7
4.2. Laboratorijska istraživanja.....	10
5. Pedološke značajke .....	15
5.1. Osnovna mehanička, fizikalna i kemijska svojstva tla istraživanog područja Lupoglav .....	16
5.2. Infiltracija tla .....	19
5.3. Izračunavanje funkcionalnosti drenskog rova.....	20
6. Rasprava.....	22
7. Zaključci.....	25
8. Popis literature .....	26
Životopis .....	28



## 1. Uvod

Primarni cilj agroekosustava je proizvodnja hrane. Biljna proizvodnja agroekosustava osigurava 80% namjernica za ljudsku prehranu. Zbog globalnih klimatskih promjena dolazi do sve izraženijih problema s nedostatkom i suviškom vode, a koje mogu imati dugoročne posljedice na proizvodnju hrane. Agroekosustav Lupoglav čini 1.036 hektara površine koja se intenzivno koristi za uzgoj ratarskih i industrijskih kultura. U 1970-ima agroekosustav Lupoglav je melioracijski uređen, međutim trenutno ima sve izraženijih problema sa suvišnim vodama, te ga je potrebno na odgovarajući način revitalizirati sa stanovišta odvodnje ali i sa ciljem uspostave i sustava navodnjavanja.

Sustav odvodnje agroekosustava Lupoglav predstavlja kanalska mreža, te podzemni sustav cijevne drenažoe. Iako je sustav kanalske mreže u funkciji, njegova učinkovitost je dovedena u pitanje, pogotovo na onom dijelu gdje kanalska mreža nije održavana, te je trenutno obrasla višegodišnjom vegetacijom. Također, agroekosustav Lupoglav karakterizira ravan i ujednačen reljefu sa nagibom terena do 1 %, koji ukoliko nema odgovarajuću oplav, onemogućuje otjecanje suvišnih voda za vrijeme izraženijih oborina.

Za rješavanje pitanja suvišnih površinskih voda važna je funkcionalnost sustava odvodnje. Funkcionalni sustavi odvodnje omogućuju pravovremeno otjecanje suvišnih površinskih i podzemnih voda. Glavni razlozi koji dovode do neučinkovitosti sustava odvodnje uključuju: nepravilno i neredovito održavanje sustava, te raznu financijsku, organizacijsku i tehničku problematiku (Vidaček, 1998). Ostali uzroci uključuju neracionalno korištenje hidromelioracijskih površina, nepotpunu ili netočnu provedbu mjera redovitog održavanja, te slabu učinkovitost odvodnje drenskog rova (Vidaček, 1998). Također, postoji i Pravilnik o uređenju tehničkih i gospodarskih uvjeta koji propisuje pravila gospodarenja i tehničkog održavanja funkcionalnih sustava melioracijske odvodnje.

Tehničko održavanje sustava odvodnje bi se trebalo redovito provoditi svakih tri do pet godina (Savić i sur., 2015). Temeljem navedenog gospodarski sustavi bi trebali provoditi redovito različite mjere održavanja kao što su uklanjanje vegetacije i raslinja, izmuljivanje, popravci manjih oštećenja melioracijskih vodnih građevina i sl. Nažalost primjena tih pravila u Hrvatskoj se vrlo često zapostavlja (Vidaček, 1998; Petošić i sur., 2015).

## 2. Cilj diplomskog rada

Cilj ovoga rada je bio istražiti trenutno stanje i funkcionalnost melioracijskih površinskih i podzemnih sustava odvodnje na području agroekosustava Lupoglav.

### **3. Prirodne značajke istraživanog područja**

#### **3.1. Geografske značajke**

Općina Brckovljani, pod koju spada područje Lupoglav, smještena je u istočnom dijelu Zagrebačke županije, udaljena oko 20 kilometara (km) od Zagreba. Omeđena je sa zapadne strane rijekom Zelinom (područjem grada Dugo Selo), s istočne strane rijekom Lonjom, s južne strane područjem grada Ivanić Grada te sa sjeverne strane područjem grada Sveti Ivan Zelina. Općinu na dva dijela dijeli državna cesta Zagreb - Bjelovar, kao i željeznička pruga Zagreb - Koprivnica. Područje općine prostire se na površini od 71,10 km<sup>2</sup>. Općina Brckovljani sastoji se od 13 naselja (Brckovljani, Božjakovina, Gornja Greda, Gornje Dvorišće, Gračec, Hrebinec, Kusanovec, Lupoglav, Prečec, Prikraj, Stančić, Štakorovec, Tedrovec) u kojima je prema popisu stanovništva iz 2011. godine živjelo 6.837 stanovnika (Službeni glasnik Općine Brckovljani: 12/06, 01/13, 05/14, 07/15, 08/16, 09/18.).

Bruto površina područja Lupoglav procijenjena je na oko 1.190 ha. Projektno područje Lupoglav nalazi se sjeverno od Rugvice sa sjeverne strane autoceste A3 Zagreb - Lipovac. Točnije rasprostire se između naselja Lupoglav i Prečec. Istočnu granicu područja predstavlja rijeka Lonja. Površina koju zauzima zemljište područja Lupoglav namijenjeno za poljoprivrednu proizvodnju uglavnom ratarskih kultura procijenjeno je na oko 1.036 ha (neto obuhvat), odnosno 87,1 % ukupne bruto površine. Preostali dio razmatrane bruto površine otpada na gospodarske objekte, vodene površine (kanale), šume i putove. Razmatrano područje sustava navodnjavanja nalazi se unutar katastarske općine Lupoglav i katastarske općine Prečec. Na području Lupoglav najveći dio površina (81,5 %) koristi tvrtka Božjakovina d.d. Božjakovina d.d. sve kulture uzgaja za preradu u vlastitoj mlinskoj industriji (zobene pahuljice, integralno pšenično brašno, kukuruzno brašno, ječmena kaša, müsli), odnosno hranidbu stoke (tov junadi). Najveći dio poljoprivrednog zemljišta je u vlasništvu države, odnosno dano u zakup ili koncesiju do 30 godina. U strukturi zasijanih površina na području Lupoglav najveći dio čine žitarice (65,64 %), zatim slijedi industrijsko bilje (25,97 %), travne smjese (4,25 %) i livade (1,93 %). Povrće se uzgaja na svega 0,97 % poljoprivrednih površina. Na manjem dijelu površina (1,25 %) zasađeni su voćnjaci u kojima dominiraju orah, lijeska i jabuka.

#### **3.2. Klimatske značajke**

Područje Zagrebačke županije, prema Koepenovoj klasifikaciji, pripada klimatskom području "Cfwbx" (DHMZ, 2023). To je umjereno topla kišna klima, u kojoj nema suhog razdoblja tijekom godine i oborine su jednoliko razdijeljene na cijelu godinu. Najsuši dio godine javlja se u hladno godišnje doba. Nailazimo na sporedni oborinski maksimum toplog

dijela godine koji je račvast, cijepa se na maksimum u proljeće (svibnju) i u kasno ljeto (srpnju ili kolovozu), a između njih je razdoblje suše. U klimatskom pogledu prostor područja Lupoglav ima osobine umjerenih klima kontinentalnog tipa s toplim ljetima i umjereno hladnim zimama. Ovo područje uklapa se u klimatske uvjete zapadnog dijela Panonske nizine gdje se miješaju utjecaji euroazijskog kopna, Atlantika i Sredozemlja. U svrhu analize osnovnih klimatskih parametara područja Lupoglav, korišteni su podaci s meteorološke postaje Maksimir za razdoblje od 1949. do 2021.

### 3.3.1. Sijanje Sunca

Prosječna godišnja vrijednost broja sunčanih sati sijanja sunca u Zagrebu (insolacija) iznosi ukupno oko 1.800 sati godišnje. Prema prosječnim godišnjim vrijednostima naoblake, Zagreb se ubraja u oblačna područja, pri čemu prosječan broj vedrih dana u godini iznosi 47, a oblačnih 130 (DHMZ, 2023).

