

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Monica FLEGO

**VPLIV PADAVIN NA KONCENTRACIJO NITRATA
V PODZEMNI VODI NA IZBRANIH LOKACIJAH V
SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Monica FLEGO

**VPLIV PADAVIN NA KONCENTRACIJO NITRATA V PODZEMNI
VODI NA IZBRANIH LOKACIJAH V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE IMPACT OF PRECIPITATION ON THE CONCENTRATION OF
NITRATE IN GROUNDWATER ON SELECTED LOCATIONS IN
SLOVENIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja Oddelka za agronomijo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Podatki so bili pridobljeni iz državnega monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje, Ministrstva za okolje in prostor.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je odobrila naslov diplomskega dela in za mentorico imenovala prof. dr. Marino Pintar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Katja Vadnal
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Marina Pintar
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Katarina Košmelj
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Monica Flego

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 631.432: 551.57: 546.175 (043.2)
KG podzemne vode/podtalnica/padavine/nitrat/Slovenija
KK AGRIS P10/P40
AV FLEGO, Monica
SA PINTAR, Marina (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI 2010
IN VPLIV PADAVIN NA KONCENTRACIJO NITRATA V PODZEMNI VODI NA IZBRANIH LOKACIJAH V SLOVENIJI
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP IX, 38 [12] str., 17 sl., 11 pril., 35 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Namen diplomskega dela je bil ugotoviti, kakšen je vpliv padavin na koncentracijo nitrata v podzemni vodi na izbranih lokacijah. Delo je potekalo na podlagi že zbranih podatkov iz državnega monitoringa. Izbrani sta bili dve lokaciji, kjer so bile opravljene najdaljše in najpogostejše meritve koncentracije nitrata v podzemni vodi, in sicer avtomatska merilna postaja (AMP) Hrastje, ki se nahaja na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje ter AMP Levec, ki se nahaja na vodnem telesu Savinjska kotlina. Podatki, ki smo jih v diplomskem delu obravnavali, so meritve gladine podzemne vode, količine padavin in koncentracije nitrata v podzemni vodi, vse za leto 2006. Na spiranje nitrata v podtalnico vpliva veliko dejavnikov. Glavni dejavnik pri prehajanju nitrata skozi talni profil so padavine. Poleg padavin pa so pomembni dejavniki tudi raba tal in razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode. Na AMP Levec so koncentracije nitrata v podzemni vodi bistveno večje (od 55,11 mg/l do 64,28 mg/l) v primerjavi s koncentracijami nitrata na AMP Hrastje (od 14,32 mg/l do 18,46 mg/l). Eden od razlogov so padavine in evapotranspiracija. Drugi razlog za bistveno večjo koncentracijo nitrata v podzemni vodi na AMP Levec je raba zemljišč, kjer prevladujejo njive (41 % celotne površine). Na AMP Hrastje pa prevladujejo travniki in gozdovi (51 % celotne površine), kjer je vnos nitrata manjši kot na njivah. Kot zadnji dejavnik vpliva na koncentracijo nitrata v podzemni vodi razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode. Na AMP Hrastje je koncentracija nitrata bistveno manjša, saj je debelina te plasti večja (15 m) kot na AMP Levec (2 m).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 631.432: 551.57: 546.175 (043.2)
CX groundwater/precipitation/nitrate/Slovenia
CC AGRIS P10/P40
AU FLEGO, Monica
AA PINTAR, Marina (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2010
TI THE IMPACT OF PRECIPITATION ON THE CONCENTRATION OF
NITRATE IN GROUNDWATER ON SELECTED LOCATIONS IN SLOVENIA
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 38 [12] p., 17 fig., 11 ann., 35 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The purpose of the graduation thesis was to determine the relationship between precipitation and the concentration of nitrate in groundwater on selected locations. The work has been done on the data already collected by the state monitoring. Two locations were selected, with the longest and the most common measurements of nitrate in groundwater. Automatic measuring station (AMS) Hrastje is located on the water body Savska kotlina and Ljubljansko Barje, AMS Levec is located on the water body Savinjska kotlina. Measured data used in this thesis represented measurements of groundwater levels, precipitation and concentration of nitrate in groundwater in 2006. Leaching of nitrate into groundwater is influenced by many factors. The main factor for nitrate leaching through the soil profile is precipitation. There are other important factors, including land use and the thickness of vadoze zone between soil surface and groundwater surface. At AMS Levec, nitrate concentrations in groundwater were significantly higher (from 55,11 mg/l to 64,28 mg/l) compared to concentrations of nitrate on the AMS Hrastje (from 14,32 mg/l to 18,46 mg/l). The first reason is the precipitation and evapotranspiration. The second reason for the significantly higher concentration of nitrate in groundwater on AMS Levec is land use, which is dominated by arable land fields (41 % of the total area). At AMS Hrastje are predominant grassland and forests (51 % of the total area), where the input of nitrate is smaller. The last factor that affects the concentration of nitrate in groundwater is the thickness of the vadoze zone between the soil surface and groundwater surface. On the AMS Hrastje, nitrate concentration is significantly lower, because the vadoze zone of this layer is thicker (15 m) than on AMS Levec (2 m).

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo slik	VII
	Kazalo prilog	VIII
	Okrajšave in simboli	IX
1	UVOD	1
1.1	NAMEN DIPLOMSKEGA DELA	2
1.2	DELOVNI HIPOTEZI	2
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	DUŠIK V VODAH	3
2.2	PODTALNICA IN NITRAT	4
2.3	VPLIV NEKATERIH LASTNOSTI TAL NA SPIRANJE NITRATA	6
2.4	VPLIV PADAVIN NA SPIRANJE NITRATA	8
2.5	VPLIV VEGETACIJE NA SPIRANJE NITRATA	11
2.6	MONITORING KAKOVOSTI PODZEMNE VODE V SLOVENIJI	13
3	MATERIAL IN METODE	14
3.1	OPIS LOKACIJ	14
3.1.1	Hrastje – vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje	14
3.1.2	Levec – vodno telo Savinjska kotlina	16
3.2	METODE DELA	18
4	REZULTATI	21

4.1	AMP HRASTJE	21
4.1.1	Padavine	21
4.1.2	Nitrati	21
4.1.3	Nivo podzemne vode	22
4.2	AMP LEVEC	24
4.2.1	Padavine	24
4.2.2	Nitrati	24
4.2.3	Nivo podzemne vode	25
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	27
5.1	RAZPRAVA	27
5.1.1	AMP Hrastje	27
5.1.2	AMP Levec	28
5.1.3	Primerjava obeh lokacij	30
5.1.4	Razredčitveni efekt	30
5.2	SKLEPI	33
6	POVZETEK	34
7	VIRI	36
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1:	Ocena vpliva stalnega vnosa dušika na podzemno vodo (Mali, 2008: 23)	4
Slika 2:	Prikaz izpiranja nitrata v odvisnosti od letnih časov (Bugar, 1999: 139)	7
Slika 3:	Kroženje vode v naravi (Čehić, 2007: 12)	8
Slika 4:	Shema porazdelitve nitrata v tleh v odvisnosti od padavin (Bugar, 1999: 140)	9
Slika 5:	Vpliv rabe tal na vertikalni profil nitrata v podtalnici (Bugar, 1999: 138)	11
Slika 6:	Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje s Thiessenovimi poligoni v letih 2004 in 2005 (Poročilo o kakovosti ..., 2007: 76)	15
Slika 7:	Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na vodnem telesu Savinjska kotlina s Thiessenovimi poligoni v letih 2004 in 2005 (Poročilo o kakovosti ..., 2007: 92)	16
Slika 8:	Vodonosnik (Brenčič, 2008: 13)	18
Slika 9:	Enonivojska vrtina za merjenje gladine podzemne vode (Brenčič in Prestor, 1999: 60)	19
Slika 10:	Ombrometer (Merjenje količine padavin, 2009)	20
Slika 11:	Analizator nitrata v vodi (On-line instrumentation 2008/2009, 2008)	20
Slika 12:	a) Mesečne količine padavin (mm), b) povprečne mesečne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) povprečni mesečni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v letu 2006 (Meteorološki podatki, 2006).	23
Slika 13:	a) Mesečne količine padavin (mm), b) povprečne mesečne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) povprečni mesečni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v letu 2006 (Meteorološki podatki, 2006).	26
Slika 14:	Raba zemljišč na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje (Podatki iz MKGP, 2009).	28
Slika 15:	Raba zemljišč na vodnem telesu Savinjska kotlina (Podatki iz MKGP, 2009).	29
Slika 16:	a) Količine padavin (mm), b) koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v obdobju od 26. 5. do 3. 6. 2006 (Meteorološki podatki, 2006)	32
Slika 17:	a) Količine padavin (mm), b) koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v obdobju od 26. 5. do 3. 6. 2006 (Meteorološki podatki, 2006)	32

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Dnevne količine padavin (mm) na AMP Hrastje v letu 2006
- Priloga B: Dnevni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v letu 2006
- Priloga C: Dnevne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi na AMP Hrastje v letu 2006
- Priloga D: Dnevne količine padavin (mm) na AMP Levec v letu 2006
- Priloga E: Dnevni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v letu 2006
- Priloga F: Dnevne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi na AMP Levec v letu 2006
- Priloga G: Lega obravnavanih vodnih teles v Sloveniji
- Priloga H: Karta rabe tal na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Priloga I: Površina (km²) za vsako kategorijo rabe tal na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje
- Priloga J: Karta rabe tal na vodnem telesu Savinjska kotlina
- Priloga K: Površina (km²) za vsako kategorijo rabe tal na vodnem telesu Savinjska kotlina

