

**OSJETLJIVOST POLJOPRIVREDNOG TLA NA PROPUŠTANJE
ONEČIŠĆIVAČA, RANJIVOST PODZEMNE VODE NA
ONEČIŠĆENJE I NITRATI U DRAVSKO-PLITVIČKOJ
NIZINI VARAŽDINSKE ŽUPANIJE**

SENSITIVITY OF AGRICULTURAL SOIL TO LEACHING OF
POLLUTANTS, VULNERABILITY OF GROUND WATER TO
POLLUTION AND NITRATES IN DRAVA-PLITVICA
LOWLAND OF VARAŽDIN COUNTY

Ž. Vidaček, M. Plantak

SAŽETAK

U dravsko-plitvičkoj aluvijalnoj nizini na oko 26.594 hektara dijela varaždinske županije, dominiraju obradive površine. Od toga je zapušteno 1.103 hektara. Poljoprivredno zemljište je na automorfim antropogeniziranim i hidromorfim djelomično hidromelioriranim tlima. Automorfna tla su vlažena vrlo brзом procjednom oborinskom vodom. Hidromorfna tla su vlažena procjednom vodom različitih brzina i/ili podzemnom vodom različite dubine. U priobalju i zaobalju gornjeg i srednjeg toka rijeke Plitvice, vrlo su slabo osjetljiva poljoprivredna tla na propuštanje onečišćivača (klasa I). Slabo osjetljiva tla na propuštanje onečišćivača (klasa II) i umjereno osjetljiva poljoprivredna tla (klasa III), dominiraju na istočnom području plitvičko dravske aluvijalne nizine. Na sjeverozapadu nizine su pretežno poljoprivredna obradiva tla umjerene (klasa III) i jake (klasa IV) osjetljivosti na propuštanje onečišćivača, slika 1 i tablica 2.

Podzemna voda u aluvijalnom vodonosnom sloju dravsko-plitvičke nizine jako je ranjiva na onečišćenje nitratima.

Na kontrolnim poljima Bartolovec i Nova Ves u četverogodišnjem razdoblju istraživanja, najveća jednokratna koncentracija nitrata u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 314,5 mg NO₃/l odnosno amonijačnog dušika 3,8 mg NH₄⁺/l. U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo jednokratno 338,5 mg NO₃/l i 3,0 amonijačnog dušika, tablice 7-10.

Ključne riječi: poljoprivredno tlo, podzemna voda, onečišćenje, mineralni nitrati

ABSTRACT

In the Dravsko-Plitvice alluvial plain of around 26,594 hectares of Varaždin County, dominated arable land. Out of that, as much as 1,103 hectares are neglected. Agricultural land is on automorphic anthropogenised and hydromorphic partly hydromeliterated soils. Automorphic soils are moistened by very fast percolated precipitation. The hydromorphic soils are moistened by surface water of varying percolation rate and / or groundwater of different depths. In the large areas of the upper and middle stream of the river Plitvice, are very poorly sensitive agricultural soils on the leaching of pollutants (Class I). Poor agricultural soil classes sensitive to leaching of pollutants (class II) and moderately sensitive agricultural soil (class III), dominate in the eastern part of the Plitvice river alluvial plains. In the north-west are predominantly agricultural soils of moderate (class III) and strong (class IV) sensitivity to leaching of pollutants, Figure 1 and Table 2.

Groundwater in the alluvial aquifer of the Drava-Plitvica plain is severely vulnerable to nitrate pollution.

In the four-year study period of the Bartolovec and Nova Ves control fields, the highest one-off concentration of nitrate in the leached water from gravitational lysimeters was 314.5 mg NO₃⁻/l or ammonium nitrogen 3.8 mg NH₄⁺/ l. In leached water from tensiometric lysimeters, the highest nitrate was 338.5 mg NO₃⁻/l and 3.0 ammonia nitrogen, Tables 7-10.

Key words: agricultural soil, groundwater, sensitivity to pollution, mineral nitrates

UVOD

Zaštita poljoprivrednog zemljišta i podzemnih voda u Hrvatskoj, regulirani su Zakonom o poljoprivrednom zemljištu, Nitratnom direktivom, Zakonom o zaštiti voda, odgovarajućim akcijskim planovima i odlukama nacionalnih vlada i nadležnih ministarstava.

Prilog operacionalizaciji navedene problematike su mnoga znanstvena istraživanja i razvojno-istraživački programi iz domene utjecaja poljoprivrede na onečišćenje tla i podzemnih voda, uključujući onečišćenje podzemne vode nitratima i amonijačnim dušikom iz poljoprivrede.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

U zavodu za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, realizirano je nekoliko znanstvenih projekata i razvojno-istraživačkih programa.

Znanstveni projekt „Zaštita tla i voda u agroekosustavima“ (2002.), financiralo je Ministarstvo znanosti i tehnologije, a "Kontrolu stanja i efekata hidro i agromelioracija i zagađivanja tla i voda u slivu Karašice i Vučice" (1991.-1996.), financirale su Hrvatske vode. Projekt "Hidropedološka karta Republike Hrvatske" 2004. i razvojno-istraživački program „Osjetljivosti tla i ranjivost podzemne vode na onečišćenje s površine poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj s kartom“ 2008.-2009., isto tako su financirale Hrvatske vode. Razvojno-istraživački program „Utjecaj poljoprivrede na kakvoću podzemnih voda u Međimurskoj županiji“ (2003.-2008.), financirale su Međimurske vode d.o.o. U dijelu programa studijsko-razvojnog projekta „Utjecaj onečišćenja na kvalitetu podzemne vode prvog i drugog sloja u varaždinskoj županiji“, izvršena su „Istraživanja utjecaja poljoprivredne biljne proizvodnje na kvalitetu podzemnih voda“ (2003.-2006.), koje je financirao „Varkom“ Varaždin. Dio vlastitih i neobjavljenih rezultata autora predstavljen je u ovom radu.

1. Poljoprivredno zemljište

U dravsko-plitvičkoj aluvijalnoj nizini na oko 26.594 hektara dijela varaždinske županije, dominiraju obradive površine. Oranica ima 23.230 ha, voćnjaka i trajnih nasada 114 ha, te vinograda 20 ha. Ostalo su livade i pašnjaci 2.126 ha i zapuštene poljoprivredne površine 1.103 hektara. Oranice, voćnjaci i vinogradi su na automorfne tlima¹, a livade i pašnjaci uglavnom na hidromorfne tlima².

Jedno od osnovnih obilježja poljoprivrednog zemljišta i/ili poljoprivrednih gospodarstava u varaždinskoj županiji je njihova usitnjenost i rascjepkanost. Prosječna površina parcela je manja od pola hektara. Najveće površine su pšenice, ječma, kukuruza, tikvi, krumpira i kupusnjača.