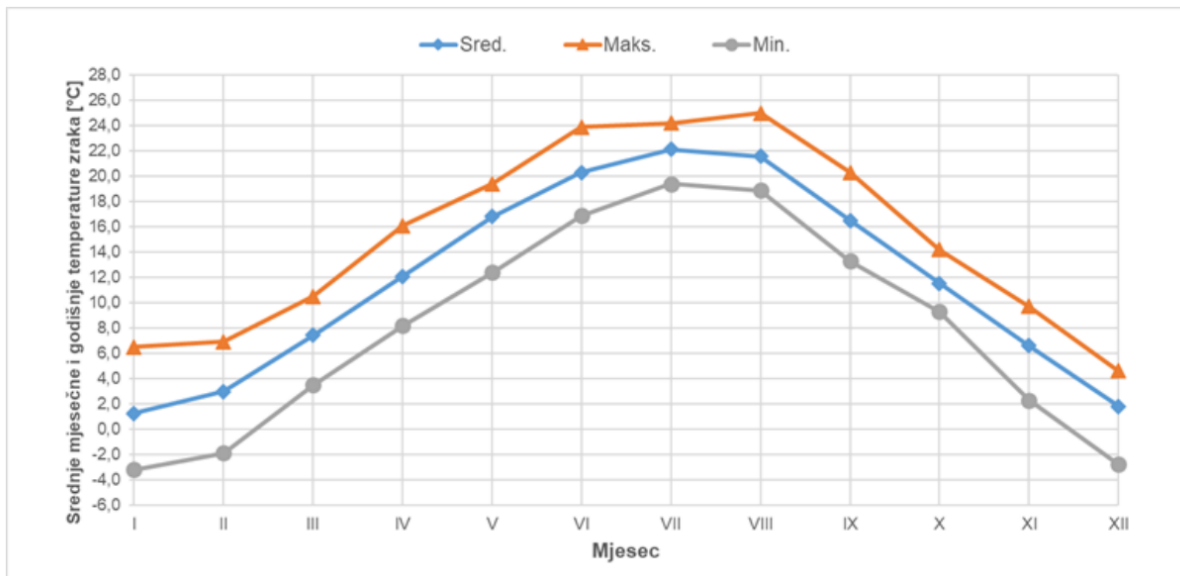
### 3.3.2 Temperatura zraka

Srednja godišnja temperatura zraka za Maksimir u razdoblju od 1989. do 2018. iznosila je 11,8 °C (DHMZ, 2023). Najtoplija je bila 2018. sa srednjom godišnjom temperaturom 13,0 °C, a najhladnija 1996. sa 10,1 °C (DHMZ, 2023). Najtopliji su kolovoz s 25,0 °C i srpanj s 24,2 °C, a najhladniji siječanj i prosinac sa -3,2 °C, odnosno -2,8 °C (DHMZ, 2023). U nastavku su prikazani grafikoni koji prikazuju hod srednje, maksimalne i minimalne temperature (slika 1.), te temperaturni trend u navedenom razdoblju (slika 8.). Vegetacijsko razdoblje na ovom području traje od 20. ožujka do 20 listopada ili 212 dana i nešto je kraći od toplog dijela godine. Kao i za većinu mjesta u Republici Hrvatskoj, temperatura na predmetnoj postaji bilježi pozitivan trend.

Tablica 1. Mjesečne godišnje srednje, maksimalne i minimalne temperature, Maksimir (1989.-2018.).

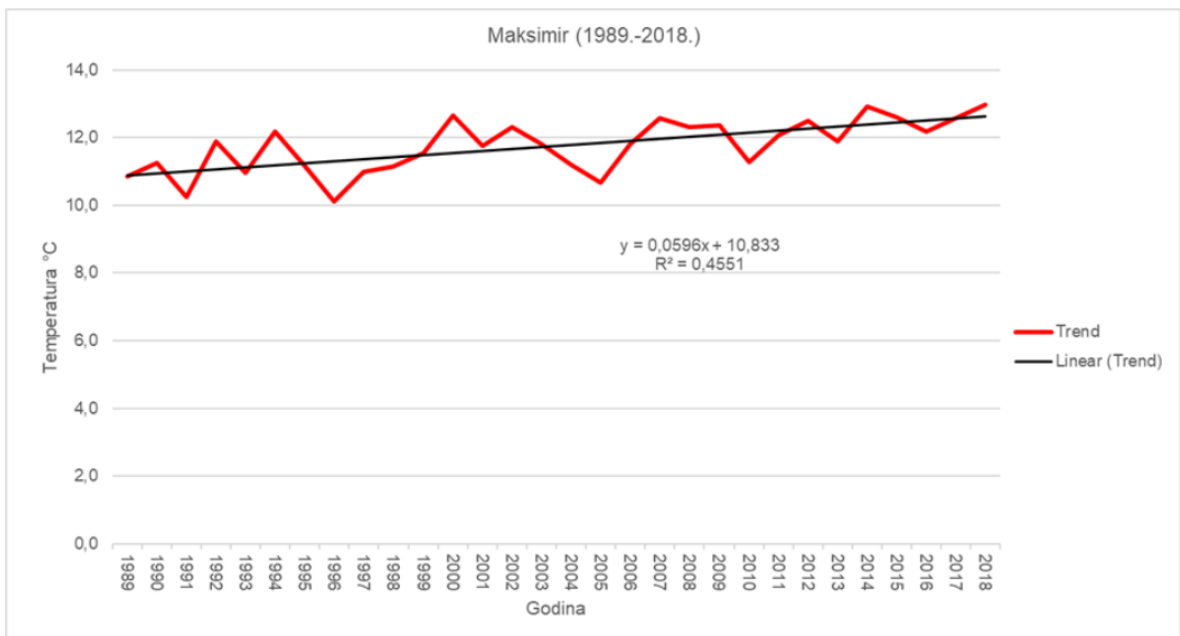
Razdoblje 1989.-2018.	ZAGREB_MAKSIMIR SREDNJE MJESEČNE I GODIŠNJE TEMPERATURE ZRAKA												sred. god.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sred.	1,3	3,0	7,4	12,1	16,8	20,3	22,1	21,6	16,5	11,5	6,6	1,8	11,8
Maks.	6,5	6,9	10,5	16,1	19,4	23,9	24,2	25	20,3	14,2	9,7	4,6	13,0
God.	2007	2016	2014	2018	2018	2003	2012	2003	2011	2001	2002	2000	2018
Min.	-3,2	-1,9	3,5	8,2	12,4	16,9	19,4	18,9	13,3	9,3	2,3	-2,8	10,1
God.	2017	2012	1996	1997	1991	1989	1996	2006	1996	1994	1993	1998	1996

Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_ezo-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_ezo-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.



Slika 1. Godišnji hod srednje maksimalne i minimalne temperature.

Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_eko-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_eko-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.



Slika 2. Trend temperature.

Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_eko-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_eko-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.

### 3.3.3 Oborine

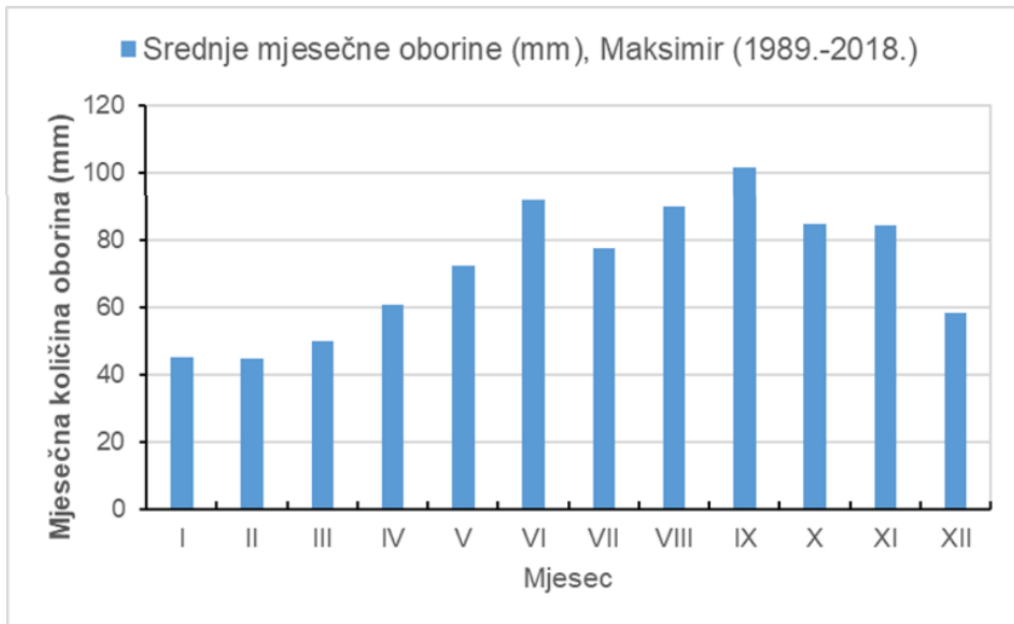
Oborine među meteorološkim elementima imaju dominantan utjecaj u biljnoj proizvodnji. Izborom sustava obrade tla i odgovarajućih sustava biljne proizvodnje može se djelomično ublažiti nedostatak oborina u područjima u kojima se javlja njihov deficit, a moguć je i određeni utjecaj u smislu smanjenja negativnog učinka prevelike količine oborina u humidnim i perhumidnim područjima. Rezultati u biljnoj proizvodnji uvelike su povezani s količinom, distribucijom, frekvencijom i intenzitetom oborina. Mjesečne i godišnje srednje, maksimalne i minimalne sume oborine te maksimalne na mjernoj postaji Maksimir u razdoblju od 1989. do 2018. prikazuje sljedeća tablica 2., a grafikoni (slika 3., slika 4.) prikazuju hod oborine i trend oborine u navedenom razdoblju. Prema podacima, srednja godišnja suma oborine u razdoblju od 1989. do 2018. iznosi 861,1 mm (DHMZ, 2023). Najnoviji podaci prikazuje kako je u 2022. prosječna količina oborina u Zagrebu i okolici iznosila 826,3 mm (DHMZ, 2023).