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AMP	avtomatska merilna postaja
FFS	fitofarmacevtska sredstva
IPPC zavezanci	Integrated Pollution Prevention and Control (CPNO – celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja) – obrati, ki lahko povzročijo večje onesnaženje in morajo za obratovanje pridobiti okoljevarstveno dovoljenje
m. n. m.	metro nad morjem
N	dušik
N ₂	dušik v molekularni obliki
NH ₄ ⁺	amonijev ion
NO ₃	nitrat
NO ₃ ⁻	nitratni ion
NO _x	dušikovi oksidi
pH	reakcija vode (merilo za koncentracijo hidronijevih ionov v raztopini in s tem posledično za njeno kislost ali alkalnost)
RS	Republika Slovenija
Sod.	sodelavci
Ur. l. RS	Uradni list Republike Slovenije
VTPodV	vodna telesa podzemne vode

1 UVOD

Voda je nepogrešljiv vir življenja, saj si brez nje življenja sploh ne moremo predstavljati. Voda v tleh in podzemlju predstavlja najtežje prepoznavni odsek vodnega kroga. Pronicanje padavin, zatekanje površinske vode in njeno pretakanje v podzemlju so najpogostejše očem skriti (Bat in sod., 2003).

Pot onesnaženja do podzemne vode in razširjanje po vodonosniku je odvisna od mnogih dejavnikov, kot so kemijske in fizikalne lastnosti onesnaževala, količina padavin, raba tal, vrsta talnih slojev, lastnosti vodonosnika ipd. Učinki poseganja, onesnaževanja in prevelikega izkoriščanja pa se v podzemni vodi izražajo z zakasnitvijo, kar lahko traja tudi nekaj let. Proces v vodonosnikih so počasni, zato je tudi proces regeneracije dolgotrajen (Dobnikar, 2008).

Eno od onesnaževal vode je dušik, ki pa je tudi nujno potrebno rastlinsko hranilo. Koreninski sistem rastlin vsrka dušik v mineralni obliki iz talne raztopine. Če količine mineralnega dušika v tleh presegajo potrebe rastlin, se poveča nevarnost izpiranja dušikovih spojin v podtalnico. Gre predvsem za izpiranje dušika v nitratni obliki. Zato govorimo o onesnaženju podtalnice z nitratom (Verbič in sod., 2006).

Onesnaženje podtalnice z nitratom je eden resnejših problemov, saj se zaradi njegove razpršenosti in težavnega nadzora onesnaženja z njim spopada cel svet. Glavni razpršeni vir onesnaženja je kmetijstvo, saj v vode vnaša različna hranila in druge nevarne snovi. Dokazano je, da visoke koncentracije nitrata v pitni vodi lahko povzročijo tudi resnejše zdravstvene težave. Ker pa je podtalnica najpomembnejši vir pitne vode za večino prebivalstva (vendar je to le v Sloveniji, drugje podtalnica ni tako pomemben vir pitne vode) in se človeštvo iz dneva v dan spopada z velikim pomanjkanjem pitne vode, se danes spremlja koncentracija nitrata v podzemnih vodah. Za to je v Sloveniji zadolžena Agencija RS (Republike Slovenije) za okolje, saj je monitoring slovenskih voda ena njenih ključnih nalog. Agencija RS za okolje spremlja kakovost in količino vodnih virov ter nudi podporo celovitemu upravljanju z vodami (Vode, 2002).

1.1 NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je ugotoviti, kakšen je vpliv padavin na koncentracijo nitrata v podzemni vodi na izbranih lokacijah v Sloveniji.

1.2 DELOVNI HIPOTEZI

Hipotezi postavljeni pred začetkom raziskovanja:

- razredčitveni efekt nitrata v podzemni vodi ni odvisen le od padavin, ampak od različnih kombinacij dejavnikov (raba zemljišč, razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode ipd.);
- pomembno vlogo pri izpiranju nitrata v podtalnico ima tudi vegetacija. V gozdovih in na travnikih je izpiranje nitrata bistveno manjše kot na njivah.

2 PREGLED OBJAV

Onesnaženje površinskih in podzemnih voda s presežki hranil (predvsem z nitratom) predstavlja velik problem v Evropi. Vnos dušika v tla je mnogo večji od odvzema dušika z rastlinami in s tem predstavlja nevarnost, da se hranila vnašajo v vode in s tem vplivajo na njihovo kakovost.

2.1 DUŠIK V VODAH

Čista voda je brez vonja in okusa. Molekula vode vsebuje le dva elementa, in sicer vodik in kisik. Vendar voda v naravi nikjer ni popolnoma čista, pač pa vsebuje različne snovi, kot so raztopljeni plini, anorganske in organske snovi ter mikroorganizmi, ki so lahko naravnega izvora ali pa posledica človekovega delovanja.

Eden pomembnejših elementov, ki se nahaja v vodi, je tudi dušik. Najdemo ga v različnih kemijskih oblikah. Največ je anorganskega dušika, ki je vezan v amonijeve spojine, amonijaku, nitritu in nitratu. Manj pa je dušika v organskih spojinah (aminokisliline, proteini, huminske substance) (Krajnc in Zupan, 1996).

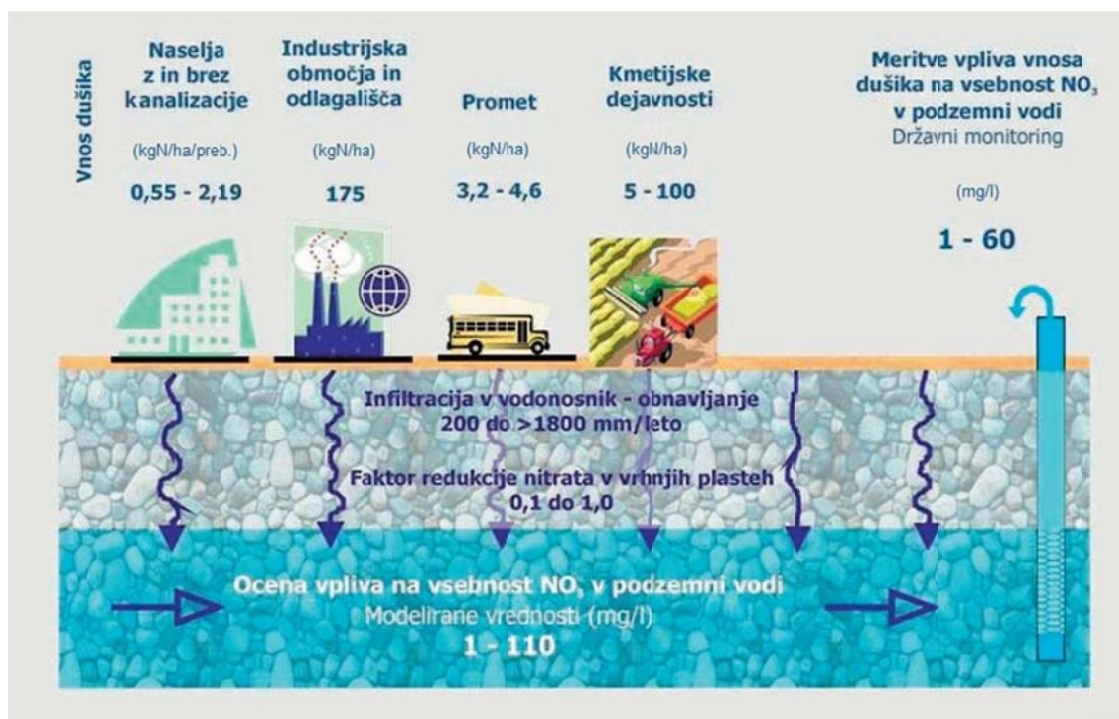
Človek s svojimi dejavnostmi, kot so industrija, promet, izpust neprečiščenih komunalnih odpadkov, neurejena odlagališča odpadkov, uporaba mineralnih gnojil, fitofarmacevtskih sredstev (FFS) in gnojevke v kmetijstvu, vnaša v vodne sisteme vedno večje količine dušikovih spojin, od katerih predstavljajo nekatere nevarnost za zdravje zaradi visoke koncentracije (npr. nitrat), druge pa so strupene tudi v zelo nizkih količinah (npr. FFS) (Krajnc in Zupan, 1996). Četudi je nitrat kot naravna sestavina v neznatnih količinah v večini naravnih voda in ima kot tak neznamenit toksikološki vpliv (Bugar, 1999), ga poleg FFS prištevamo h glavnim onesnaževalom pitne vode (Izotopska sestava nitratov ..., 2003).

Pomembna količina dušikovih spojin priteka v površinske in podzemne vode tudi s padavinami. Vir dušikovih spojin v padavinah so predvsem dušikovi oksidi NO_x v zraku, ki nastajajo iz dušika in kisika ob visokih temperaturah pri izgorevanju v bencinskih motorjih, termoelektrarnah in kotlovnica (Krajnc in Zupan, 1996).