¹ Automorfna tla: vlaženje brzom procjednom oborinskom vodom bez dopunskog vlaženja i zadržavanja

² Hidromorfna tla: vlaženje sporom i/ili stagnirajućom procjednom vodom sa ili bez podzemne vode

2. Zastupljenost tala

Poljoprivredno zemljište dravsko-plitvičke aluvijalne nizine je na automorfnim i hidromorfnim tlima. Pedosistematske jedinice automorfnih tala su rendzina ilovasto pjeskovita ekscesivno ocjedita, ranker ilovasti, distrično i eutrično smeđe ilovasto i lesivirano ilovasto dobro ocjedita tla. Na današnjem stupnju korištenja i razvoja, automorfna tla su antropogenizirana ovisno o intenzitetu i obimu korištenja, te degradaciji prirodnih fizikalnih, kemijskih i bioloških značajki, uključujući zbijanje tla, gubitak humusa, kvarenje strukture, zakiseljavanje i zadržavanje onečišćivača.

Pedosistematske jedinice hidromorfnih tala su: aluvijalna, semiglejna, psudoglej-glejna, močvarno glejna hipoglejna i močvarno glejna amfiglejna, djelomično hidromeliorirana³ zbog utjecaja i promjena regulacijom korita rijeke Plitvice i izgradnjom višenamjenskih hidroelektrana na rijeci Dravi.

Regulacijom korita rijeke Plitvice umanjena je učestalost poplava. Višenamjenske hidroelektrane HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava, uz proizvodnju energije, namijenjene su za opskrbu vodom, obranu od poplava, zaštitu zemljišta od erozije, natapanje i odvodnju. Glavni objekti su akumulacijska jezera i derivacijski kanali na kojima se nalaze strojarnice. Na širem području strojarnica i odvodnih kanala bit će sniženje razine podzemne vode. Na dijelu nizvodno od akumulacije protjecati će rijeka Drava starim koritom u stanju biološkog minimuma.

Obradivo zemljište je uglavnom na automorfnim tlima, mjestimično na aluvijalnim neplavljenim i plavljenim, semiglejnim i pseudoglej-glejnim tlima. Livade i pašnjaci su pretežno na hipoglejnim i amfiglejnim tlima.

3. Pedofizikalne značajke

Automorfna tla su ilovasta i pjeskovito ilovasta mjestimično skeletna. Hidromorfna tla su pjeskovito ilovasta, glinasto ilovasta i glinasta. Osim jako zbijenog pseudoglej-glejnog, ostala poljoprivredna tla u dravsko-plitvičkoj nizini su srednje zbijena. Retencijski kapacitet za vodu je osrednji i velik, tablica 1.

³ *Djelomično hidromeliorirano tlo: evakuacija viška vode tla osnovnom odvodnjom-kanalima, bez dodatnih agro i/ili hidrotehničkih zahvata*

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 1. Vrijednosti medijane pedofizikalnih parametara

Table 1 Values of Media of Pedophysical Parameters

Dubina tla Soil depth cm	Mehanički sastav, %-tni sadržaj- Mechanical composition of soil			% vol			ϕ_v^* g/cm ³	Zbijenost* g/cm ³
	2-0.02 pijesak-sand	0.02-0.002 prah-silt	<0.002 glina- clay	P*	Kv*	Dp*		
Automorfna pjeskovito ilovasta skeletna tla- Automorphic Sandy Loam Skeletal Soil								
0-100	75,9	12,4	12,3	47,2	37,6	10,6	1,46	1,57
Automorfno ilovasto tlo- Automorphic Loamy Soil								
0-100	48,0	28,3	22,0	46,0	37,3	9,0	1,46	1,66
Hidromorfno pseudoglej-glejno tlo-Hydromorphic Pseudogley Gley Soil								
0-100	35,2	28,8	32,0	44,6	38,6	6,0	1,50	1,79
Hidromorfno semiglejno tlo- Hydromorphic Semigley Soil								
0-100	48,0	27,2	23,0	46,0	39,1	7,1	1,45	1,66
Hidromorfno glejno hipoglejno tlo- Hydromorphic Gley Hypogley Soil								
0-100	35,2	32,4	28,5	49,0	43,1	5,9	1,36	1,62
Hidromorfno glejno amfiglejno tlo-Hydromorphic Gley Amphigley Soil								
0-100	21,0	30,4	46,4	53,0	47,6	4,5	1,23	1,65

*Ukupni porozitet (P)-Total soil porosity, Retencijski kapacitet za vodu (Kv)- Retention soil water capacity, Drenirajuće pore (Dp)-Drainage pores, Volumna gustoća tla (ϕ_v)-Bulk density, Zbijenost tla-Soil compaction

4. Režim vlažnosti poljoprivrednog tla

Režim vlažnosti tla je hidropedološki pojam za način i promjene vlaženja površinskom ili/i podzemnom vodom, unutar referentne dubine tla 2 metra.

- Automorfna pjeskovito ilovasta mjestimično skeletna ekscesivno ocjedita tla (rendzina, ranker) su vlažena vrlo brzo procjednom oborinskom vodom $K > 4,8$ m/dan
- Automorfna ilovasta tla (distrično smeđe, eutrično smeđe, lesivirano) su dobro ocjedita i vlažena brzo procjednom oborinskom vodom $K = 1,4-4,8$ m/dan.
- Hidromorfna aluvijalna tla su vlažena brzo ili umjereno brzo procjednom vodom $K = 0,5-1,4$ m/dan + plitkom 0,5-1,0 m ili srednje dubokom 1,0-2,0 m podzemnom vodom maksimalne razine
- Hidromorfna semiglejna tla su vlažena umjereno brzom procjednom vodom $K = 0,5-1,4$ m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

- Hidromorfna psudoglej-glejna tla su vlažena umjereno brзом procjednom vodom $K = 0,5-1,4$ m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine
- Hidromorfna močvarno glejna hipoglejna tla su vlažena umjereno brзом procjednom vodom $K = 0,5-1,4$ m/dan + vrlo plitkom ili plitkom podzemnom vodom 0-1,0 m maksimalne razine*
- Hidromorfna močvarno glejna amfiglejna tla su vlažena ekstremno sporo procjednom vodom $K < 0,01$ m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine

5. Ocjena osjetljivosti poljoprivrednih tala na propuštanje onečišćivača

5.1. Uzročnici osjetljivosti poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača

Glavni uzročnici osjetljivosti tla na propuštanje-ispiranje-procjeđivanje onečišćivača su fizikalno-kemijske i biološke značajke poljoprivrednog tla, kvaliteta i količina onečišćivača, hidrološki i hidrogeološki uvjeti, te biljna proizvodnja. Propusnost tla za vodu je primarni indikator potencijala ispiranja onečišćivača iz tla, a humus i glina primarni indikatori potencijala sorpcije onečišćivača u tlu.

Potencijal ispiranja onečišćivača

Potencijal ispiranja je pokazatelj rizika procjeđivanja onečišćivača kroz porozno tlo, tzv. drenirajuće pore. Tla visokog potencijala ispiranja su jače osjetljiva na propuštanje onečišćivača od tala s niskim potencijalom ispiranja. Pjeskovita tla imaju najveće pore i najveću propusnost, a glinasta tla koja obiluju sitnim porama imaju vrlo malu propusnost za vodu.