Tablica 2. Mjesečne godišnje srednje, maksimalne i minimalne sume oborina, Maksimir (1989.-2018.).

Razdoblje 1989.-2018.	ZAGREB_MAKSIMIR-MJESEČNE I GODIŠNJE KOLIČINE OBORINE												suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sred.	45,2	44,6	49,8	60,6	72,2	92,1	77,4	90,0	101,6	84,8	84,3	58,5	861,1
Maks.	128,9	141,3	121,7	135,8	145,0	148,5	157,8	262,6	239,6	199,0	187,5	117,7	1.317,8
God.	2013	2014	2013	2004	2014	1994	2014	1989	2017	1992	2013	2000	2014
Min.	3,3	1,5	4,5	1,6	17,3	40,3	31,7	9,8	21,9	5,6	0,3	0,7	517,0
God.	1993	1998	2012	2007	1993	2006	2006	2012	1997	1995	2011	2015	2011

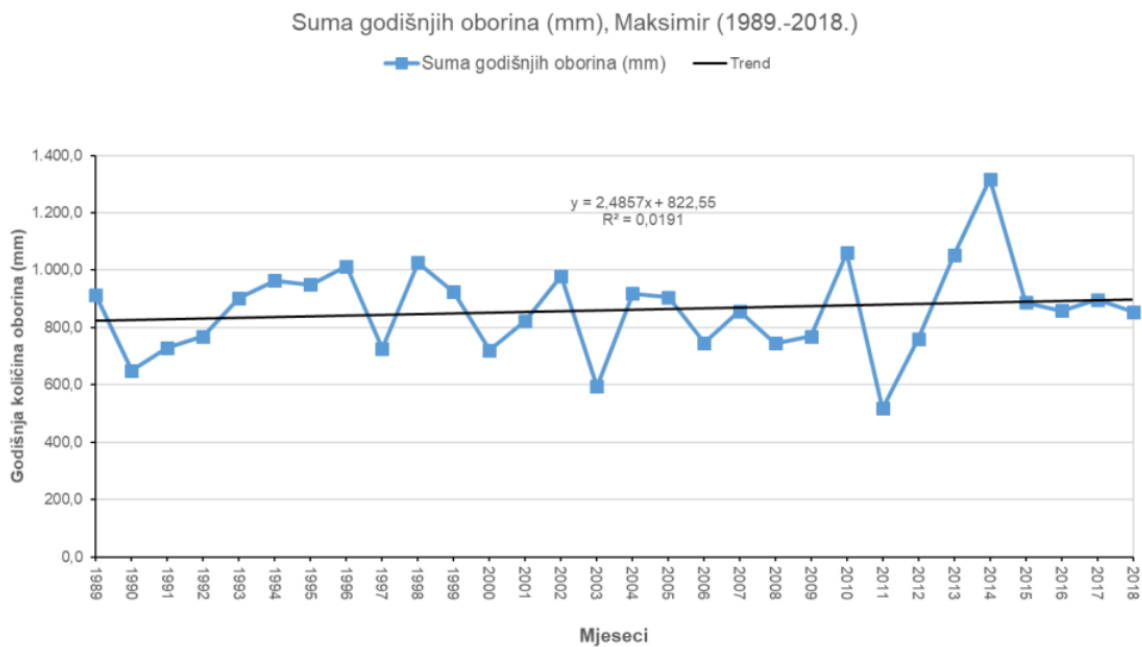
Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_ezo-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_ezo-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.

Najmanje oborina je palo tijekom 2011. godine, 517,0 mm, a najviše, 1.317,8 mm u 2014., pa je oborinska amplituda za navedeno razdoblje čak 800,8 mm što je manje od prosjeka za navedeno razdoblje. Najmanje oborina padne u veljači, u prosjeku 44,6 mm s rasponom od samo 1,5 mm u 1998. do 141,3 mm u 2014. No, i oborina, kao i temperatura ima pozitivan trend u navedenom razdoblju. Za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir broj dana sa snježnim pokrivačem iznosi 22. Prosječne višegodišnje vrijednosti za Zagreb pokazuju da se u 10 mjeseci može očekivati kako će od 10 dana 4 biti s oborinama, a u preostala 2 mjeseca na 10 dana dolaze 3 dana s oborinama.



Slika 3. Godišnji hod oborine.

Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_ezo-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_ezo-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.



Slika 4. Trend oborine.

Izvor: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001\\_ezo-sn-rugvica-lupoglav\\_ver\\_1-dopuna\\_2\\_2.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/4d/26/4d2652b0-4241-4b30-b3b4-9648aafc8ef2/vpb-teo-21-0001_ezo-sn-rugvica-lupoglav_ver_1-dopuna_2_2.pdf) - pristup 3.7.2023.

## 4. Materijali i metode istraživanja

### 4.1. Terenska istraživanja

Terenska istraživanja na području agroekosustava Lupoglav provedena su tijekom ožujka 2021. (slika 5.). Terenska pedološka istraživanja provedena su sukladno kriterijima i normativima izrade pedoloških karata mjerila 1:10.000. U okviru istraživanja na terenu je vršeno sondiranje tla, otvaranje pedološkog profila, uzorkovanje tla za laboratorijske analize, mjerenje infiltracijske sposobnosti tla za vodu te izračunavanje indeksa učinka drenskog rova. Na temelju opažanja izvršena je procjena trenutnog i potencijalnog stanja sustava odvodnje agroekosustava Lupoglav, kao i pojedinih mjera gospodarenja zemljištem i vodama.



Slika 5. Širi prikaz istraživanog područja Lupoglav sa crveno označenom lokacijom pedološkog profila

Za ispitivanje učinkovitosti drenskog rova i hidrauličkih parametara u laboratoriju, provedena su uzorkovanja tla u neporušenom stanju, utiskivanjem inoks cilindra volumena  $250 \text{ cm}^3$  na dvije dubine (80 i 100 cm) i dvije pozicije iste dubine, neposredno iznad drenske cijevi (Slika 6b). Neporušeni uzorci dostavljeni su u laboratorij na daljnju obradu.

Detaljnijim obilaskom šireg terena na navedenoj lokaciji utvrđeno je trenutno stanje hidromelioracijskog sustava odvodnje na obradivim površinama (slika 6c, d). Također, utvrđeno je nepostojanje izljeva cijevne drenaže u kanale III. i IV. reda, kao i nepostojanje oplavi, odnosno onemogućeno je nesmetano otjecanje drenske vode u kanale III. i IV. reda, a uslijed dugogodišnjeg zamuljenja recipijenata (slika 6c).