2.2 PODTALNICA IN NITRAT

Kot podzemne vode pojmuje vode, ki se ob pronicanju padavin ter zatekanju in ponikovanju površinskih voda zadržujejo pod površjem ne glede na različnost pojavnih oblik (Čehić, 2007). Podzemna voda predstavlja kar 97 % vse razpoložljive sladke vode na zemlji (če izvajamo ledenike in ledeni pokrov), kar pomeni, da njena prostornina bistveno presega prostornino vodnih teles na površju. Dejstvo je, da je podzemna voda našim očem še vedno skriti vir pod površjem tal. Prav zaradi tega je skritost podzemne vode vzrok, da težje ugotovimo, sledimo, prepoznamo in razumemo vplive onesnaženj in se zato pogosto srečujemo s pomanjkanjem zavedanja ter dokazov o obsežnosti tveganja in vplivov obremenjevanja (Prestor, 2009).

Onesnaženje podzemnih voda je predvsem posledica obremenjevanja iz razpršenih virov (kmetijstva in urbanizacije). Človek s svojo dejavnostjo vpliva na kakovost podzemnih vodnih virov (Mali, 2008). Na sliki 1 je shematski prikaz onesnaženja podzemne vode z dušikom. Prikazane dejavnosti so najpomembnejši viri presežkov dušika (onesnaževala), ki s padavinsko vodo pronica v podzemno. Kakšen delež onesnaževala s površine bo dospel do podzemne vode, je odvisno seveda od mnogih dejavnikov, kot so sestava tal, mikrobiološki procesi v tleh in odvzem dušika s strani rastlin. Območja so tako na podlagi naravnih danosti različno ranljiva za onesnaževanje.



Slika 1: Ocena vpliva stalnega vnosa dušika na podzemno vodo (Mali, 2008: 23)

V Sloveniji so danes ključni problem in s tem najpomembnejša zadeva pri upravljanju podzemnih voda še vedno nitrat in FFS. V podtalnico pridejo iz koreninske cone zaradi gnojenja z organskimi ali mineralnimi gnojili in uporabe FFS. Za nitrat je poleg naštetega značilno, da pronica vanjo tudi iz neurejenih kanalizacijskih sistemov ali greznic. V podzemnih vodah se ponekod pojavljajo v prevelikih koncentracijah in celo presegajo standarde kakovosti in okoljske cilje. Poleg koncentracije je še težava v naraščanju vsebnosti teh onesnaževal (Prestor, 2009). Nitrat, ki ga voda spere v podtalnico iz negnojenelega rastlinskega pokrova, ne presega dovoljene mejne koncentracije za pitno vodo (50 mg NO₃/l) (Pintar in Lobnik, 2002).

Onesnaženje podtalnice je odvisno tudi od nekaterih dejavnikov, na katere človek nima vpliva ali pa je njegov vpliv majhen (Bugar, 1999). Ti dejavniki so:

- vrsta tal: za onesnaženje so nevarna predvsem lahka prepustna tla,
- kmetijska rastlina: na travinju je izpiranje nitrata bistveno manjše kot na njivah,
- količina padavin in izhlapevanje vode: velik pretok vode zagotavlja hitro obnovo podtalnice in s tem redčenje nitrata v podtalnici. Glede onesnaženja podtalnice z nitratom so najbolj ogrožena območja z majhno količino padavin in intenzivnim izhlapevanjem vode,
- zaledna nekmetijska in neposeljena območja: dotok čiste vode s teh območij zagotavlja redčenje nitrata v podtalnici.

Kakšna bo količina nastale podtalnice v nekem časovnem intervalu, je odvisno od količine padavin v istem obdobju. Razliko med količino padavin in količino nastale podtalnice predstavlja evapotranspiracija (uparjanje), ki je odvisna od meteoroloških razmer (temperatura, osončenje, vlažnost zraka, hitrost zraka), vsebnosti vode terena in od transpiracijskih koeficientov rastlin (oddajanje vode) oziroma od rastlinskega pokrova terena (gozd, travnik, njiva) (Bugar, 1999).

Podzemna voda je v Sloveniji tudi vir pitne vode za približno 97 % prebivalcev. Njena kakovost večinoma ustreza vsem zahtevam za pitno vodo in se jo uživa brez kakršnekoli obdelave. To je za Slovenijo velika prednost glede na ostali evropski in širši svetovni prostor (Poročilo Slovenije ..., 2008). V državah članicah Evropske skupnosti presega nitrat standard kakovosti v približno tretjini vodnih teles podzemne vode (Prestor, 2009).

2.3 VPLIV NEKATERIH LASTNOSTI TAL NA SPIRANJE NITRATA

Tla so sestavljena iz treh agregatnih stanj (trifazni sistem), in sicer iz trdnih delcev (mineralni delci, organska snov), talne raztopine (voda z raztopljenimi snovmi) in zraka v tleh (plini). Med trdnimi talnimi delci v splošnem najdemo prazne prostorčke, kot so talne pore različnih oblik in velikosti. Voda, zrak ali celo oboje pa se lahko zadržujeta v talnih porah. Po velikosti talne pore delimo na makropore (nekapilarne pore), ki jih najdemo v peščenih in grobo strukturiranih tleh ter mikropore (kapilarne pore), ki jih najdemo v drobno strukturiranih tleh z majhnimi osnovnimi delci. Makropore najdemo v obliki razpok in kanalov, ki jih povzroča delovanje talne favne, rastlinskih korenin in vremenske razmere. Take pore so navadno zapolnjene s talnim zrakom. Zaradi vpliva gravitacijske sile voda iz njih hitro odteče. V kapilarnih porah pa se voda zadržuje pod vplivom kapilarnih sil. Te sile zaradi površinske napetosti vode vežejo vodo na stene talnih por z večjo silo kot je gravitacijska sila, pod vplivom katere bi ta voda odtekla v globlje plasti tal (Suhadolc in sod., 2005).

V kolikšnem obsegu bo nitrat prodril iz površinskih slojev terena v podtalnico je odvisno od lastnosti terena, ki se izražajo kot vodoprepustnost terena in od t.i. koristne kapacitivnosti (sposobnosti vezanja vode) terena. Ko je kapacitivnost terena presežena in ko je kapilarni vzgon manjši od gravitacijske teže oz. hidrostaticnega tlaka, se šele pojavi podtalnica (Bugar, 1999).

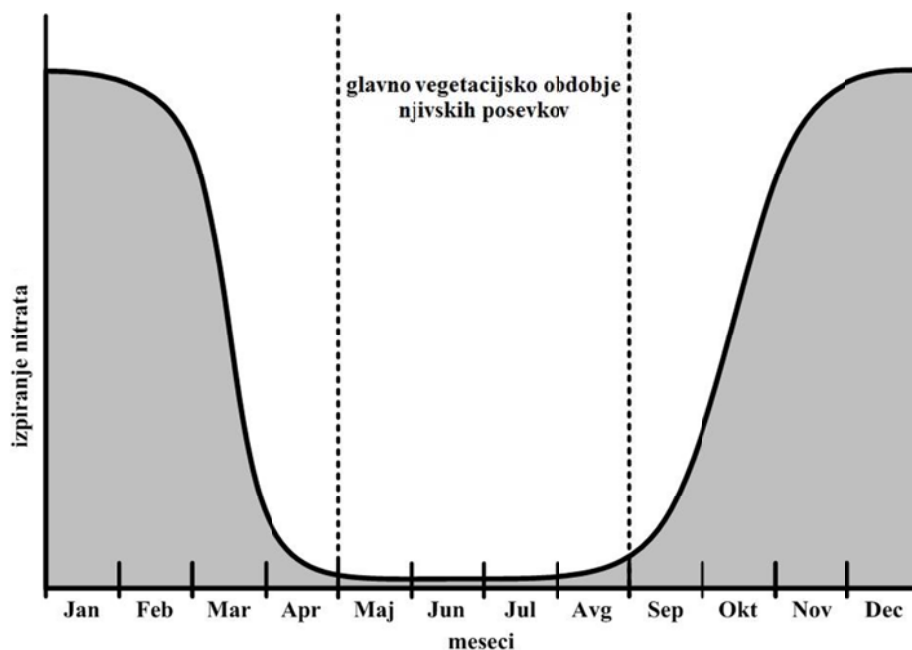
Izpiranje nitrata v podtalnico je prav tako odvisno od teksture tal (nanaša se na relativni delež delcev različnih velikosti v danih tleh) in vsebnosti organske snovi, saj imajo tla glede na teksturo tal in vsebnost organskih snovi različne zadrževalne sposobnosti (Gaines in Gaines, 1994). Zaradi velikega deleža gravitacijskih por so peščena tla navadno bolj občutljiva na izpiranje kot ilovnata tla (Wu in sod., 1997). Ugotovili so, da lahko skozi peščena tla odteče do 50 % dodanega dušika. Peščena tla so tudi dokaj homogena, voda se svobodno premika skozi profil in zato se tudi nitrat v peščenih tleh skozi talni profil prenaša skoraj neovirano (Addiscott, 1996). V primerjavi z grobo teksturnimi tlemi so izgube dušika v podzemno vodo iz glinenih tal bistveno manjše. Fina glinena tla imajo večjo sposobnost zadrževanja ionov kot peščena tla, saj peščena tla vsebujejo manj melja in gline, ki imata manjšo sposobnost za izmenjavo ionov (Gaines in Gaines, 1994).