Količina i raspored oborina, poplava ili/i natapanja utječu na intenzitet i učestalost ispiranja onečišćivača. Kada je količina izvora vode veća od potrošnje-evapotranspiracije i kapaciteta tla za vodu, javlja se otjecanje-procjeđivanje viška vode i ispiranja otopljenih onečišćivača.

Potencijal sorpcije onečišćivača

Sorpcija je višeznačno zadržavanje tvari u tlu, uključujući adsorpciju tvari na mineralne i organske koloide tla, kemijsku vezu, te biološku sorpciju florom i faunom tla. Kapacitet adsorpcije tla ovisi o sadržaju koloida organskog i

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

mineralnog porijekla-humusa i gline. Teksturno lakša i humusom siromašna pjeskovita tla su niskog, a teksturno teža i humusom bogata tla su visokog potencijala sorpcije onečišćivača. Tla s niskim potencijalom sorpcije su jače osjetljiva na ispiranje onečišćivača od tala s visokim potencijalom sorpcije. Naša poljoprivredna tla najčešće imaju maksimalni kapacitet adsorpcije baza (T) 15-46 m.e/100 g tla. Reakcija tla znatno utječe na mobilizaciju iona iz minerala i mobilnost potencijalnih onečišćivača, Vidaček, Ž. i sur. 2008-2009.

5.2. Klase osjetljivosti poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača

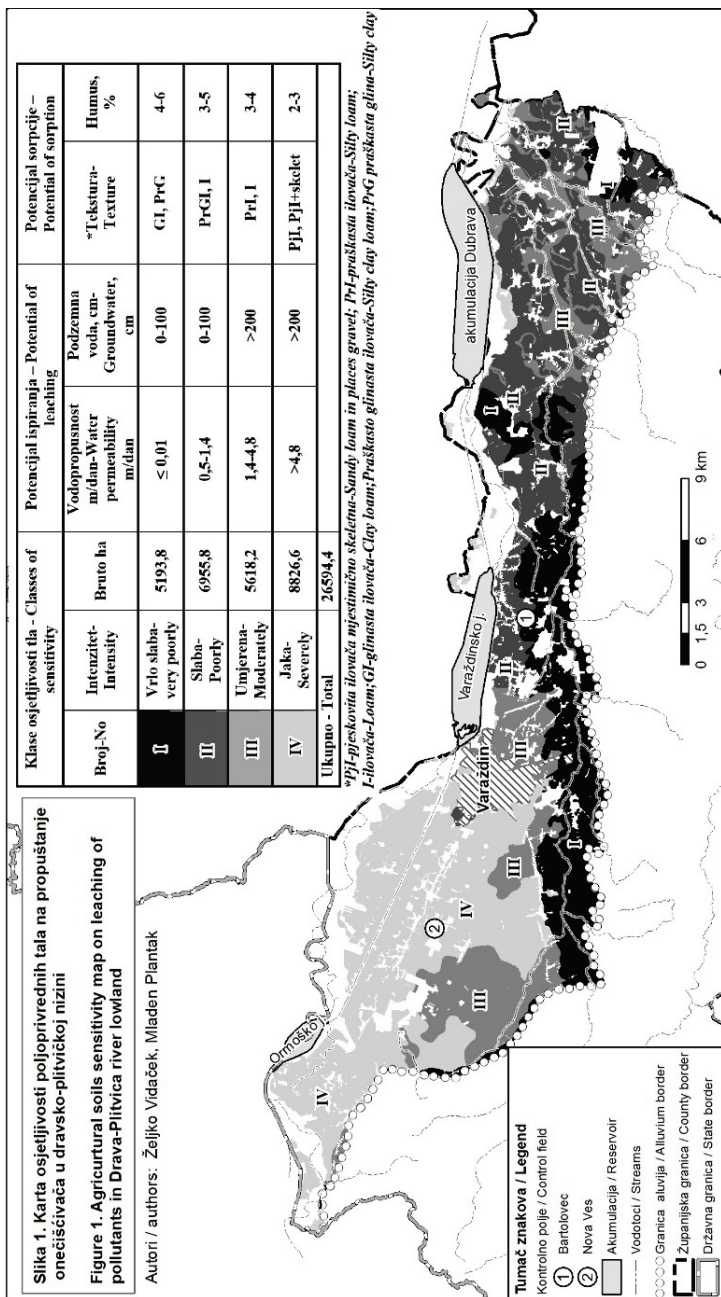
U priobalju i zaobalju gornjeg i srednjeg toka rijeke Plitvice su poljoprivredna tla vrlo slabo osjetljiva na propuštanje onečišćivača (klasa I). Slabo osjetljiva tla na propuštanje onečišćivača (klasa II) i umjereno osjetljiva poljoprivredna tla (klasa III), dominiraju na istočnom području plitvičko dravske aluvijalne nizine. Na sjeverozapadu nizine su pretežno poljoprivredna tla umjerene (klasa III) i jake (klasa IV) osjetljivosti na propuštanje onečišćivača, slika 1 i tablica 2.

Tablica 2. Klase osjetljivosti poljoprivrednih tala na propuštanje onečišćivača

Table 2 Agricultural soil sensitivity classes to leaching of pollutants

Klase osjetljivosti tla - Classes of Sensitivity			Pedosistematske jedinice - Pedosystematic Units
Broj - No	Intenzitet - Intensity	Hektara	
I	Vrlo slaba - Very poorly	5.193,8	Hidromorfna močvarno glejna amfiglejna tla - Hydromorphic Gley Amphigley Soils
II	Slaba- Poorly	6.955,8	Hidromorfna aluvijalna, semiglejna, pseudoglej.glejna, hipoglejna tla - Hydromorphic Alluvial, Semigley, Pseudogley Gley Soil, Gley Hypogley Soils
III	Umjerena - Moderately	5.618,2	Automorfna ilovasta tla - Automorphic Loamy Soils
IV	Jaka - Severely	8.826,6	Automorfna pjeskovito ilovasta skeletna - Automorphic Sandy Loam and Skeletal Soils
Ukupno - Total		26.594,4	

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije



Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

6. Geološko-hidrogeološki uvjeti

Dravsko- plitvička nizina gotovo u potpunosti se nalazi na kvartarnim aluvijalnim nanosima rijeke Drave, HGI 2015, slika 2. Prema granulometrijskom sastavu vodonosnika prevladavaju valutice šljunka s različitim postotkom pijeska. Općenito se idući od zapada prema istoku u prosjeku postupno smanjuje veličina zrna, a raste njihova sortiranost, Kovač i dr. 2016.

Debljina nevezanih šljunkovito-pjeskovitih sedimenata raste od zapada prema istoku i iznosi: kod Ormoža manje od 20 m, kod Varaždina 50 m, kod Hlebina 80 m, kod Pitomače 120 m, (Babić i dr. 1978.).