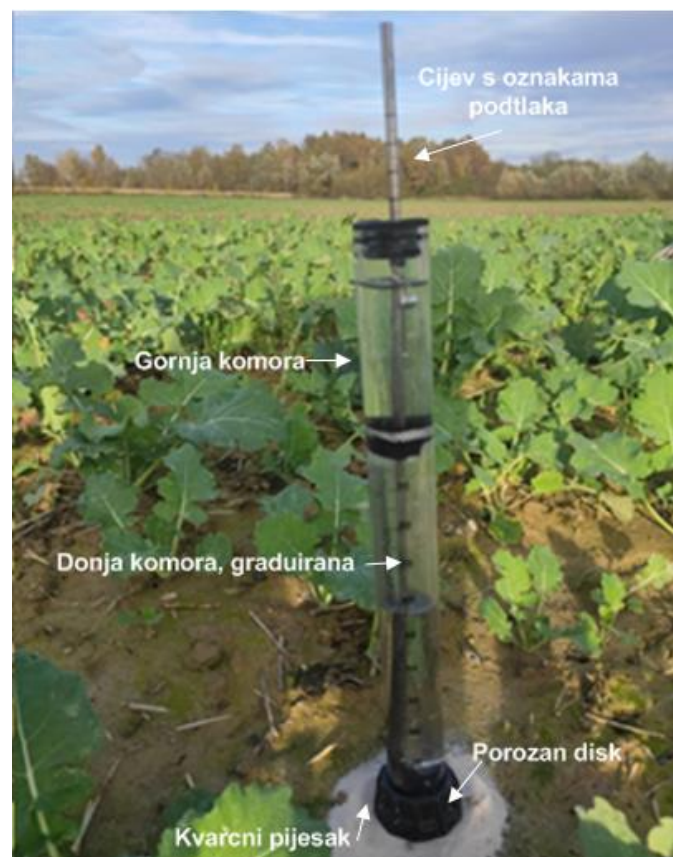


Slika 6. Prikaz pedološkog profila (a), uzimanja uzoraka tla u neporušenom stanju (b), zamuljenost kanala III. i IV. reda i nemogućnost oplavi (c) te prisutnost suvišnih površinskih voda (d) na lokaciji Lupoglav



Infiltracija predstavlja upijanje vode u tlo s njegove površine. Ovisi o strukturi i teksturi tla, udjelu organske tvari, vlažnosti tla te debljini i kvaliteti organskog horizonta tla. Mjeri se slojem upijene vode u jedinici vremena (cm/h), ili kao maksimalni kapacitet infiltracije koji se odnosi na maksimalnu količinu vode (sloj vode) koju tlo može upiti za kišnog vremena. Kod suhog tla govori se o inicijalnom stupnju infiltracije. Infiltracijom i povećanjem vlažnosti tla njezin stupanj se smanjuje i nakon određenog vremena se stabilizira (Pernar i sur., 2013), prelazeći u filtraciju.

Za utvrđivanje infiltracijske sposobnosti tla korištena je metode terenskog karaktera, pomoću mini disk infiltrmetra ukupne zapremnine 135 ml (gornja i donja komora) pri podtlaku od -0,05 do -0,1 kPa (slika 7.). Budući da različiti tipovi tala infiltriraju (upijaju) vodu različitim brzinama i intenzitetima, prije samog mjerenja potrebno je bilo prilagoditi infiltrmetar određenom mehaničkom sastavu postojećeg tla. Primjerice, za lakša tla i u uvjetima manje saturiranost tla vodom, potrebno je podesiti viši podtlak u komori infiltrmetra sa destiliranom vodom, dok je za teža tla i u uvjetima veće saturiranost tla vodom potrebno podesiti niži podtlak, a sukladno uputama proizvođača navedene opreme. Na svakoj pojedinoj lokaciji infiltracija je izmjerena u neposrednom krugu od nekoliko metara u 4 ponavljanja, sukladno mehaničkom sastavu ispitivanih tala.



Slika 7. Prikaz mjerenja infiltracijske sposobnosti tla pomoću mini disk infiltrmetra

Podaci o razini destilirane vode u stupcu infiltrometra bilježeni su kroz vremenski period kako bi se mogla odrediti trenutna i ukupna (kumulativna) infiltracijska sposobnost tla. Temeljem navedenog, dobivene vrijednosti infiltracije, odnosno hidrauličke vodljivosti nesaturiranog tla (K) su izračunate prema sljedećoj formuli:

$$K = \frac{C_1}{A}$$

gdje je:

K – hidraulička vodljivost nesaturiranog tla,

$C_1$  – nagib krivulje kumulativne infiltracije u odnosu na kvadratni korijen vremena,

A - vrijednost koja se odnosi na Van Genuchten parametre za određenu vrstu tla prema usisnoj brzini i radijusu diska infiltrometra.

#### 4.2. Laboratorijska istraživanja

Laboratorijska istraživanja fizikalnih i kemijskih svojstava tla, izvršena su na temelju standardnih metoda prema priručniku za pedološka istraživanja tla (Škorić, 1985) i HRN ISO normi. Za interpretaciju analitičkih podataka tla korištene su sljedeće granične vrijednosti:

Tablica 3. Fizikalna svojstva tla

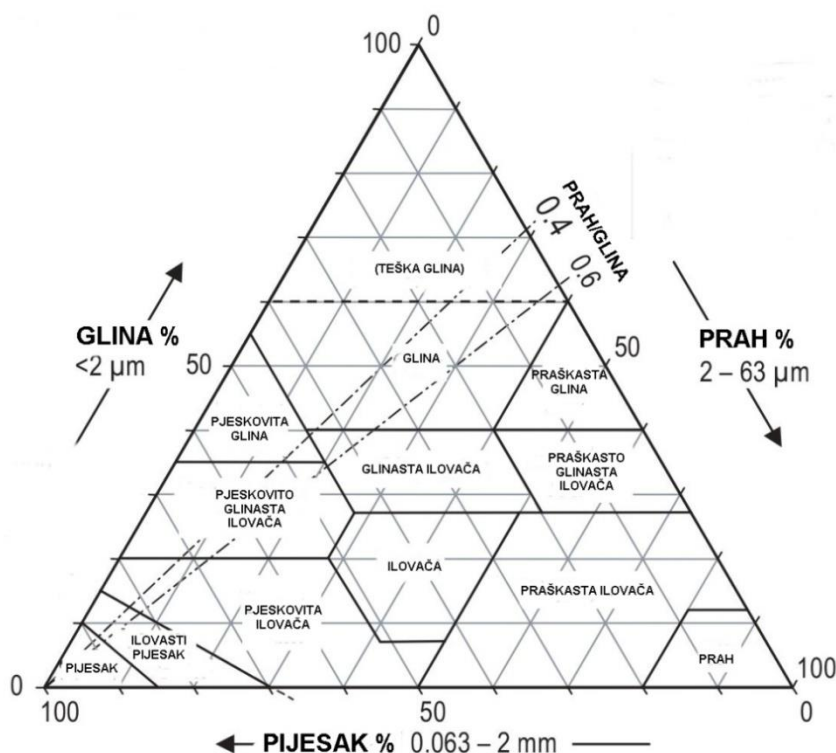
<i>Poroznost tla</i>		<i>Ocjena zbijenosti prema Renger-u</i>	
vrlo porozno	>60% pora	mala zbijenost	<1,4 g/cm <sup>3</sup>
porozno	45-60% pora	srednja zbijenost	1,4-1,75 g/cm <sup>3</sup>
malo porozno	30-45% pora	jaka zbijenost	>1,75 g/cm <sup>3</sup>
vrlo malo porozno	<30% pora		
<i>Stabilnost mikroagregata</i>		<i>Retencijski kapacitet tla za zrak</i>	
potpuno nestabilni	>10	vrlo velik	>16% vol
nestabilni	10-20	velik	12-16% vol
vrlo malo stabilni	20-30	osrednji	8-12% vol
mali stabilni	30-50	mali	4-8% vol.
dosta stabilni	50-70	vrlo mali	<4% vol

stabilni	70-90	<i>Retencijski kapacitet tla za vodu</i>
vrlo stabilni	>90	vrlo mali <25% vol
		mali 25-35% vol
		osrednji 35-45% vol
		velik 45-60% vol
		vrlo velik >60%

*Stabilnost makroagregata*

Vrijeme raspada	Stupanj stabilnosti
unutar 3 min	potpuno nestabilni
nakon 3 min, a unutar 30 min	nestabilni
nakon 30 min, a unutar 6 h (djelomično raspadanje) ili 12 h (potpuno raspadanje)	malo stabilni
slabo raspadanje nakon 12 h – 16 h	dosta stabilni
ne raspadaju se niti nakon 24 h	potpuno stabilni

*Za interpretaciju mehaničkog sastava tla korišteni su kriteriji i granične vrijednosti prema FAO.*



Tablica 4. Kemijska svojstva tla

<i>Reakcija tla (pH) u MKCl-u</i>		<i>Sadržaj humusa u tlu</i>	
jako kisela	<4,5	vrlo slabo humozno	<1%
kisela	4,5-5,5	slabo humozno	1-3%
slabo kisela	5,5-6,5	dosta humozno	3-5%
neutralna	6,5-7,2	jako humozno	5-10%
alkalična	>7,2	vrlo jako humozno	>10%
<i>Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem, mg/100 g tla P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O</i>		<i>Ukupni karbonati u tlu</i>	
Izrazito siromašna	< 5	CaCO <sub>3</sub> / %	Ocjena
Siromašna	5-10	< 10,0	slabo karbonatno
Umjereno siromašna	10-15	10,0 – 29,9	srednje karbonatno
Umjerena	15-20	≥ 30,0	jako karbonatno
Dobra	20-25		
Bogata	>25		
<i>Stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa tla bazama</i>			
V / %	Ocjena		
< 35,0	nizak stupanj zasićenosti		
35,0 – 64,9	osrednji stupanj zasićenosti		
≥ 65,0	visok stupanj zasićenosti		