Negativni naboj na glinenih delcih zadržuje amonijev ion (NH_4^+) in ga zato ščiti pred spiranjem. Nitratni ion (NO_3^-) je negativno nabit in zato ga glineni delci ne zadržujejo. Čeprav glinena tla ne zadržujejo nitratnega iona, voda skozi tla ne pronica z lahkoto. Velike površine posameznih glinenih delcev in veliko število zelo majhnih por v glinenih tleh lahko zadržujejo zelo veliko količino vode. V glinenih tleh, kjer so pore napolnjene z vodo, primanjkuje kisika. Skupina talnih bakterij, imenovanih fakultativni anaerobi, ob primanjkljaju kisika za dihanje kisik nadomeščajo z nitratom. Ko bakterije uporabljajo

nitrat kot nadomestek za kisik, pretvorijo nitrat do plinaste oblike dušika v procesu denitrifikacije. V procesu denitrifikacije v glinenih tleh se tako izgubi velika količina nitrata, ki bi se sicer lahko spral v podtalnico (Bhumbla, 2009).

Fina teksturna tla z luknjami, ki jih naredijo črvi, razpokami ali drugimi vertikalnimi kanali omogočajo gibanje nitratu globoko v tla izven območja korenin. V takih razmerah lahko znatne količine vode odtekajo skozi velike pore tal (makro pore), čeprav le te predstavljajo le majhen delež vseh por v tleh. Takšen način pronicanja vode v tla imenujemo preferenčni vodni tok (Addiscott, 1996).

Pri težje prepustnih zemljiščih je večja retencijska kapaciteta in zato manjši nastanek podtalnice in to pretežno v nevegetacijskem obdobju. Pri lahko prepustnih peščenih zemljiščih nastaja podtalnica tudi v vegetacijskem obdobju, vendar je izpiranje nitrata največje v nevegetacijskem obdobju, in sicer je to od septembra do aprila (slika 2) (Bugar, 1999).

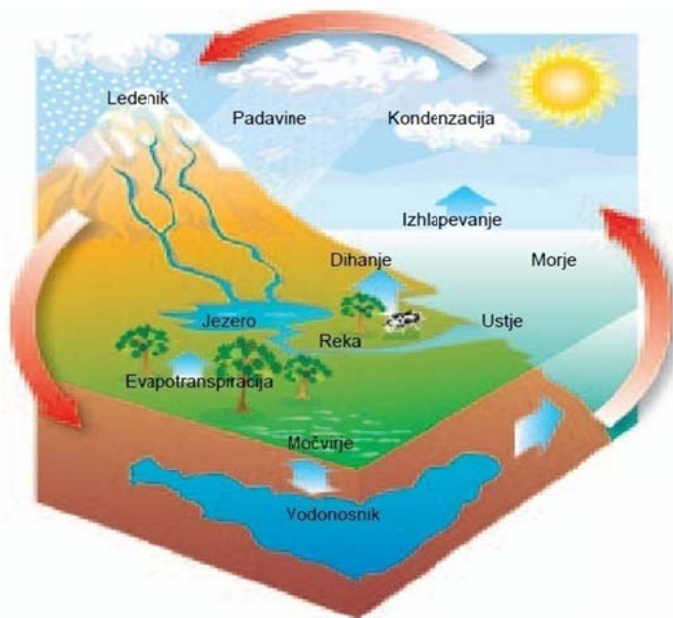


Slika 2: Prikaz izpiranja nitrata v odvisnosti od letnih časov (Bugar, 1999: 139)

2.4 VPLIV PADAVIN NA SPIRANJE NITRATA

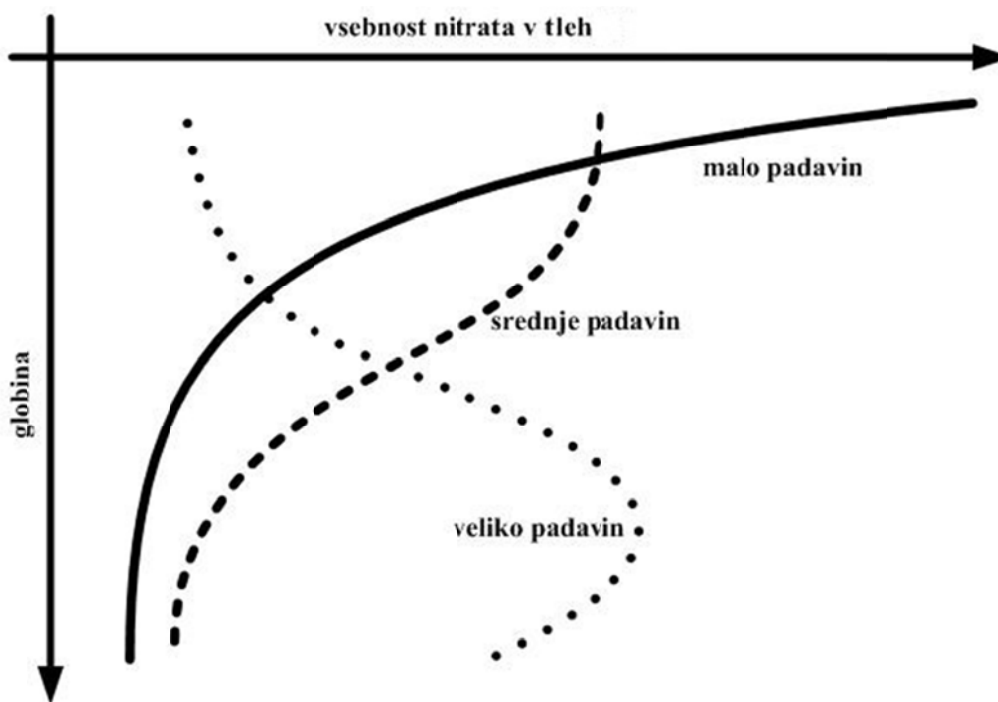
Voda je ena redkih snovi, ki je na zemeljskem površju v vseh treh agregatnih stanjih. Z izhlapevanjem se dviga z zemeljskega površja v ozračje, prepotuje večje ali manjše razdalje in se nato kot padavine ponovno vrne na zemeljsko površje (Bat in sod., 2003).

Tako imenovani vodni krog sestavljajo izhlapevanje, transpiracija, kondenzacija, padavine, odtok vode in infiltracija. Vsi deli vodnega kroga so med seboj povezani. Odvisni so eden od drugega, in sicer tako, da vsak poganja ostale (slika 3). Izhlapevanje je prehod iz tekočega v plinasto stanje. Glavni vir energije za izhlapevanje vode je energija sončnega sevanja. Naslednji pomemben vir vodne pare v ozračju je transpiracija, kjer vodno paro v ozračje oddajajo rastline, vodo črpajo iz tal in jo oddajajo v ozračje prek listov. Nato sledi kondenzacija, ki je nasproten pojav izhlapevanju. Dogaja se, ko se plin spreminja v tekočino, to je takrat, ko se temperatura vodne pare zniža pod temperaturo rosišča. Vso vodo, ki v različnih oblikah pade iz ozračja nazaj na zemeljsko površje, imenujemo padavine. Ali je to dež, sneg, toča ali sodra, je odvisno od temperature v oblaku in temperature plasti zraka, skozi katere voda pada proti zemeljskemu površju. Kaplje, snežinke ali ledena zrna izpadejo iz oblaka na zemeljsko površje, kjer ali poniknejo v zemljo, izhlapijo, ali pa odtečejo in se prek potokov in rek vrnejo v morja ter oceane. Količino padavin navadno izražamo kot debelino plasti vode, ki bi jo tvorile na ravnem in nepropustnem površju, navadno jo izražamo v milimetrih (mm). V uporabi je tudi enota liter na kvadratni meter (l/m^2) (Bat in sod., 2003).



Slika 3: Kroženje vode v naravi (Čehić, 2007: 12)

Padavine so eden najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na gibanje nitrata v tleh. Razporeditev (vsebnost) nitrata po globini je odvisna od količine padavin, in sicer je pri majhnih padavinah nitrat pretežno v površinskih slojih, pri velikih padavinah pa v globljih slojih zemljišča (slika 4). Intenziteta premikanja je močno odvisna od strukture tal (Bugar, 1999). Pomembno vlogo pri spiranju nitrata v podtalnico ima tudi evapotranspiracija. Če so padavine večje od evapotranspiracije, potem se lahko nitrat spira v podtalnico. Kjer so količine padavin manjše in evapotranspiracija presega količino letnih padavin, bo koncentracija nitrata večja, saj je učinek redčenja zmanjšan (Podgornik in Pintar, 2007). Izpiranje je zlasti intenzivno jeseni in čez zimo, ko ni aktivnega sprejema N (dušika) v rastline, obenem pa je evapotranspiracija majhna. Zato je takrat presežek vode največji. Drugo obdobje, ko se v Sloveniji tudi pojavi nevarnost izpiranja, je v maju in prvi polovici junija, ko imamo padavinski maksimum (Operativni program za varstvo voda ..., 2004).