Prvi vodonosni sloj je na cijelom promatranom području većinom otvorenog tipa, te se obnavljanje podzemne vode većinom odvija infiltracijom (procjeđivanjem) oborina kroz nesaturiranu zonu (poljoprivredno tlo), te procjeđivanjem vode iz akumulacijskih jezera hidroelektrana i starog korita rijeke Drave, Larva, 2008. prema Kovač i dr. 2016. Prema podacima iz pjezometara, najniže razine podzemnih voda na zapadnom dijelu varaždinske dravske nizine od naselja Sračinec prema Cestici su od 6,0 do 9,0 metara. Međutim, na istočnom dijelu su minimalne razine podzemne vode od 1.0 m do 3,0 m, a maksimalne od površine tla do 1,0 metar, slika 2. Navedeni prostor je prema SINTACS metodi, Brkić i dr. 2009. svrstano u kategoriju vrlo visoke prirodne ranjivosti.

7. Ocjena ranjivosti podzemne vode na onečišćenje s površine poljoprivrednog tla

Otvoreni vodonosnik je u nizinskom aluvijalnom području dijela županije ranjiv na onečišćenje s površine poljoprivrednog tla.

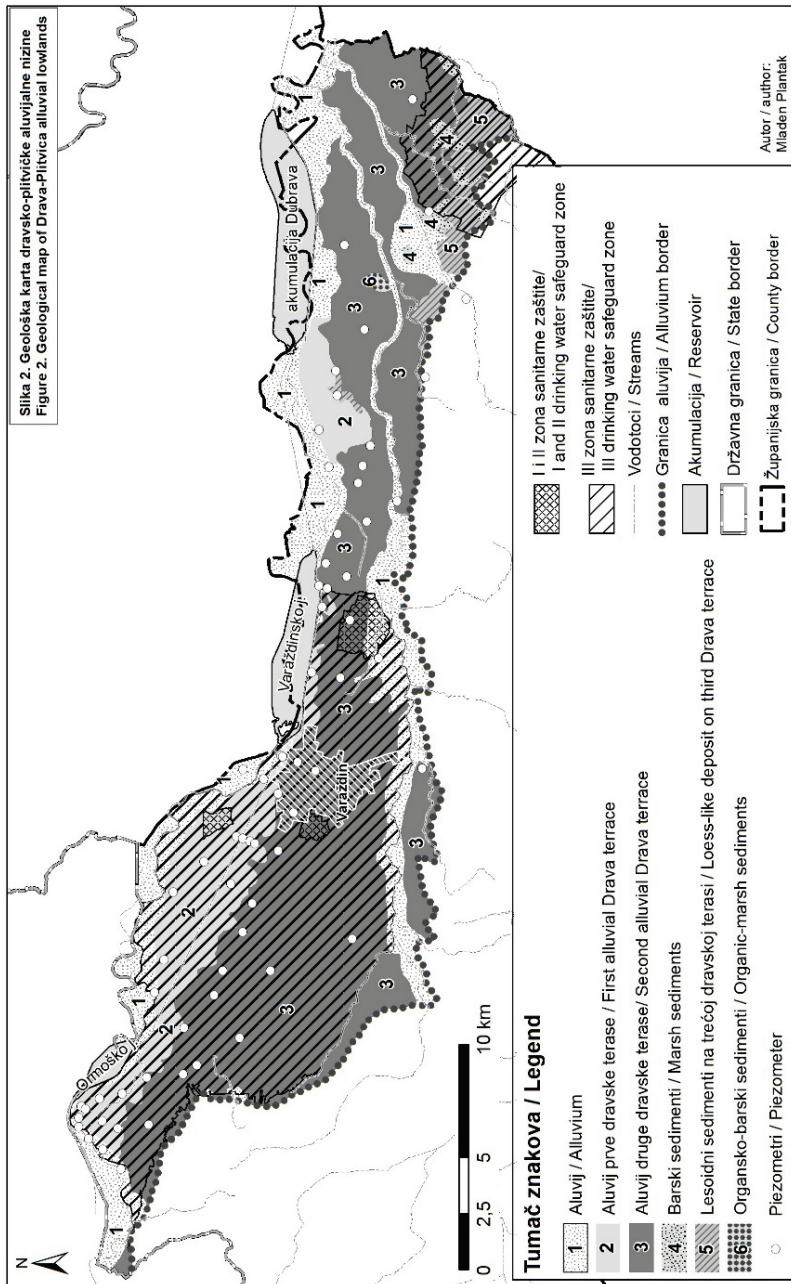
8. Mineralni dušik u procijeđenoj vodi poljoprivrednog tla

Slijedi pregled oborinskog režima i godišnjeg procjeđivanja vode iz tla, te rezultati višegodišnjih stacionarnih istraživanja procjeđivanja vode iz poljoprivrednog tla na kontrolnim poljima Bartolovec i Nova Ves.

8.1. Mjesečne i godišnje količine oborine

U toplijem dijelu 2003. godine, od travnja do rujna, palo je svega 290 mm kiše. U istom razdoblju 2004.godine bilo je 471 mm, u 2005. godini 621 mm i u 2006. godini 544 mm kiše, tablica 3.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije



Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 3. Mjesečne i godišnje količine oborine, Varaždin

Table 3 Monthly and annual precipitation amounts, Varaždin

Mjeseci - Months, mm												Suma - Sum	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2003. godina - year													
38	37	2	24	24	32	54	24	132	112	51	30	560	
2004. godina - year													
42	38	85	121	36	146	32	67	69	182	48	33	900	
2005. godina year 621													
14	43	53	98	60	47	184	140	92	4	68	88	891	
2006. godina year 544													
40	34	40	99	132	64	48	131	70	35	42	27	762	

8.2. Godišnje procjeđivanje vode iz tla

Godišnje vrijednosti procjeđivanja vode iz tla za područje Varaždina dobivene su izračunom bilance oborinske vode u tlu 0,5 m dubine, tablica 4.

Tablica 4. Godišnje vrijednosti procijeđene vode iz tla, (1971-2000.)

Table 4 Annual Values of Soil Water Percolation, (1971-2000.)

Prosjek - Average		25 %-tna vjerojatnost pojava oborina 25% Probability of Precipitation	
Procjeđivanje vode - Water Percolation			
mm	m ³ /ha	mm	m ³ /ha
173,2	1.732	349,8	3.498

8.3.. Metodika rada

8.3.1. Kontrolna polja

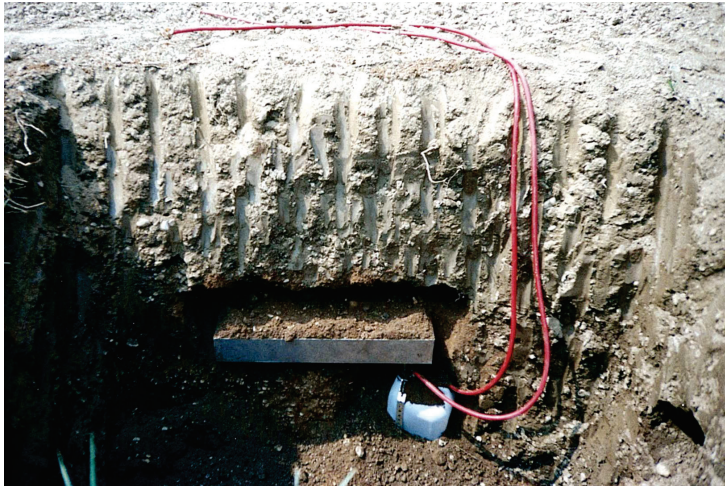
Bartolovec: površina parcele 0,25 ha. Semiglej aluvijalno tlo, ilovaste teksture, pH je manje od 5, ima oko 4% humusa u površinskom sloju. Osjetljivost tla na propuštanje onečišćivača je slaba –klasa II, slika 1.