Za laboratorijska istraživanja tla uzorci su naporedno nakon dopremanja postavljeni u neporušenom stanju na filter papir u posudu ispunjenu vodom kako bi se u potpunosti saturirali vodom (slika 8.). Vrijeme koje je potrebno da se uzorak potpuno saturira vodom ovisi o tipu tla, prvenstveno teksturi tla, te trenutačnoj vlažnosti uzroka, a u konkretnom slučaju vrijeme saturacije je bilo 10 dana.



a)



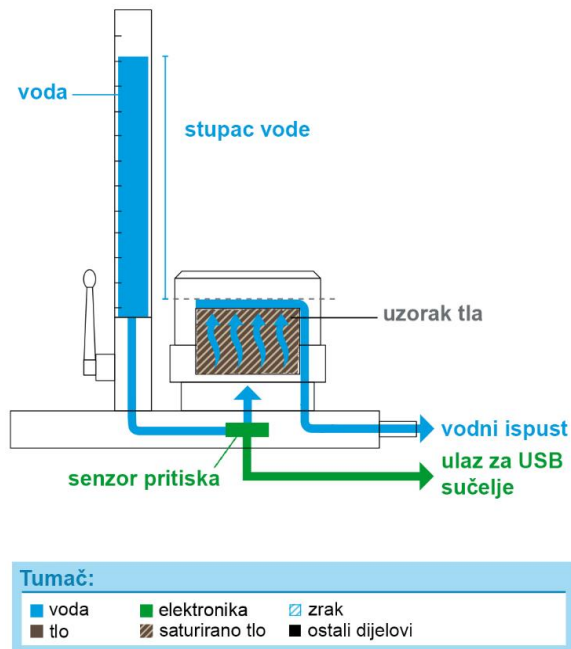
b)

Slika 8. Pripremljen uzorak prije (a) i nakon saturacije (b)

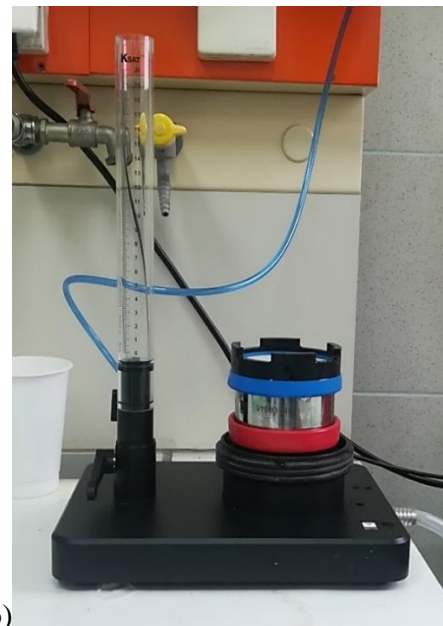
Saturirani uzorci tla su podvrgnuti mjeranju hidrauličke provodljivosti tla pomoću K-SAT uređaja, metodom padajućeg pritiska (eng. falling head technique), kojeg registrira senzor i automatski bilježi vrijeme temeljem čega se izračunava hidraulička provodljivost tla u saturiranim uvjetima ( $K_s$ ) izražena u  $\text{cm dan}^{-1}$  (Slika 9). Mjerenja se baziraju na Darcyjevoj jednadžbi (Darcy, 1856.) kojom je brzina kretanja vode kroz tlo proporcionalna hidrauličkom gradijentu i koeficijentu propusnosti:

$$K_s = - \frac{L \times V}{H \times A \times t}$$

gdje L predstavlja visinu uzorka tla, visina stupca vode u bireti (koja iznosi 5 cm po mjerenju) izražena je slovom H, površina uzorka slovom A, volumna količina vode slovom V, a vrijeme slovom t.



a)



b)

Slika 9. a) Shema K-SAT sustava i b) prikaz K-SAT sustava u MELILAB laboratoriju.

Nakon provedenog automatskog mjerenja uređaj ispisuje podatke o vremenskom trajanju potrebnom da poznati volumen prođe kroz cilindar tla (slika 9.).

Mjerenja na svim cilindrima provedena su u triplikatu radi statističkog izračuna. Krivulje vodopropusnosti uzoraka tla u drenskom rovu i neposredno pored drenskog rova, su na obje lokacije imale vrlo slične krivulje uz minimalna odstupanja, a što upućuje na vrlo slabu ili nikakvu učinkovitost drenskog rova, koji se definira na temelju indeksa  $V_t$  (tablica 5).

Tablica 5. Učinak drena na temelju indeksa  $V_t$  :

<b><math>V_t</math></b>	<b>Učinak drena</b>
$\leq 0$	Bez učinka
0,1-1	Vrlo slab
1.1-5	Slab
5.1-10	Umjeren
10.1-15	Dobar
15.1-20	Jak
$>20$	Vrlo jak

Nakon mjerenja vodopropusnosti, u istim neporušenim uzorcima je određena volumna gustoća sušenjem tla na 105°C do konstantne mase. Volumna gustoća ( $\text{g cm}^{-3}$ ) izračunata je prema sljedećem izrazu:

$$d_s = \frac{\text{masa apsolutno suhog tla}}{\text{volumen tla}} [\text{g cm}^{-3}] \quad (2)$$

Podatak o volumnoj gustoći tla koristio se za izračun indeksa učinka drenskog rova ( $V_t$ ):

$$V_t = \left( \frac{d_s - d_t}{d_s} \right) * 100 \quad (3)$$

gdje  $d_s$  predstavlja volumnu gustoću ( $\text{g/cm}^3$ ) neporušenog tla izvan drenskog rova, a  $d_t$  volumnu gustoću ( $\text{g cm}^{-3}$ ) u drenskom rovu (Husnjak i sur., 2005).

## 5. Pedološke značajke

Pseudoglejni način vlaženja podzemnom vodom ne dopire unutar gornje zone tla od 0 do 100 cm dubine. Gornji dio profila formiran je od slabo vodopropusnog i zbijenog iluvijalnog i pseudoglejnog horizonta. Takvi razlozi dovode do slabijeg procjeđivanja površinske vode koja se ne može dovoljno brzo filtrirati u dublja područja i počinje stagnirati na površini, što dovodi do prekomjernog vlaženja. Navedeno ilustrira značajna ograničenja ovog tla u obradivim površinama i proizvodnji povrća. Osnovna fizikalno-kemijska svojstva istraživanog tipa tla prikazana su u tablicama 6-10. Struktura tla od 0 do 35cm dubine u obrađenom sloju je praškasta ilovača, a dubljim slojevima je praškasto glinasta ilovača. Makroagregati su nestabilni do malo stabilni, dok su mikroagregati dosta stabilni. Ostala fizikalna svojstva su dosta nepovoljna. Tlo u kultiviranom sloju je mikroporozno, kapacitet tla za upijanje vode je umjeren, a propusnost tla za zrak mala. Rezultati gustoće zrna upućuju na umjerenu do jaku zbijenost podzemnog horizonta, što ukazuje na potrebu za vertikalnim dubinskim rahljenjem podzemnog horizonta. Rezultati kemijskih svojstava pokazuju da je tlo nekarbonatno, reakcija tla uglavnom je jako kisela, a sadržaj humusa je u rangu slabo humusnog tla. Tla s osnovnim biološkim hranjivim tvarima sadrže niske razine fosfora i umjerene razine kalija. Zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla je umjerena.