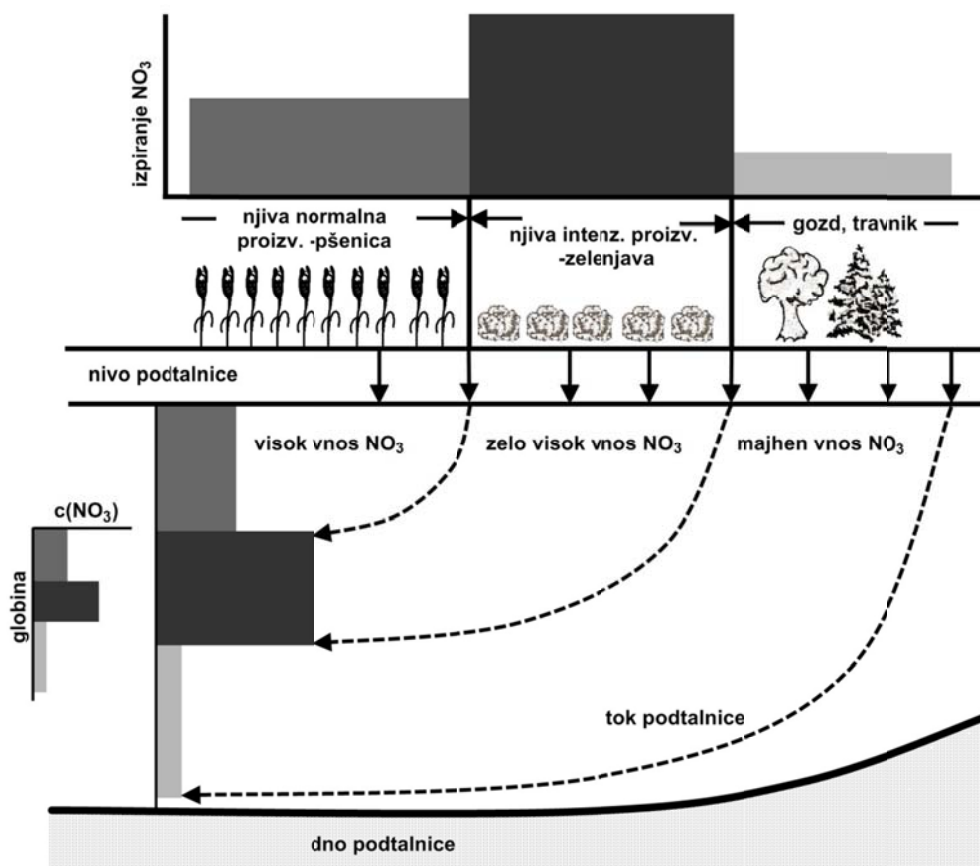
Slika 4: Shema porazdelitve nitrata v tleh v odvisnosti od padavin (Bugar, 1999: 140)

Porazdelitev padavin v Sloveniji kaže veliko prostorsko in časovno raznolikost, ki je posledica vpliva geografske lege Slovenije, razgibanosti njenega površja in značilnosti posameznih vremenskih tipov (Bat in sod., 2003). Nevarnost onesnaženja podtalnic se povečuje proti severovzhodu države. V tej smeri pojemajo padavine, obenem pa je evapotranspiracija sorazmerno intenzivna. Zato se skozi talni profil izpere malo vode. Zaradi manjše razredčitve je v talni vodi koncentracija nitrata večja. Velike koncentracije nitrata pa zaradi relativno počasne obnove podtalnic lahko vztrajajo dalj časa tudi potem, ko kmetje zmanjšajo intenziteto gnojenja. V osrednji in zahodni Sloveniji je izpiranje vode skozi talni profil sorazmerno večje, saj zaradi velikega pretoka vode pride do razredčenja vsebnosti nitrata in zato je verjetnost onesnaženosti podtalnic posledično manjša (Operativni program za varstvo voda ..., 2004).

2.5 VPLIV VEGETACIJE NA SPIRANJE NITRATA

Vegetacija ima pri izpiranju dušika iz tal pomembno vlogo, saj bi brez nje in njene aktivnosti prišlo do prekomernih izgub. Stalna pokritost tal z rastlinsko odejo preprečuje negativne vplive dežja, sonca in vetra na strukturo tal ter zmanjšuje izpiranje hranil v podtalnico. Z bogatim koreninskim sistemom dosevki povečujejo delež organske snovi (humusa) v tleh, izboljšujejo strukturo in mikrobiološko aktivnost tal (Bantan in Zavodni, 2006). Travnna ruša, obogatena z organsko snovjo, ki povečuje zadrževalno sposobnost tal z vodo, omogoča zadrževanje velikih količin vode in jo prefiltrirano oddaja v podtalnico (Omahen, 2004).

Različna raba tal različno vpliva na spiranje nitrata. Raziskave so pokazale, da je spiranje na travniku do 7-krat večje kot v gozdu, na goli površini pa kar 470-krat večje kot v gozdu (Skaberne, 2009). Na njivah bo torej prišlo do visokega ali celo zelo visokega vnosa nitrata v podtalnico, na travnikih in v gozdovih pa je vnos nitrata v podtalnico majhen (slika 5).



Slika 5: Vpliv rabe tal na vertikalni profil nitrata v podtalnici (Bugar, 1999: 138)

Gozdovi zadržujejo velike količine deževnice in jo oddajajo kot pitno vodo v okolje. Za gozdna tla je značilno, da zadržujejo veliko več vode kot ostala tla, saj vsebujejo veliko količino organske snovi, ki vpliva na zadrževanje vode (Skaberne, 2009).

Na travnikih ni izrazitega izpiranja dušika tudi pri presežku dušika, razen če so količine dodanega dušika močno prekoračene (npr. več kot 200 oz. 240 kg N/ha). Nevarnost izpiranja dušika v vode je na travnikih manjša kot na njivah. Poleg tega so izgube dušika z amonijakom v zrak večje kot na njivah, saj gnojil na travnikih ne moremo zadelati v tla. Zaradi obsežnejše denitrifikacije so izgube dušika v molekularni obliki (N_2) na travnikih tudi v tem primeru večje kot na njivah (Verbič in sod., 2006). Nevarnost za izpiranje se močno poveča, če se travinje preorje in se ga tako spremeni v njivo. Takrat se sprostijo velike količine dušika iz organske snovi v tleh, ki lahko onesnaži podtalnico. Posebno nevarno je tudi puščati golo površino tal (brez rastočih rastlin) čez poletje, saj se med poletjem zaradi mineralizacije sprosti veliko dušika, ki se jeseni in čez zimo deloma izgubi (izpere) iz tal, tudi če zgodaj jeseni posejemo naknadni posevek (Operativni program za varstvo voda ..., 2004).

Največje potencialne nevarnosti za izpiranje nitrata obstajajo z njiv, ki niso poraščene kot npr. prazne zorane njive po žetvi, okopani vinogradi, sadovnjaki ipd. Zemljišča, na katerih so rastline, ki pozno razvijejo koreninski sistem, so celo pomlad gola in običajno pred setvijo pognojena z gnojevko. Takšna zemljišča so zelo nevarna za čezmerno izpiranje nitrata, ki obremenjuje podtalnico. Razni rastlinski ostanki in zelene podrasti, ki jih jeseni podorjemo, v zimskem času z gnitjem sprostijo veliko organsko vezanega dušika, ki se z nitrifikacijo spremeni v nitrat in se tako izpira v podtalnico (Bugar, 1999). V ekstremnih primerih se na njivah lahko izpere tudi do 70 % dodanega dušika.

Velik problem v Sloveniji je, da se najbolj rodovitna tla večinoma nahajajo na območjih, ki so s stališča izpiranja nitrata v podzemne vode najbolj ranljiva. To so predvsem območja kotlin, za katera so značilna pretežno plitva tla (do globine 50 cm) ter velik delež njiv v strukturi rabe tal, kar neugodno vpliva na nevarnost onesnaženja podzemnih voda z nitratom iz kmetijstva (Sušin in sod., 2008).

2.6 MONITORING KAKOVOSTI PODZEMNE VODE V SLOVENIJI

Državni monitoring kakovosti podzemne vode se v Sloveniji izvaja od leta 1987. V okviru monitoringa se v vodi analizirajo kemijski in fizikalni parametri, ki so naravnega izvora ali posledica človekovih dejavnosti (Poročilo o kakovosti ..., 2007).

Monitoring se izvaja v treh fazah. Prva faza obsega pripravo objektov na vzorčenje, meritve terenskih (fizikalnih) parametrov, vzorčenje podzemne vode, stabilizacijo in transport vzorca. Naslednja faza je analiza vseh parametrov, ki se ugotavljajo v podzemni vodi po standardiziranih analiznih postopkih in s predpisano mejo zaznavnosti. V zadnji fazi pa gre za pripravo rezultatov v skladu z zahtevami enotne baze podatkov. Za izvedbo teh faz pa Agencija RS za okolje vsako leto izbere akreditirane laboratorije (Poročilo o kakovosti ..., 2007). Pooblaščen izvajalec monitoringa pripravi potrjen program, po katerem se monitoring izvaja. Program mora vsebovati prikaz hidrogeoloških razmer, posnetek ničelnega stanja, določitev osnovnih in indikativnih parametrov, ki so predmet monitoringa, pogostost meritev in določitev opozorilne spremembe indikativnih parametrov (Vode, 2002).