Nova Ves: površina parcele 2 ha, eutrično smeđe ilovasto i skeletoidno, pH je veće i od 7, ima oko 3% humusa u površinskom sloju. Osjetljivost tla na propuštanje onečišćivača je jaka – klasa IV, slika 1.

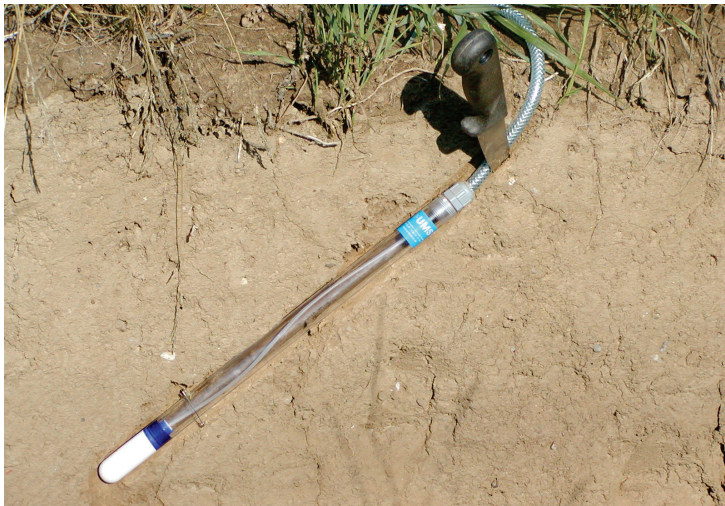
Na svakom kontrolnom polju ugrađeni su gravitacijski, slika 3 i tenziometarski lizimetri, slika 4 u tri ponavljanja. Gravitacijski lizimetri ugrađeni su na dubini od 80 cm, a tenziometarski lizimetri na dubini od 60 cm. Termini uzorkovanja vode prilagođeni su oborinskom režimu i hidropedološkim uvjetima. U vrijeme učestalijih oborina uzorkovalo se približno svake dekade.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

U mjesecima sa znatno manje oborina i zbog male količine procijeđene vode, korišteni su mjesečni kompozitni uzorci.



Slika 3. Ugradnja gravitacijskog lizimetra
Figure 3 Installation of gravity lysimeter



Slika 4. Ugradnja tenziometarskog lizimetra
Figure 4 Installation of a tensiometric lysimeter

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

8.3.2. Laboratorijske analize

U uzorcima voda iz gravitacijskih i tenziometarskih lizimetara određene su koncentracije nitratnog i amonijskog iona. Nitratni i amonijski ioni u vodama određeni su po metodi Chapman-a i Pratt-a, 1961. Mjerenja koncentracije nitratnog i amonijskog iona izvršena su metodom spektrofotometrije na PYE UNICAM 8600 UV/VIS.

8.3.3. Maksimalno dozvoljene koncentracije

Koncentracije nitratnog i amonijačnog dušika u procijedenim vodama, interpretirane su prema Uredbi o maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) opasnih tvari u vodama i obalnom moru, N.N. 2/84, tablica 5.

Tablica 5. Maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) za nitrate i amonijačni dušik

Table 5 Maximum Permissible Concentrations (MDKs) for the Nitrate and ammonia nitrogen

Oblik dušika Nitrogen form	I i II kategorija Category	III i IV kategorija Category
NO ₃ ⁻	44,3	66,4
NH ₄ ⁺	1,0	10,0

9. Uzgoj i gnojidba usjeva na kontrolnim poljima

U konvencionalnom uzgoju i gnojidbi na kontrolnom polju Bartolovec sijan je ječam, sudanska trava, kukuruz i stočni grašak, a na kontrolnom polju Nova Ves krumpir, kukuruz i povrće, tablica 6.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 6. Gnojidba usjeva na kontrolnim poljima

Table 6 Crop fertilization in control fields

Godina - Year	Gnojidba usjeva na kontrolnim poljima Bartolovec i NovaVes Fertilization of crops in control fields Bartolovec and NovaVes
2003	Bartolovec: Sjetva ječma obavljena je u listopadu 2002. na 0,25 ha površine. Osnovna gnojidba je obavljena u jesen 2002. s 100 kg/ha NPK 15:15:15, a prihrana u proljeće s 300 kg/ha KAN-om. Nova Ves: Sadnja krumpira obavljena je u travnju 2003. na 2 ha površine. U tom periodu je izvršena i gnojidba s 600 kg/ha NPK 7:20:30.
2004	Bartolovec: Predsjetvena gnojidba izvršena je 23.04.2004. sa 120 kg/ha KAN-a, a sjetva sudanske trave obavljena je u 30.04.2004. Nova Ves: Sadnja krumpira obavljena je 17.04.2004. Istovremeno je izvršena i gnojidba s 700 kg/ha NPK 7:20:30. Prihrana je izvršena 12.04.2004. godine s 2 l/ha FOLIJAR-a.
2005	Bartolovec: Predsjetvena gnojidba izvršena je 27.04.2005. s 75,6 t/ha svježeg stajskog gnoja, čime je u tlo dodano 68,1 kg N/ha. Sjetva kukuruza izvršena je 30.04.2005. Nova Ves: . Predsjetvena gnojidba izvršena je 20.04.2005. s 600 kg/ha NPK 7:20:30, čime je u tlo dodano 42 kg N/ha. Berba kukuruza obavljena je 07.10.2005.
2006	Bartolovec: Priprema za sjetvu stočnog graška obavljena je 27.03.2006. s gnojidbom 300 kg/ha NPK 7:20:30 (21 kg N/ha). Nova Ves: Obrada i predsjetvena priprema tla za povrće (kupus, kelj), obavljena je u ožujku 2006. godine. Gnojidbom je dodano 750 kg/ha NPK 7:20:30 (52,5 kg N/ha).

10. Koncentracije nitrata i amonijačnog dušika u vodi iz lizimetara na kontrolnim poljima

Na kontrolnom polju Bartolovec tlo je slabe osjetljivosti na propuštanje onečišćivača (klasa II). Najveća koncentracija nitrata⁴ u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 2006. godine 79,9 mg NO₃⁻/l u proizvodnji stočnog graška odnosno amonijačnog dušika 3,8 mg NH₄⁺/l u 2005. godini u uzgoju kukuruza. U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo 263,8 mg NO₃⁻/l u 2006. godini i proizvodnji stočnog graška, odnosno 2,0 amonijačnog dušika mg NH₄⁺/l 2005.godine u uzgoju kukuruza, tablice 7 i 8.