## 5.1. Osnovna mehanička, fizikalna i kemijska svojstva tla istraživanog područja Lupoglav

Tablica 6. Mehanički sastav tla na projektnom području Lupoglav

Br. profila	Sistematska jedinica tla	Dubina cm	Sadržaj mehaničkih čestica (%) u Na-pirofosfatu					Teksturna oznaka*	Stabilnost makro-agregata	Stabilnost mikroagregata	
			Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina			Ss	Ocjena
3	Pseudoglej na zaravni, srednje duboki, drenirani	0-35	1,6	12,9	36,8	29,3	19,4	PrI	Nestabilni	54,9	Dosta stabilni
		35-70	0,4	7,9	33,5	30,1	28,1	PrGI	Malo stabilni	69,8	Dosta stabilni
		70-100	0,0	2,3	29,3	35,8	32,6	PrGI			

Tumač kratica: PrI- praškasta ilovača, I- ilovača, PrGI- praškasto-glinasta ilovača, PrG- praškasta glina, G-glina



Tablica 7. Osnovna fizikalna svojstva tla na projektnom području Lupoglav

Broj profila	Sistematska jedinica tla	Dubina cm	rv g/cm <sup>3</sup>	rč g/cm <sup>3</sup>	P		Kv		Kz		GP* g/cm <sup>3</sup>
					% vol.	Ocjena	% vol.	Ocjena	% vol.	Ocjena	
3	Pseudoglej na zaravni, srednje duboki, drenirani	0-35	1,50	2,59	42,1	Malo porozno	37,1	Osrednji	4,9	Mali	1,67
		35-70	1,44	2,62	44,9	Malo porozno	38,9	Osrednji	5,9	Mali	1,69
		70-100	1,54	2,62	41,1	Malo porozno	39,7	Osrednji	1,4	Vrlo mali	1,83
		70-100	1,39	2,73	49,3	Porozno	46,9	Velik	2,4	Vrlo mali	1,74

\*Tumač kratica: rv = gustoća volumna, rč = gustoća čvrstih čestica, P = ukupni porozitet, Kv = retencijski kapacitet tla za vodu, Kz = kapacitet tla za zrak, GP = gustoća pakovanja

\* Granične vrijednosti za gustoću pakovanja: < 1,40 slabo zbijeno; 1,40 - 1,75 srednje zbijeno tlo; > 1,75 jako zbijeno tlo

Tablica 8. Osnovna kemijska svojstva tla na projektnom području Lupoglav

Broj profila	Sistematska jedinica tla	Dubina cm	Reakcija tla (pH) u		Ocjena pH	Humus %	Ocjena humoznosti
			H <sub>2</sub> O	KCl			
		115-200		7,4	Alkalična		
3	Pseudoglej na zaravni, srednje duboki, drenirani	0-35	5,8	4,3	Jako kisela	1,7	Slabo humozno
		35-70	5,5	4,2	Jako kisela	0,64	Vrlo slabo humozno
		70-100	5,5	4,2	Jako kisela	0,60	Vrlo slabo humozno

Tablica 9. Opskrbljenost tla hranjivima na projektnom području Lupoglav

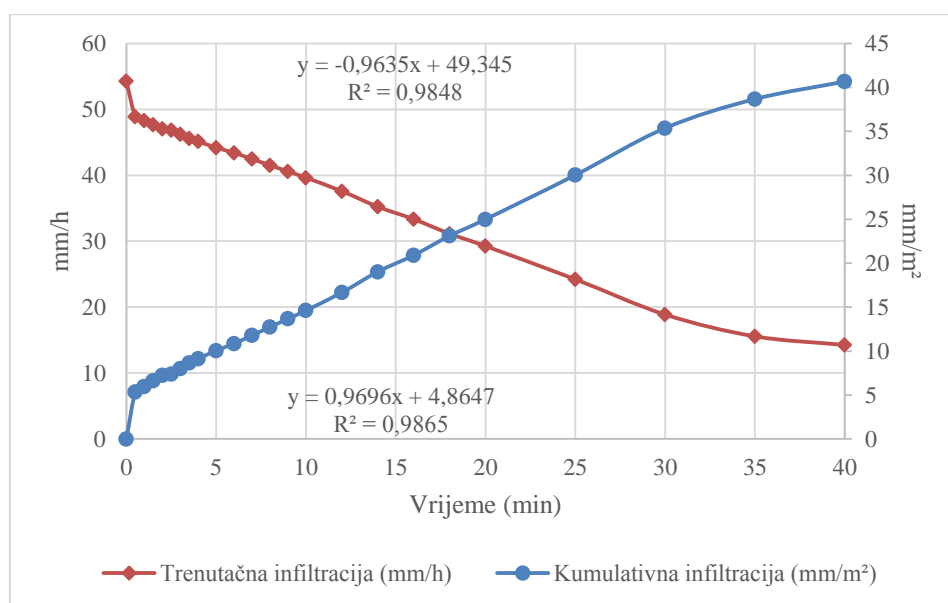
Broj profila	Dubina cm	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	Ocjena opskrbljenosti	K <sub>2</sub> O mg/100g	Ocjena opskrbljenosti
3	0-35	6,9	Siromašna	14,0	Umjereno siromašna
	35-70	1,1	Izrazito siromašna	9,4	Siromašna
	70-100	1,5	Izrazito siromašna	9,1	Siromašna

Tablica 10. Hidropedološke konstante tla na projektnom području Lupoglav

Oznaka profila	Dubina cm	Kv* (0,33 b)	Tv* (15 b)	Fav*
		mas.%		
3	50-95	41,00	19,00	22,00
	0-35	31,35	13,60	17,75
	35-70	35,47	17,10	18,37
	70-100	39,36	19,87	19,49

## 5.2. Infiltracija tla

Rezultati mjerenja infiltracijske sposobnosti tla na istraživanoj lokaciji Lupoglav grafički su prikazani na slici 10. Na grafu, plava linija prikazuje kumulativnu infiltraciju (količina vode u mm koja se upija kroz određeno vrijeme), dok crvena linija prikazuje trenutačnu infiltraciju (količina vode koja se upija u jedinici vremena). Na parceli projektnog područja Lupoglav najveća izmjerena vrijednost infiltracije je iznosila 8,4 mm/sat, a najmanja 1,8 mm/sat, dok je srednja vrijednost infiltracije bila 5,0 mm/sat.



Slika 10. Rezultat mjerenja infiltracije na parceli projektnog područja Lupoglav

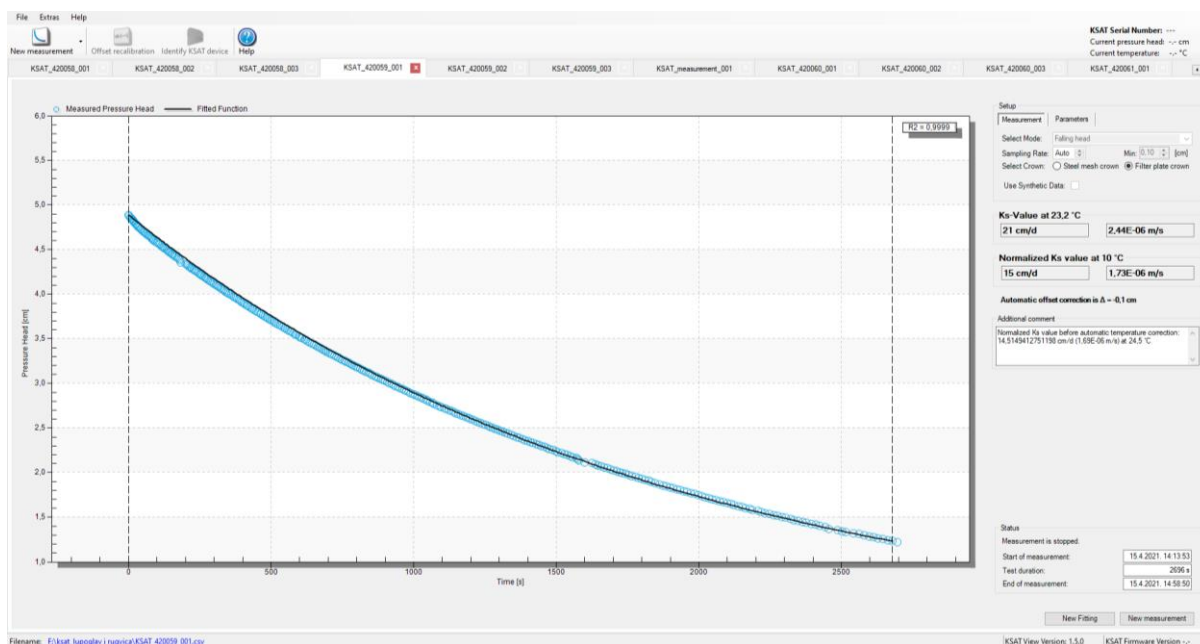
Uvažavajući klase infiltracijske sposobnosti tla nakon jednog sata kišenja, može se zaključiti kako tlo na projektnom području Lupoglav pripada klasi vrlo niske infiltracijske sposobnosti. Međutim, potrebno je napomenuti da je navedena klasifikacija (tablica 11) više prilagođena drugoj metodi mjerenja infiltracije (tzv. double ring infiltrometer) i za uvjete ne saturiranosti tla vodom u sušnom (ljetnom) periodu te bi stoga bilo poželjno navedena mjerenja ponoviti u ljetnom razdoblju.