Monitoring podzemnih voda poteka na različnih merilnih mestih. Med temi so tudi avtomatske merilne postaje (AMP), kjer se neprekinjeno merijo temperatura vode, pH vrednost, električna prevodnost, vsebnost kisika, vsebnost nitrata in gladina podzemne vode. Rezultati neprekinjenih meritev na posameznih merilnih mestih so redno objavljeni v mesečnih biltenih Agencije RS za okolje (www.arso.gov.si) (Poročilo o kakovosti ..., 2007). Agencija RS za okolje je prav tako zadolžena za spremljanje kakovosti podzemne vode na celotnem ozemlju Slovenije. Le-ta izvaja vse faze spremljanja stanja podzemne vode, od priprave programov, izvedbe monitoringa, ocene kemijskega stanja, trendov, priprave poročil in strokovnih mnenj. Agencija je odgovorna tudi za zanesljivost rezultatov, ki se zbirajo v bazi podatkov. Rezultati, pridobljeni v okviru monitoringa, so osnova za ocenjevanje kakovosti podzemne vode (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

Cilji monitoringa voda so pregled onesnaženosti voda Slovenije ter ugotavljanje trendov, opozarjanje na prekomerno onesnaženost in na krizna stanja ter uvajanje postopkov in ukrepov za izboljšanje kakovosti voda (Krajnc in Zupan, 1996).

3 MATERIAL IN METODE

Delo je potekalo na podlagi že zbranih podatkov iz državnega monitoringa kakovosti podzemne vode in podatkov o padavinah na relevantnih dežemernih postajah. Izbrani sta bili dve lokaciji, kjer so bile opravljene najdaljše in najpogostejše meritve nitrata v podzemni vodi. Prva je AMP Hrastje, ki se nahaja na območju vodnega telesa Savska kotlina in Ljubljansko barje (4 vrtine s filtri na različnih globinah vodonosnika), druga pa je AMP Levec, ki se nahaja na območju vodnega telesa Savinjska kotlina (2 vrtini s filtri na različnih globinah vodonosnika). Obe postaji sta bili vključeni v mrežo merilnih mest v letu 2003, in sicer za potrebe spremljanja kakovosti podzemnih voda (Poročilo o kakovosti ..., 2007). Obravnavani podatki zajemajo leto 2006.

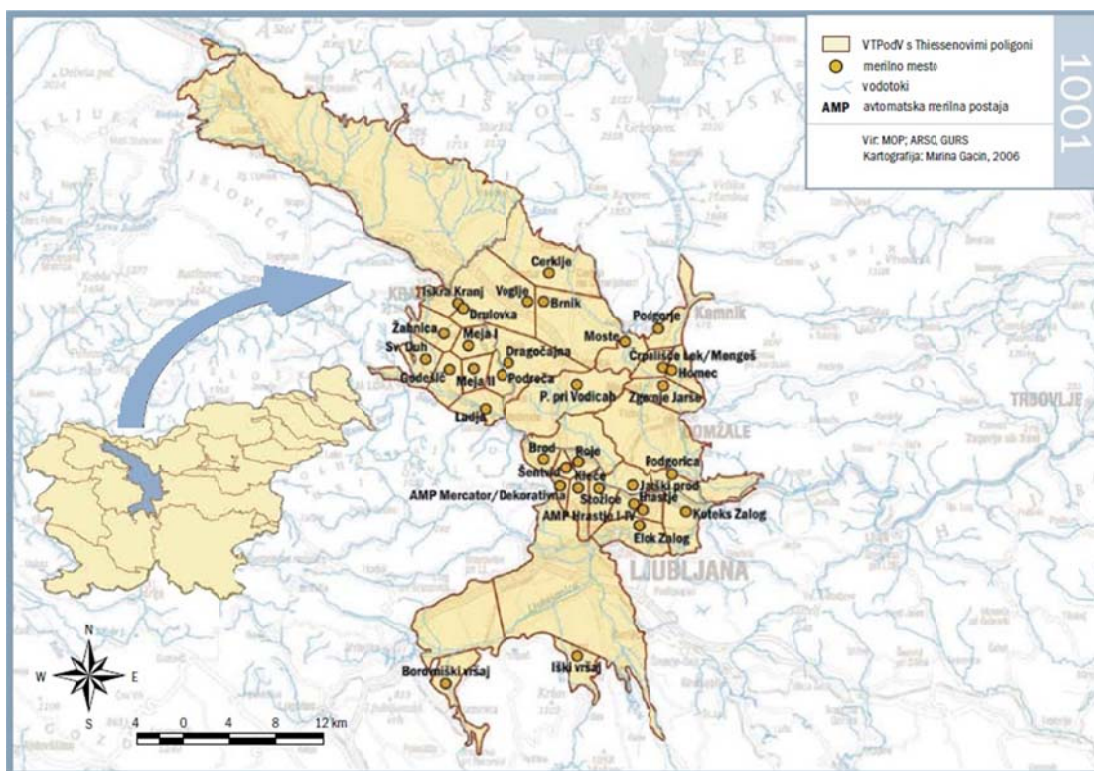
3.1 OPIS LOKACIJ

3.1.1 Hrastje – vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje

Vodno telo Savska kotlina in Ljubljansko barje (slika 6), kjer se nahaja AMP Hrastje, leži na območju aluvialnega prodnega zasipa reke Save med Jesenicami na Gorenjskem in Dolskim pri Ljubljani ter na območju Ljubljanice od njenih izvirov do izliva v Savo. Površina telesa je 773,6 km², njegova največja dolžina je približno 69,6 km, največja širina pa približno 28,0 km (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

Vodno telo je tip aluvialnega vodnega telesa, ki ima značilno povezavo s površinskimi vodami. Vsi pomembni iztoki iz vodnega telesa odtekajo v površinske vode, večjih podzemnih odtokov iz telesa pa ni. Vsa količina vode, ki infiltrira iz površinskih tokov, se znotraj območja vodnega telesa v te površinske tokove tudi vrne. Vodno telo se nahaja v dveh tipičnih vodonosnikih, prvi je aluvialni, medzrnski vodonosnik kvartarne starosti, drugi je kraški in razpoklinski vodonosnik mezozoiske starosti, sestavljen iz apnenca in dolomita (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

Debelina omočenega aluvialnega vodonosnika lahko dosega od 60 do 80 m, v povprečju je gotovo manjša od 40 m in večja od 10 m. Kvartarni sedimenti so dobro prepustni, njihov koeficient prepustnosti se giblje v razponu med $1 \cdot 10^{-4}$ m/s in $1 \cdot 10^{-2}$ m/s. Vodonosnik je odprtega tipa. Debelina sedimentnih kamnin mezozoiske podlage ni točno znana, vendar gotovo presega več 100 metrov. Vodonosnik v podlagi mezozoiske starosti je srednje do slabo prepusten. Vrednost koeficienta prepustnosti se giblje med $1 \cdot 10^{-5}$ m/s in $1 \cdot 10^{-7}$ m/s (Poročilo o kakovosti ..., 2008).



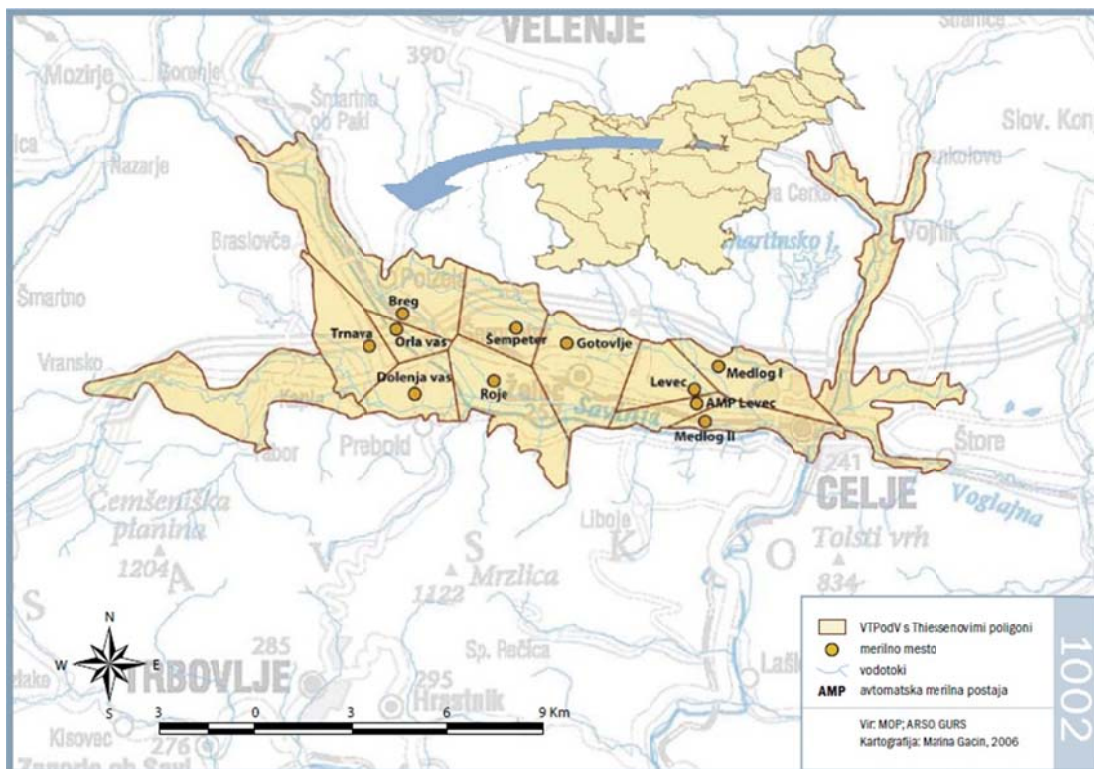
Slika 6: Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje s Thiessenovimi poligoni v letih 2004 in 2005
(Poročilo o kakovosti ..., 2007: 76)

Površina vodnega telesa je obremenjena z linijskimi in razpršenimi viri onesnaževanja (gostota cest 559 m/km², gostota železnic 203 m/km², kmetijska zemljišča 56,5 %, urbana območja 16,7 %) ter točkovnimi viri onesnaževanja (6 komunalnih odlagališč, 80 izpustov in 18 IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) zavezancev – to so obrati, ki lahko povzročijo večje onesnaženje in morajo za obratovanje pridobiti okoljevarstveno dovoljenje). Razpršeni viri onesnaževanja zavzemajo 73,2 % površine vodnega telesa (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

AMP Hrastje, ki se nahaja na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje, je na nadmorski višini 289,63 m. Nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, je 289,78 m nad Jadranskim morjem (Hidrološki letopis ..., 2009).