⁴ Nitrati se ne vežu na adsorpcijski kompleks tla za razliku od amonijačnog dušika koji se veže na adsorpcijski kompleks tla-minerale tla (ilit, vermikulit, montmorilonit).

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Na kontrolnom polju Nova Ves jako osjetljivog tla na propuštanje onečišćivača, (klase IV), najveća koncentracija nitrata u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 314,5 mg NO₃⁻/l u uzgoju povrća 2006. godine, odnosno amonijačnog dušika 2,1 mg NH₄⁺/l, U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo 338,5 mg NO₃⁻/l u proizvodnji kukuruza 2005.godine i amonijačnog dušika 3,0 mg NH₄⁺/l, u proizvodnji povrća 2006.godine, tablice od 9 do10.

Tablica 7. Nitrati i amonijačni dušik u vodi iz gravitacijskih lizimetara, Bartolovec

Table 7 Nitrates and Ammonium Nitrogen in Water from Gravity Lysimeters

Godina- Year	Nitrati i amonijačni dušik - Nitrates and ammonia nitrogen, Bartolovec
2003	Koncentracije nitrata u uzorcima voda iz gravitacijskih lizimetara tijekom razdoblja srpanj do studeni bile su u rasponu 0,74 do 4,25 mg NO ₃ ⁻ /l, odnosno bile su znatno ispod MDK za I i II kategoriju voda. Koncentracije amonijačnog dušika u uzorcima voda iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,02 do 0,05 mg NH ₄ ⁺ /l, odnosno bile su ispod MDK za I i II kategoriju voda tijekom razdoblja srpanj-studeni.
2004	Koncentracije nitrata u mjesečnim kompozitnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara bile su 7,3 do 37,1 mg NO ₃ ⁻ /l. Maksimalna vrijednost 37,1 mg NO ₃ ⁻ /l utvrđena je u travnju, kada je gnojidbom sa 120 kg/ha KAN-a u tlo uneseno 32,4 kg N/ha. Koncentracije nitrata u procijeđenoj vodi nisu prelazile MDK za I i II kategoriju voda. Koncentracije amonijačnog dušika u uzorcima voda iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,33 do 2,20 mg NH ₄ ⁺ /l. U razdoblju listopad – studeni koncentracije NH ₄ ⁺ u procijeđenoj vodi bile su iznad MDK za I i II kategoriju voda.
2005	Koncentracije nitrata u mjesečnim kompozitnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara bile su 10,2 do 55,6 mg NO ₃ ⁻ /l. Maksimalna vrijednost 55,6 mg NO ₃ ⁻ /l utvrđena je u lipnju, čemu je prethodila gnojidba sa 68,1 kg N/ha-a izvršena krajem travnja. Koncentracije nitrata u procijeđenoj vodi nisu prelazile MDK za III i IV kategoriju voda, a za I i II kategoriju samo u lipnju. Koncentracije amonijačnog dušika u uzorcima voda iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,1 do 3,8 mg NH ₄ ⁺ /l. U razdoblju lipanj – kolovoz i u prosincu koncentracije NH ₄ ⁺ u procijeđenoj vodi bile su iznad MDK za I i II kategoriju voda.
2006	Koncentracije nitrata u mjesečnim kompozitnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara bile su 2,5-79,9 mg NO ₃ ⁻ /l. Povišene koncentracije nitrata u procijeđenoj vodi iznad MDK utvrđene su samo u srpnju i prosincu. Koncentracije amonijačnog dušika u uzorcima voda iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,1 do 1,3 mg NH ₄ ⁺ /l, te su uglavnom odgovarale II i III vrsti voda.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 8. Nitrati i amonijačni dušik u vodi iz tenziometarskih lizimetara, Bartolovec
Table 8 Nitrates and Ammonium Nitrogen in Water from Tensiometric Lysimeters

Godina - Year	Nitrati i amonijačni dušik - Nitrates and ammonia nitrogen, Bartolovec
2003	<p>Koncentracije nitrata u vodi tenziometarskih lizimetara varirale su od 4,9 do 109,0 mg NO₃⁻/l. Koncentracija 109,0 mg NO₃⁻/l samo je u prosincu prelazila maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK)</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u vodama iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,02 do 1,40 mg NH₄⁺/l. Maksimalna dozvoljena koncentracija amonijačnog dušika za I i II kategoriju voda prekoračena je samo u kompozitnom uzorku voda iz lizimetra za prosinac.</p>
2004	<p>Koncentracije nitrata u vodi tenziometarskih lizimetara varirale su od 5,0 do 102,2 mg NO₃⁻/l. U ožujku i kolovozu koncentracije nitrata bile su iznad MDK za I i II kategoriju voda, dok su u razdoblju svibanj – srpanj bile i iznad MDK za III i IV kategoriju voda. Povećane koncentracije nitrata u vodi rezultat su gnojidbe 23.04.2004. sa 32,4 kgN/ha.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u vodama iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,41 do 1,60 mg NH₄⁺/l. Maksimalna dozvoljena koncentracija amonijačnog dušika za I. i II. kategoriju, prekoračena je u listopadu i studenom. U ostalim mjesecima te koncentracije bile znatno ispod MDK.</p>
2005	<p>Koncentracije nitrata u vodi tenziometarskih lizimetara varirale su od 16,4 do 39,2 mg NO₃⁻/l, te nisu prelazile maksimalno dozvoljenu koncentraciju za I i II kategoriju voda.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u vodama iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,1 do 2,0 mg NH₄⁺/l. Maksimalna dozvoljena koncentracija amonijskog iona za I. i II. kategoriju, prekoračena je samo u travnju, dok su u ostalim mjesecima koncentracije bile znatno ispod MDK.</p>
2006	<p>Koncentracije nitrata u vodi tenziometarskih lizimetara varirale su od 6,9 do 263,8 mg NO₃⁻/l, te su u srpnju i prosincu bile iznad MDK</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u vodama iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,1 do 0,7 mg NH₄⁺/l, te su bile zadovoljavajuće za II i III vrstu voda tijekom cijele godine.</p>

Na kontrolnom polju Nova Ves jako osjetljivog tla na propuštanje onečišćivača, (klase IV), najveća koncentracija nitrata u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 314,5 mg NO₃⁻/l u uzgoju povrća 2006 godine, odnosno amonijačnog dušika 2,1 mg NH₄⁺/l, U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo 338,5 mg NO₃⁻/l u proizvodnji kukuruza 2005.godine i amonijačnog dušika 3,0 mg NH₄⁺/l, u proizvodnji povrća 2006.godine, tablice od 9 do 10.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 9. Nitrati i amonijačni dušik u vodi iz gravitacijskih lizimetara, Nova Ves
Table 9 Nitrates and Ammonium Nitrogen in Water from the Gravity Lysimeters