Tablica 11. Klase tala prema mogućnosti infiltriranja vode nakon 1 sata kišenja

Klasa	Infiltracija (mm/sat) nakon 1 sata kišenja
Vrlo niska	<5
Niska	5-15
Srednje	15-25
Visoka	25-50
Vrlo visoka	>50

## 5.3 Izračunavanje funkcionalnosti drenskog rova

Mjerenja na svim cilindrima provedena su u triplikatu radi statističkog izračuna. Krivulje vodopropusnosti uzoraka tla u drenskom rovu i neposredno pored drenskog rova su na obje lokacije imale vrlo slične krivulje uz minimalna odstupanja (slika 11.), a što upućuje na vrlo slabu ili nikakvu učinkovitost drenskog rova.



Slika 11. Prikaz krivulja vodopropusnosti u računalnom programu K-SAT

Prosječna vrijednost vodopropusnosti na dubini od 80 cm u drenskom rovu iznosila je 14 cm dan<sup>-1</sup>, a izvan drenskog rova iznosi 16 cm dan<sup>-1</sup>, dok na dubini od 100 cm prosječna vrijednost vodopropusnosti u drenskom rovu iznosi 5,5 cm dan<sup>-1</sup>, a izvan drenskog rova iznosi 4,8 cm dan<sup>-1</sup> (tablica 12).

Tablica 12. Prosječne vrijednosti vodopropusnosti na lokaciji Lupoglav

Dubina (cm)	Položaj uzorkovanja cilindra	Prosječna vrijednost vodopropusnosti (cm dan <sup>-1</sup> )
80	drenski rov	14
	izvan drenskog rova	16
100	drenski rov	5,5
	izvan drenskog rova	4,8

Indeks učinka drenskog rova iznosi 9,6 (na dubini od 80 cm) i 5,8 (na dubini od 100 cm) što ga svrstava u kategoriju umjerenog učinka (tablica 13).

Tablica 13. Procjena učinkovitosti drena na lokaciji Lupoglav

<b>Dubina (cm)</b>	<b>Položaj uzorkovanja cilindra</b>	<b>Volumna gustoća tla (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Indeks učinka drenskog rova (V<sub>t</sub>)</b>	<b>Učinak drena</b>
80	drenski rov	1,49	9,6	Umjeren
	izvan drenskog rova	1,64		
100	drenski rov	1,47	5,8	Umjeren
	izvan drenskog rova	1,56		

## 6. Rasprava

Kao što je već ranije spomenuto sustava osnovne i detaljne odvodnje na prostoru istraživanog područja Lupoglav izgrađen je tijekom 1987. godine. Veći dio poljoprivrednog zemljišta nalazi na terenu na kojemu je pored sustava osnovne odvodnje kanalskom mrežom, izgrađeni i sustav detaljne odvodnje podzemnom cijevnom drenažom, te su stoga tla na tom terenu tretirana kao drenirana. Na manjem dijelu, izgrađena je samo osnovna odvodnja kanalskom mrežom te su stoga ta tla tretirana kao nedrenirana. Međutim, prilikom izgradnje sustava odvodnje na spomenutim površinama, projektirani su i izvedeni kombinirani površinsko-podzemni sustavi odvodnje ovisno o vrsti tla (pseudoglej, pseudoglej-glej i amfiglej). Kombinirani su otvoreni kanali raznih kategorija i sustav klasične podzemne cijevne drenaže. Radi starosti i neredovitog održavanja sustava odvodnje, na spomenutom području provedeno je istraživanje kako bi se ustanovilo trenutno stanje i funkcionalnost istog.

Na temelju provedenih laboratorijskih i terenskih hidropedoloških istraživanja tla na području Lupoglav, utvrđena je nefunkcionalnost podzemnog sustava (cijevne drenaže) i dijela površinskog sustava odvodnje melioracijskim kanalima. Razlozi i uzroci nefunkcioniranja sustava pobrojani su niže.

- 1) Prilikom izgradnje sustava podzemne cijevne drenaže u drenske rovove nije ugrađivan filter materijal. Budući da su na istraživanom dreniranom zemljištu prisutna uglavnom tla težeg mehaničkog sastava (praškasto glinasto ilovaste i praškasto glinaste teksture) koja obilježava slaba do vrlo slaba vertikalna vodopropusnost, onemogućen je dotok suvišnih površinskih (oborinskih) voda u sustav drenskih cijevi, a time je i onemogućeno funkcioniranje podzemnog sustava cijevne drenaže.
- 2) Velika zbijenost čestica tla još je jedna činjenica koja doprinosi nefunkcioniranju sustava. Uz to, kapacitet tla za zrak je mali do vrlo mali, što ukazuje na nedostatak drenirajućih pora.
- 3) Utvrđeni je umjeren indeks učinka drenskog rova, međutim krivulje vodopropusnosti uzoraka tla u drenskom rovu i neposredno pored drenskog rova su gotovo identične s minimalnim odstupanjima što upućuje na vrlo slabu ili nikakvu učinkovitost.
- 4) Zbog neredovitog održavanja kanalske mreže onemogućeno je nesmetano otjecanje drenske vode u kanale III. i IV. reda (izljevi cijevne drenaže u kanale III. i IV. reda nisu utvrđeni, kao i nepostojanje oplavi).
- 5) Prilikom čišćenja kanalske mreže uklanjanjem višegodišnje hidrofilne vegetacije i izmuljivanja profila kanala III. i IV. reda, došlo je do uništenja izljeva na oko 90 % drenskih cijevi čime je uvelike smanjeno ili potpuno onemogućeno otjecanje vode iz njih u sabirne kanale (slika 12.).

- 6) Zbog neredovitog izvođenja agrotehničkih mjera podrivanja u praksi, koja bi se u teoriji trebala izvoditi svakih 3 - 5 godina, onemogućeno je otjecanje suvišne površinske vode do drenskih cijevi, što ujedno dovodi i do nefunkcionalnosti sustava odvodnje.
- 7) Izgrađeni sustav star je oko 40 godine. Stoga se ovdje napominje da je veći broj država članica EU usvojio stav i kriterije Europske komisije po kojem se drenažni sustavi smatraju zastarjelima i slabo funkcionalnima ako su stariji od 30 – 35 godina (ENRD, 2023). U slučaju potvrde njihove slabe funkcionalnosti, mogu se otpisati.



Slika 12. Neodržavana kanalska mreža na istraživanom području (lijevo) i nestručno izmuljivanje kanalske mreže sa oštećenim izljevima cijevne drenaže (desno).

Iako sustav odvodnje detaljne kanalske mreže na istraživanom području Lupoglav je u funkciji, njegova je učinkovitost znatno smanjena i to posebno na dionicama gdje kanalska mreža nije redovito i odgovarajuće održavana (slika 12.). Također, na dijelu istraženih površina utvrđene su mikro depresije koje tijekom vlažnih perioda i nakon obilnijih oborina redovito akumuliraju znatnu količinu površinskih voda i na taj način otežavaju i/ili onemogućavaju određene agrotehničke operacije (sjetvu, berbu, gnojidbu, kultivaciju i sl.). Procjenjuje se da navedeni podzemni sustav cijevne drenaže jedino može imati vrlo ograničeno djelovanje na odvođenje suvišnih površinskih voda te ograničeno djelovanje na odvođenje podzemnih voda, a koje se na istraživanom području redovito javljaju i fluktuiraju u zonu rizosfere.

Na temelju svega navedenog, može se zaključiti, da iako su sva predmetna tla hidromeliorirana, razina problema vezanog uz trajanje i intenzitet prekomjernog vlaženja suvišnom površinskom i podzemnom vodom, samo je malim dijelom smanjena u odnosu na istu prije izgradnje sustava odvodnje. Stoga bi kao jedna od realnih i logičnih mogućih mjera bila upravo izgradnja novog podzemnog sustava odvodnje na predmetnom području.