3.1.2 Levec – vodno telo Savinjska kotlina

Vodno telo Savinjska kotlina (slika 7), kjer se nahaja AMP Levec, leži na območju aluvialnega prodnega zasipa reke Savinje med Letušem in Celjem. Površina telesa je 109,0 km², njegova največja dolžina je približno 30,8 km, največja širina pa približno 9,6 km (Poročilo o kakovosti ..., 2008).



Slika 7: Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na vodnem telesu Savinjska kotlina s Thiessenovimi poligoni v letih 2004 in 2005 (Poročilo o kakovosti ..., 2007: 92)

Vodno telo se nahaja v vodonosniku z medzrnsko poroznostjo kvartarne starosti. Sestavljajo ga peščeno prodni zasipi reke Savinje in njeni površinski pritoki. Zunanja meja vodnega telesa je določena po stiku aluvialnega nanosa s predkvartarnim obrobjem. Stik predstavlja ponekod neprepustno hidravlično mejo, na določenih mestih zasledimo tudi veliko razliko v prepustnosti. Pomembnih podzemnih dotokov iz sosednjih vodonosnikov ni. Podlago kvartarnega aluvialnega nanosa tvorijo neprepustne plasti terciarne starosti (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

Savinjska kotlina je prekrita z debelim prodnim pokrovom, katerega debelina je do 22 m, v splošnem se giblje med 3 in 16 m. Debelina prodnega pokrova narašča od Savinje proti severnemu obrobju kotline. Srednja debelina omočenega dela vodonosnika je 8 m. Kvarterni sedimenti so dobro prepustni, srednja vrednost koeficienta prepustnosti je približno $3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

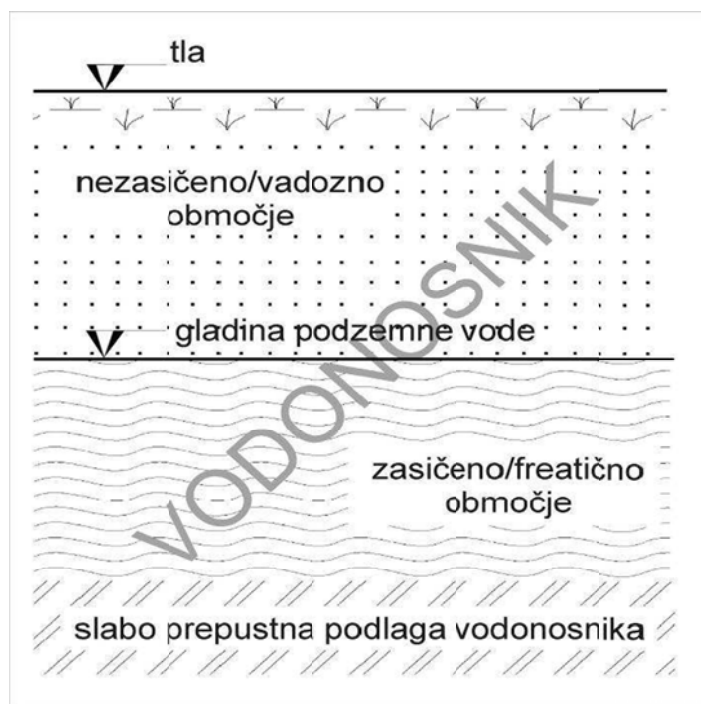
Površina vodnega telesa je obremenjena z linijskimi in razpršenimi viri onesnaževanja (gostota cest 906 m/km^2 , gostota železnic 273 m/km^2 , kmetijska zemljišča 74,6 %, urbana območja 18,6 %) ter točkovnimi viri onesnaževanja (37 izpustov in 13 IPPC zavezancev). Razpršeni viri onesnaževanja zavzemajo 93,2 % površine vodnega telesa, zato lahko pričakujemo močno ali prekomerno obremenitev vodnega telesa (Poročilo o kakovosti ..., 2008).

AMP Levec, ki se nahaja na vodnem telesu Savinjska kotlina, je na nadmorski višini 244,52 m. Nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, je 244,72 m nad Jadranskim morjem (Hidrološki letopis ..., 2009).

3.2 METODE DELA

Podatki, ki smo jih obravnavali v diplomskem delu, so meritve gladine podzemne vode, količine padavin in koncentracije nitrata v podzemni vodi.

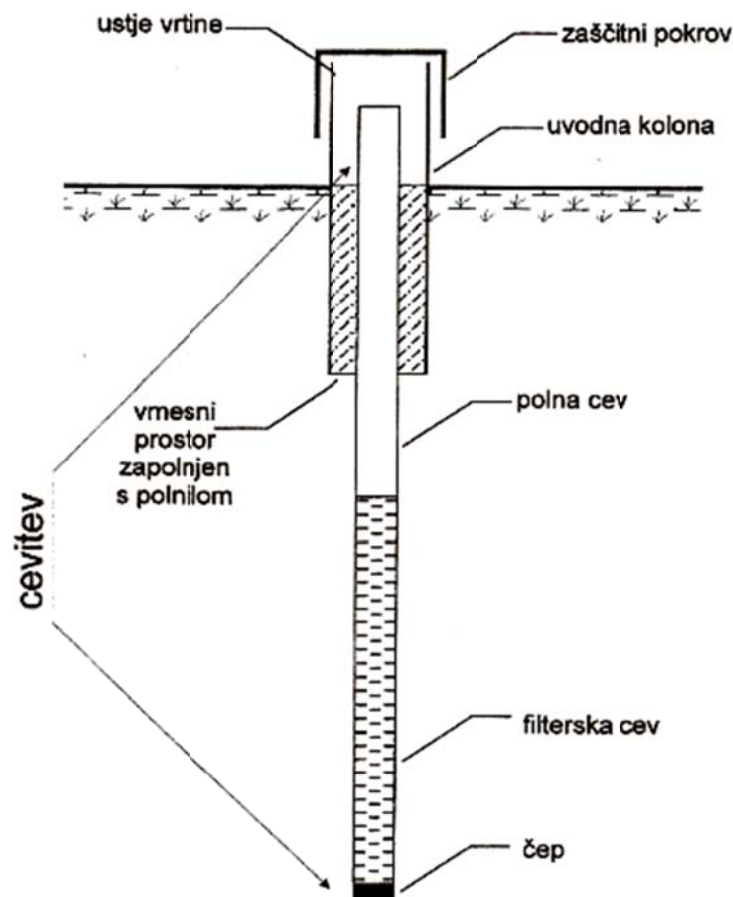
Meritve gladine podzemnih voda se izvajajo neprekinjeno z uporabo avtomatskih merilnikov (Pravilnik ..., 2006), kjer poteka neprekinjeno beleženje s podatkovnim zapisovalnikom (Hidrološki letopis ..., 2009). Za ugotavljanje višine podzemne vode v vodonosnikih (slika 8) se uporabljajo opazovalne vrtine, ki jih imenujemo tudi piezometri. Piezometer se uporablja za merjenje vodne gladine (tlaka) oz. nivoja podzemne vode v ozkem prevodnem kanalu (vrtina manjšega premera). Dober piezometer dobro reagira na spremembe nivoja vode v vodonosniku (Vižintin, 2008).



Slika 8: Vodonosnik (Brenčič, 2008: 13)

Opazovalna vrtina (slika 9) je sestavljena iz širše uvedne kolone, katero najprej vstavimo v profil, ko opazovalno vrtino izdelujemo. Skozi uvedno kolono se nadaljuje z vrtanjem manjšega profila, kamor se vstavi cevitev, ki sestoji iz filterske cevi in polne cevi. Vsaka filterska cev mora imeti na dnu čep. Ta navidez nesmiseln del cevitve je izredno pomemben. Odsotnost tega dela lahko povzroči zasutje celotne vrtine. Vmesni prostor med uvedno kolono in polno cevjo je praviloma zapolnjen s polnilom, v praksi je to največkrat beton. Odvisno od namena vrtine je ustje vrtine opremljeno na najrazličnejše načine.

Najpogosteje z ustreznimi navoji, ki omogočajo vgradnjo merske opreme. Pomemben del opreme predstavlja tudi zaščitni pokrov ali katera koli druga ustrezna zaščita (Brenčič in Prestor, 1999).