Godina-Year	Nitrati i amonijačni dušik - Nitrates and ammonia nitrogen, Nova Ves
2003	<p>Koncentracije nitrata u procijeđenoj vodi gravitacijskih lizimetara kretale su se u od 3,2 do 24,1 mg NO₃⁻/l, odnosno bile su ispod MDK za I. i II. kategoriju voda tijekom mjerenja od srpnja do studenog.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,05 do 0,63 mg NH₄⁺/l, od srpnja do studenog.</p> <p>Koncentracije amonijskog iona nisu prelazile MDK za I. i II. kategoriju voda.</p>
2004	<p>Koncentracije nitrata u kompozitnim mjesečnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara kretale su se 8,4 do 236,5 mg NO₃⁻/l. U veljači i travnju bile su iznad MDK za I i II kategoriju voda, a u ožujku, lipnju i srpnju iznad MDK za III i IV kategoriju voda. Visoke koncentracije nitrata u procijeđenoj vodi u lipnju posljedica su gnojidbe sredinom travnja sa 49 kg N/ha i prihrane 12.06.2004. sa 2 l/ha FOLIJAR-a.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,12 do 1,60 mg NH₄⁺/l. MDK za I i II kategoriju voda, za amonijski ion, prekoračena je koncentracija u kompozitnim mjesečnim uzorcima procijeđene vode iz ožujka, lipnja, rujna, listopada i studenog.</p>
2005	<p>Koncentracije nitrata u kompozitnim mjesečnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara kretale su se 8,2 do 202,7 mg NO₃⁻/l. Visoke koncentracije nitrata iznad MDK za III i IV kategoriju voda u razdoblju srpanj – listopad imaju trend oborinskog režima i procijeđene oborinske vode.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,1 do 1,6 mg NH₄⁺/l. MDK za I i II kategoriju voda, prekoračena je samo u kompozitnom mjesečnom uzorku iz travnja.</p>
2006	<p>Koncentracije nitrata u kompozitnim mjesečnim uzorcima procijeđene vode iz gravitacijskih lizimetara kretale su se u rasponu 2,6 do 314,5 mg NO₃⁻/l, te su tijekom razdoblja travanj-studenog konstantno bile iznad MDK.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara varirale su od 0,1 do 2,1 mg NH₄⁺/l.</p>

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Tablica 10. Nitrati i amonijačni dušik u vodi iz tenziometarskih lizimetara, Nova Ves

Table 10 Nitrates and ammoniacal nitrogen in water from tensiometric lysimeters

Godina- Year	Nitrati i amonijačni dušik - Nitrates and ammonia nitrogen, Nova Ves
2003	<p>Koncentracije nitrata u uzorcima voda iz tenziometarskih lizimetara bile su ispod MDK za I. i II. kategoriju voda u razdoblju rujan-prosinac, varirajući u rasponu 8,1 do 27,3 mg NO₃⁻/l.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika varirale su od 0,02 do 1,10 mg NH₄⁺/l u pojedinačnim i mjesečnim kompozitnim uzorcima za razdoblje rujan-prosinac. Samo u prosincu koncentracije amonijačnog dušika prešle su MDK za I. i II. kategoriju voda. U ostalom razdoblju istraživanja bile su ispod navedene granice.</p>
2004	<p>Koncentracije nitrata u uzorcima voda iz tenziometarskih lizimetara varirale su od 5,2 do 68,1 mg NO₃⁻/l. U svibnju je koncentracija nitrata bila iznad MDK za I i II kategoriju voda, a u lipnju iznad MDK za III i IV kategoriju voda. Povišene koncentracije u svibnju rezultat su gnojidbe sa 49 kgN /ha, izvršene sredinom travnja, a 68,1 mg NO₃⁻/l u lipnju posljedica su prihrane sa FOLIJAR-om.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u mjesečnim kompozitnim uzorcima iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,5 do 1,4 mg NH₄⁺/l. U razdoblju rujan–studen koncentracije amonijskog iona prelazile su MDK za I i II kategoriju voda, dok su u ostalom razdoblju istraživanja bile ispod navedene granice</p>
2005	<p>Koncentracije nitrata u uzorcima voda iz tenziometarskih lizimetara varirale su od 25,0 do 338,5 mg NO₃⁻/l. Povišene koncentracije nitrata iznad MDK za III i IV kategoriju voda bile su u razdoblju srpanj –kolovoz, te studeni–prosinac.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u mjesečnim kompozitnim uzorcima iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,1 do 0,9 mg NH₄⁺/l, te nisu prelazile MDK za I i II kategoriju voda.</p>
2006	<p>Koncentracije nitrata u uzorcima voda iz tenziometarskih lizimetara varirale su u od 4,1 do 268,5 mg NO₃⁻/l. Najveće koncentracije nitrata bile su u kišnom svibnju i lipnju.</p> <p>Koncentracije amonijačnog dušika u mjesečnim kompozitnim uzorcima iz tenziometarskih lizimetara kretale su se od 0,1 do 3,0 mg NH₄⁺/l. Povišene koncentracije, utvrđene su tijekom svibnja, kolovoza i listopada.</p>

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

ZAKLJUČAK

Ocjena osjetljivosti poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača obuhvaća 26.594 hektara poljoprivrednog zemljišta u plitvičko dravskoj aluvijalnoj nizini dijela varaždinske županije.

Od šezdesetih godina prošloga stoljeća na tim površinama najviše se prakticira konvencionalno intenzivna poljoprivredna proizvodnja s ne uvijek ekološki prihvatljivim sredstvima za zaštitu bilja i mineralnim dušičnim gnojivima. Osim toga, tu je i uzgoj kukuruza u monokulturi, te reducirani plodored bez leguminoza kao fiksatora dušika.

Vrlo slabo osjetljivih poljoprivrednih tala na propuštanje onečišćivača ima 5.193,8 ha, slabo osjetljivih tala 6.955,8 ha, umjereno osjetljivih tala 5.618,2 ha i jako osjetljivih tala 8.826,6 hektara. U priobalju i zaobalju gornjeg i srednjeg toka rijeke Plitvice vrlo su slabo osjetljiva poljoprivredna tla na propuštanje onečišćivača (klasa I). Slabo osjetljiva tla na propuštanje onečišćivača (klasa II) i umjereno osjetljiva poljoprivredna tla (klasa III), dominiraju na istočnom području plitvičko dravske aluvijalne nizine. Na sjeverozapadu nizine su pretežno poljoprivredna tla umjerene (klasa III) i jake (klasa IV) osjetljivosti na propuštanje onečišćivača, slika 1 i tablica 2.

Rezultati četverogodišnjih stacionarnih istraživanja pokazuju da je tlo na kontrolnom polju Bartolovec slabe osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača (klasa II). Najveća koncentracija nitrata u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 2006. godine 79,9 mg NO₃⁻/l u proizvodnji stočnog graška odnosno amonijačnog dušika 3,8 mg NH₄⁺/l u 2005. godine u uzgoju kukuruza. U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo 263,8 mg NO₃⁻/l u 2006. godini i proizvodnji stočnog graška, odnosno 2,0 amonijačnog dušika mg NH₄⁺/l u 2005.godini i uzgoju kukuruza, tablice 7 i 8.