Na tlima male i vrlo male vodopropusnosti; najčešće su to tla vertičnih obilježja s velikim udjelom gline u teksturnom sastavu, preporuča se korištenje hidrauličkih ili kontaktnih filtara koji se u literaturi još nazivaju i filtri drenažnog jarka (Petošić, 2003). Osnovna zadaća tog filtra jest poboljšanje dotjecanja (pot)površinske slabo procjedne i stagnirajuće vode kroz drenažni jarak prema cijevnoj drenaži. Naime, hidraulični filtar unutar drenažnog jarka povećava hidrauličku provodljivost te uspostavlja izravan kontakt u dotoku vode s gornje etaže sa cijevnom drenažom, odnosno donjom etažom kombiniranog sustava odvodnje. Do izravnog kontakta dolazi zbog dodatnih agromelioracijskih zahvata krčenja i/ili rahljenja tla. Kao hidraulički filtar mogu se koristiti različiti prirodni ili umjetni materijali (šljunak, tucani kamen, otpatci crijepa, pilovina, granule stiropora).

Vertikalno dubinsko rahljenje ili podrivanje kao agromelioracijski zahvat u tlu, isto kao i krtična drenaža, može se primjenjivati zasebno ili u kombinaciji s sa sustavom cijevne drenaže (Petošić, 2003). Najnovije tehnike dubinskog rahljenja tla temelje se na „lomljenju“ tla, a da se ono ne „podiže i slaže“ u brazde. Dubinsko vertikalno rahljenje tla u sustavu kombinirane odvodnje (za razliku od krtične drenaže) najviše je našlo svoju primjenu na pseudoglejnim i pseudoglej-glejnim tlima. Drugim riječima, na tlima koja imaju problem sa suvišnim (pot)površinskim vodama koje stagniraju na slabo propusnom ili nepropusnom, uglavnom plitkom horizontu. Ta tla odlikuju se i vrlo nestabilnom praškastom strukturnom građom zbog velikog udjela praha u mehaničkom sastavu tla. Sadržaj gline u tih tala najčešće je manji od 30 %. Da bi učinkovitost dubinskog rahljenja tla bila što bolja, potrebno je podrivanje izvoditi kada je vodni potencijal tla nizak, a to je u agroekološkim uvjetima Hrvatske tijekom ljeta, obično poslije žetve ozimih kultura te poslije košnje djetelina i trava (Petošić, 2003). Potrebno je napomenuti da duboko rahljena tla velikim dijelom gube svoju raniju nosivost neposredno nakon izvođenja podrivanja, zbog čega su u humidnim godinama vrlo osjetljiva na pritisak. Sva tla koja ispod duboko rahljenog sloja nisu dovoljno vodopropusna obvezatno moraju biti drenirana cijevnom drenažom, a napose vertična tla. Zbog toga, dubinsko rahljenje glinastih tala bez odgovarajućeg sustave kombinirane detaljne odvodnje (cijevne drenaže s ugrađenim hidrauličkim filterom) može prouzročiti više štete nego koristi.



## 7. Zaključci

Istraživanje se provodilo s ciljem utvrđivanja trenutnog stanja i funkcionalnosti postojećeg sustava površinske i podzemne odvodnje na prostoru područja agroekosustava Lupoglav. Rezultati istraživanja su pokazali nefunkcionalnost postojećeg podzemnog sustava (cijevne drenaže) i dijela površinskog sustava odvodnje melioracijskim kanalima. Utvrđenu su slijedeći razlozi i uzroci nefunkcioniranja sustava: prilikom izgradnje nije ugrađivan filter materijal, neredovito i nestručno održavanje, te ne provođenje dodatnih agrotehničkih mjera podrivanja, kao i sama starost sustava odvodnje (oko 36 godina).

S obzirom na utvrđena ograničenja i procijenjenu pogodnost tla za navodnjavanje na istraživanom projektnom području Lupoglav, posebno se napominje da je nužno osigurati u potpunosti funkcioniranje sustava osnovne te posebno sustava detaljne odvodnje s obzirom da je danas ona nefunkcionalna. Tek nakon uređenja zemljišta, odnosno uspostavljanja funkcioniranja sustava odvodnje, predlaže se graditi sustav navodnjavanja.

## 8. Popis literature

1. Belić, M., Nešić, Lj., Ćirić, V. (2014.): Praktikum iz pedologije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 90.
2. Čoga, L., Slunjski, S. (2018.): Dijagnostika tla u ishrani bilja. Priručnik Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta. Zagreb. 48-73.
3. Darcy, H. (1856) In: Dalmont, V., Ed., Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon: Exposition et Application des Principes a Suivre et des Formulesa Employer dans les Questions de Distribution d'Eau. Paris, 647 p.
4. DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod. [http://www.dhmz.htnet.hr/klima/klima.php?id=klima\\_elementi&param=do](http://www.dhmz.htnet.hr/klima/klima.php?id=klima_elementi&param=do) – pristup 05.07.2023.
5. Dugalić, G. J., Gajić, B. A. (2005.): Pedologija praktikum. Agronomski fakultet, Čačak, 173.
6. ENRD (2023). European Network of Rural Development (ENRD). ([https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/w11\\_anc\\_guidance\\_fine-tuning.pdf](https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/w11_anc_guidance_fine-tuning.pdf)) – pristupljeno 1.7.2023.
7. Husnjak, S., Vidaček, Ž., Racz, Z. 2005. Stanje i učinak drenskog rova na dreniranim tlima Sliva Karašice-Vučice. Hrvatske vode, 13 (15), 131-145.
8. Mitrikeski, J., Mitkova, T. (2001.): Praktikum po pedologija. Makedonska riznica, Kumanovo, 165.
9. Odluka o određivanju osjetljivih područja (NN 81/10, 141/15)
10. Ondrašek, G. Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 2015.
11. Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I. (2013.): Terenska i laboratorijska istraživanja tla priručnik za uzorkovanje i analizu. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 192.
12. Petošić, D., Husnjak, S., Mustać, I., Bakić, H., Filipović, V., Stričević, I., Knežević, D. (2015). Inventarizacija sustava podzemne odvodnje na poljoprivrednim površinama u Republici Hrvatskoj, ocjena stanja i preporuke za obnovu i održavanje-CRORED. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za melioracije, Zagreb.
13. Petošić, D. (1993). ). Funkcionalnost sustava detaljne odvodnje u Posavini. Disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 140 str.
14. Petošić, D. (2003). Funkcionalnost sustava detaljne odvodnje. Hrvatske vode, 45: 515-523.
15. Petrošić, D. (1994). Trajnost učinka drenažnog jarka na vertičnom hidromelioriranom eugleju u Posavini. Hrvatske vode, 5/94.
16. Prostorni plan uređenja Općine Brckovljani (Službeni glasnik Općine Brckovljani: 12/06, 01/13, 05/14, 07/15, 08/16, 09/18.)

17. Savić, R., Ondrašek, G., Josimov-Dundjerskia J. (2015). Heavy metals in agricultural landscapes as hazards to human and ecosystem health: a case study on zinc and cadmium in drainage channel sediments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3): 466-470
18. Trouche, G. (1978). Materieles de drainage et declament associe: in „Aspect agronomiques du drainage“ CR ENSSA, Dijon, pp 19-23.
19. Vidaček, Ž. (1991). Kontrola i održavanje sustava cijevne drenaže. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo-Odvodnjavanje, Knjiga 6-Održavanje, Zagreb, str. 155-170.
20. Vidaček, Ž. (1998). Gospodarenje melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja. Udžbenik. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, 168 str.
21. Vidaček, Ž., Čamdžić, S., Racz, Z., Marušić, J. (1991). Iskustva i preporuke za racionalno korištenje dreniranih površina. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo-Odvodnjavanje, Knjiga 6-Održavanje, Zagreb, str. 143-154.

## **Životopis**

Ivan Klaić rođen je 08.08.1994. u Zagrebu. Osnovno i srednje obrazovanje stekao je u Zagrebu. Pohađao je srednju Veterinarsku školu. U Zagrebu 2015. godine započeo je visoko obrazovanje na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na preddiplomskom studiju Poljoprivredna tehnika. Završio je 2019./2020. preddiplomski studij Poljoprivredna tehnika i postaje sveučilišni prvostupnik inženjer agronomije. Godine 2020. upisuje diplomski studij Poljoprivredna tehnika smjer Melioracije. Tijekom studiranja predstavlja Agronomski fakultet na sportskim natjecanjima u rukometu. Za vrijeme studiranja radi različite studentske poslove. Najviše je radio u McDonald'su, gdje dobiva priznanja za najboljeg djelatnika godine. Studiranjem steče znanje rada u računalskim programima Wordu i Excelu. Godine 2021. završava program za trenera rukometa na Sportskom učilištu. Volontira kao trener i postiže odlične uspjehe na hrvatskim i svjetskim natjecanjima.