Na kontrolnom polju Nova Ves jako osjetljivog tla na propuštanje onečišćivača, (klase IV), najveća koncentracija nitrata u procijeđenoj vodi iz gravitacijskih lizimetara bila je 314,5 mg NO₃⁻/l u uzgoju povrća 2006 godine, odnosno amonijačnog dušika 2,1 mg NH₄⁺/l.

U procijeđenoj vodi iz tenziometarskih lizimetara najviše nitrata je bilo 338,5 mg NO₃⁻/l u proizvodnji kukuruza 2005.godine i amonijačnog dušika 3,0 mg NH₄⁺/l, u proizvodnji povrća 2006.godine, tablice od 9 do10.

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

Uvažavajući ranije navedene rezultate istraživanja, može se zaključiti, da je prvi vodonosni sloj u plitvičko dravskoj nizini otvorenog tipa i potencijalno jako ranjiv na onečišćenje mineralnim dušikom, posebno nitratima.

Prema „Studiji osjetljivosti tla i ranjivosti podzemnih voda na onečišćenje s površine poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj s kartom u mjerilu 1:100 000“, Vidaček Ž. i sur. 2008.-2009., ima poljoprivrednog zemljišta na otvorenim vodonosnicima bruto 994.296 (39%) hektara, a na zatvorenim vodonosnicima bruto 573.076 (22 %) hektara⁵.

Očekujući uspješnu zaštitu podzemnih voda od onečišćenja nitratima, upućujemo sve sudionike na dosljednu primjenu Nitratne direktive (91/676/EEC), II. Akcijskog programa zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla (NN 60/17), Pravilnika o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (NN 47/19), Zakona o Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu (NN 111/18).

LITERATURA

1. Butorac, A., (1999.): Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb
2. Babić, A., Čakarun, I., Sokač, A. i Mraz, J. (1978.): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave. Geološki vjesnik, 3011, 43-61, Zagreb
3. Bišćević Cvijeta, Motik B. (2015.): Zeleni alati Briga o tlu, Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG), Vukomerić
4. Brkić Željka, Larva, O., Marković Tamara (2009.): Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske, Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Zagreb
5. Kovač, I., Kovačev-Marinčić, B., Novotni-Horčička, N., Mesec, J. i Vugrinec, J. (2017.): Komparativna analiza koncentracije nitrata u gornjem i donjem sloju varaždinskog vodonosnika. Radovi Zavoda za znanstveni rad Varaždin, (28), 41-57. <https://doi.org/10.21857/9e311h4zem>
6. Režek, D. (2003.): Hidroelektrane na Dravi, Građevinar 55 (2003) 11, 647-653, Zagreb
7. Vidaček Ž., Bašić I. (1971): Agropedološko-melioraciona studija šireg područja srednjeg i gornjeg toka rijeke Plitvice, Institut za pedologiju i tehnologiju tla, Zagreb

⁵ Izmjera površina na karti mjerila 1:100 000

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

8. Vidaček, Ž., Pavlić, V.(1985.): Tla sekcije Čakovec 1, Osnovna pedološka karta Hrvatske (OPK), Projektni savjet za izradu osnovne pedološke karte Hrvatske, Zagreb
9. Vidaček, Ž., Tanić, S (1989.): Hidrokalk, kompjuterski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu, FPZ-Institut za agroekologiju, Zagreb.
10. Vidaček, Ž., Mojsinović, J., Racz Z. (1984.): Utjecaj hidroelektrane Dubrava na biljnu proizvodnju, Zemljište i biljka, vol.33, No 3, 309-321, Beograd
11. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Husnjak, S., Sraka, M., Tadić, L., (1996.): Nitrates, pesticides and heavy metals in drained soils and water in the Drava River Valley in Croatia, Proceedings of the drainage workshop on drainage and the environment, Ljubljana, Slovenia, April 21-29, 1996, p. 255-264.
12. Vidaček, Ž., Sraka, M., Čoga, L., Mihalić Aleksandra, (1999):. Nitrates, Heavy Metals and Herbicides in Soil and Water of Karašica-Vučica Catchment Area. Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 64, No. 2, 143-150, Zagreb
13. Vidaček, Ž., Bensa Aleksandra, Čoga, L., Husnjak, S., Vrhovec Danijela (2003.-2006.): Istražni radovi utjecaja poljoprivrede na kvalitetu podzemnih voda područja varaždinske županije, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
14. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Husnjak, S., Sraka, M., Bensa Aleksandra, Petošić, D. (2004.): Hidropedološka karta republike Hrvatske, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
15. Vidaček, Ž., Bensa Aleksandra, Čoga, L., Husnjak, S., Vrhovec Danijela (2003.-2008.): Utjecaj poljoprivrede na kakvoću podzemnih voda u Međimurskoj županiji, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
16. Vidaček, Ž., Bogunović M., Husnjak, S., Sraka, M. Bensa Aleksandra (2008.-2009.): Studija osjetljivosti tla i ranjivosti podzemnih voda na onečišćenje s površine poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj s kartom, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
17. Vidaček, Ž. (2014.-2016.): Prilog zaštita tla i podzemnih voda u Hrvatskoj, Gazophylacium časopis za znanost, kulturu, umjetnost i gospodarstvo, God. XIX.,XX.,XXI.,br.1-4, str.25-42, Zagreb
18. Vincek, D., Ernoić, M. (2009.): Nitratna direktiva i poljoprivredna proizvodnja u Varaždinskoj županiji, Stočarstvo 63: 309-316
19. xxx Hrvatski geološki institut, (2015.): Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije, <http://www.varazdinska-zupanija.hr/repository/public/2015/4-savjetovanje/gospodarstvo/rujan/23-09-rud-geo-stu-vz-sve-tekst-grafikaaaa.pdf>

Ž. Vidaček i sur.: Osjetljivost poljoprivrednog tla na propuštanje onečišćivača, ranjivost podzemne vode na onečišćenje i nitrati u dravsko-plitvičkoj nizini varaždinske županije

xxx Nitratna direktiva, (91/676/EEC), propis Europske Unije o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora

xxx Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08)

xxx Odluka o određivanju ranjivih područja u republici Hrvatskoj (NN 130/12)

xxx Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (NN 46/18)

xxx Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 20/18 i 115/18)

xxx Zakon o Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu (NN 111/18)

xxx Pravilnik o metodologiji za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta (NN 47/19)

xxx II. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla (NN 60/17)

Adrese autora – Author's addresses:

Prof.dr.sc. Željko Vidaček, dipl.ing.agr.

pedolog u mirovini, član APZ,

Marija Bistrica

e-mail: zvidacek@gmail.com

Primljeno – received:

17.07.2019.

Mladen Plantak, mag.geogr.,

Elektroprojekt d.d. Aleksandera von Humboldta 4, Zagreb

e-mail: mplantak@net.hr