Slika 9: Enonivojska vrtna za merjenje gladine podzemne vode (Brenčič in Prestor, 1999: 60)

Meritve količine padavin se izvajajo v bolj gosti mreži meteoroloških postaj v primerjavi z ostalimi meteorološkimi meritvami. Za ta parameter je namreč značilna zelo velika časovna in prostorska variabilnost. Količino padavin merimo z dežemerom ali ombrometrom (slika 10), kjer se padavine stekajo v posodo. Padavine, ki padajo iz oblakov, merimo tako, da merimo kako debela plast vode v milimetrih je padla v določenem časovnem obdobju na zemeljsko površino. Vse bolj pa se uveljavljajo AMP, kjer naprave avtomatično merijo meteorološke spremenljivke. Te naprave lahko podatke takoj pošiljajo zbirnemu centru ali pa se podatki shranjujejo in jih v določenih časovnih intervalih odčitajo. Podatke o množini padavin prikazujemo v klimogramih s stolpci, prostorsko pa na vremenskih kartah (Merjenje količine padavin, 2009).



Slika 10: Ombrometer (Merjenje količine padavin, 2009)

Merjenje koncentracije nitrata v podzemni vodi se izvaja s pomočjo analizatorja nitrata v vodi (slika 11). Sposobnost nitratnih ionov je absorpcija ultravijolične svetlobe določenih valovnih dolžin, ki se uporablja za merjenje nitrata. Naprava vsebuje impulzno svetilko, katere ultravijolična svetloba pronica skozi merilno kiveto. Skozi kiveto teče vzorec podzemne vode z delno absorbiranimi nitratnimi ioni. Sprememba valovne dolžine ultravijoličnega žarka se meri in primerja z referenčno valovno dolžino. Razlika je prikazana na elektronskem prikazovalniku. Naprava vsebuje zelo natančen merilni senzor, ki omogoča merjenje do štirih svetlobnih žarkov istočasno (On-line instrumentation ..., 2008).



Slika 11: Analizator nitrata v vodi (On-line instrumentation 2008/2009, 2008)

Pridobljene podatke iz državnega monitoringa smo prikazali grafično in jih nato ekspertno komentirali.

4 REZULTATI

Diplomsko delo vključuje podatke iz državnega monitoringa kakovosti podzemne vode in podatke o padavinah na relevantnih dežemernih postajah, zbrane leta 2006. Meritve nivoja podzemne vode, vsebnosti nitrata in količine padavin na lokacijah AMP Hrastje in AMP Levec so prikazane v preglednicah v prilogah. Podrobneje so rezultati prikazani v nadaljevanju.

4.1 AMP HRASTJE

4.1.1 Padavine

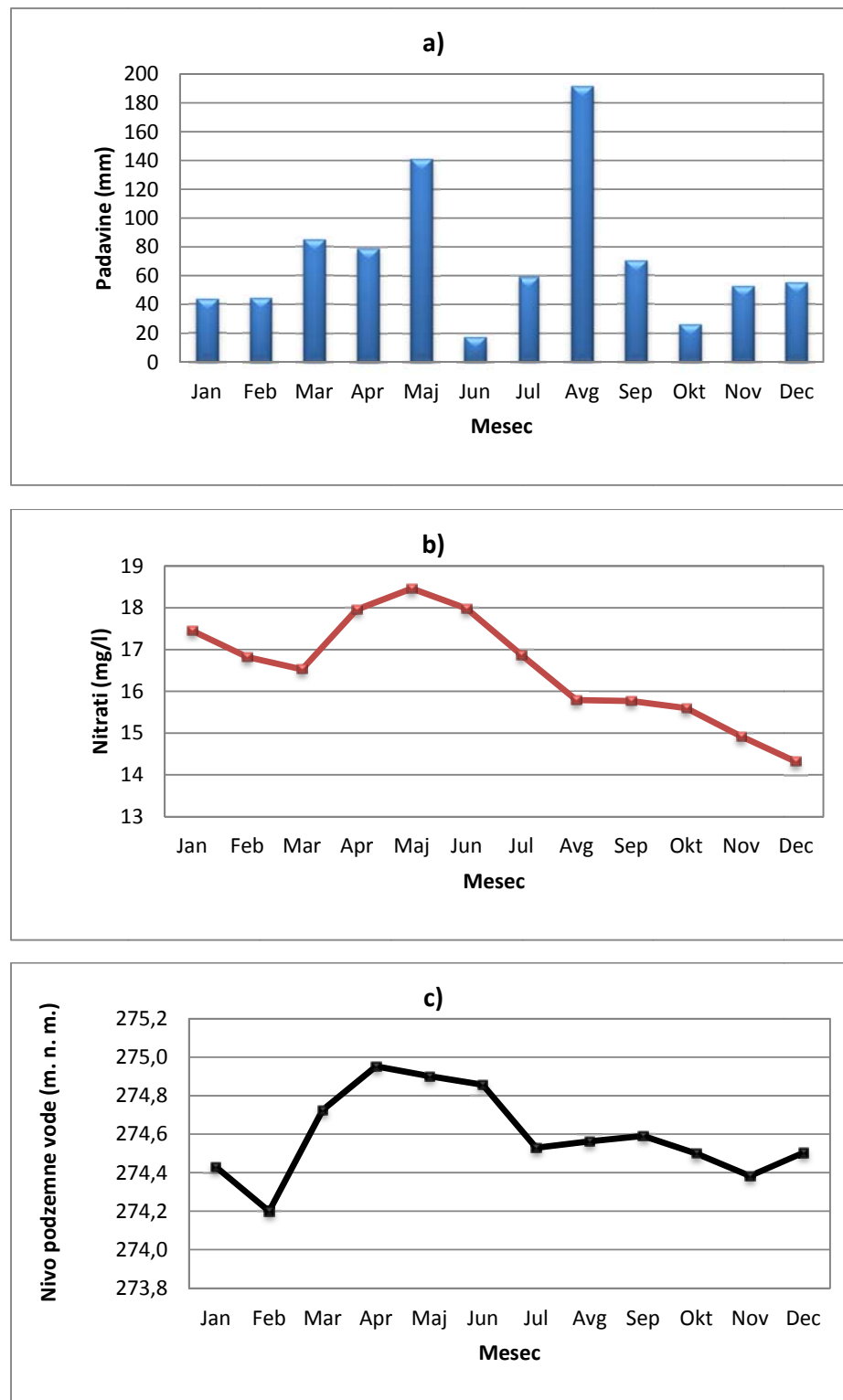
Podatki, pridobljeni s pomočjo AMP Hrastje, prikazujejo mesečne količine padavin v letu 2006. V obravnavanem obdobju je v prvih treh mesecih leta 2006 (januarja 43,6 mm, februarja 44,5 mm, marca 85 mm) mesečna količina padavin iz meseca v mesec naraščala. V aprilu se je količina mesečnih padavin znižala na 79,1 mm, v maju pa se je ponovno zvišala in dosegla prvi letni vrh s 141,2 mm padavin. V juniju je količina mesečnih padavin padla na 17,4 mm, v juliju pa se je ponovno zvišala na 59,3 mm. V avgustu se je količina mesečnih padavin povečala in dosegla drugi letni vrh s 191,8 mm padavin. V septembru (70,3 mm) in oktobru (26,4 mm) je količina mesečnih padavin ponovno padla. V zadnjih dveh obravnavanih mesecih (november 52,8 mm, december 55,1 mm) pa se je količina mesečnih padavin zvišala (slika 12 a). Preglednica z dnevnimi količinami padavin za AMP Hrastje je v prilogi A. Najmanj padavin so namerili v juniju 2006 (17,4 mm) in največ v avgustu 2006 (191,8 mm). Skupna količina padavin v obravnavanem obdobju v letu 2006 je 866,5 mm, kar je za 501,5 mm manj od tridesetletnega povprečja za obdobje 1971 – 2000, ki je 1368 mm padavin (Klimatološka povprečja ..., 2010).

4.1.2 Nitrati

S podatki, ki smo jih pridobili iz AMP Hrastje, smo izračunali povprečne mesečne koncentracije nitrata v podzemni vodi v letu 2006. V obravnavanem obdobju je bila v januarju 2006 povprečna mesečna koncentracija nitrata v podzemni vodi 17,45 mg/l. Februarja (16,82 mg/l) in marca (16,53 mg/l) je koncentracija padla. V aprilu (17,96 mg/l) se je povprečna mesečna koncentracija povečala, kar se je nadaljevalo tudi v maju (18,46 mg/l), ko je dosegla največjo koncentracijo v letu 2006. V nadaljevanju leta so se povprečne mesečne koncentracije nitrata v podzemni vodi zmanjševale iz meseca v mesec, v juniju (17,98 mg/l), v juliju (16,87 mg/l), v avgustu (15,79 mg/l), v septembru (15,77 mg/l), v oktobru (15,60 mg/l), v novembru (14,92 mg/l) in decembru (14,32 mg/l), ko je bila dosežena najmanjša povprečna mesečna koncentracija v letu 2006 (slika 12 b). Dnevne koncentracije nitrata v podzemni vodi so prikazane v preglednici v prilogi C.

4.1.3 Nivo podzemne vode

Iz pridobljenih podatkov na AMP Hrastje smo izračunali povprečne mesečne nivoje podzemne vode v letu 2006. V obravnavanem obdobju je v januarju 2006 povprečni mesečni nivo podzemne vode dosegel 274,43 m. n. m. Februarja (274,20 m. n. m.) je povprečni mesečni nivo podzemne vode padel in s tem dosegel najnižji nivo v letu 2006. V marcu (274,73 m. n. m.) se je nivo podzemne vode povišal, kar se je nadaljevalo tudi v aprilu (274,95 m. n. m.), ko je povprečni mesečni nivo podzemne vode dosegel najvišji nivo v letu 2006. V naslednjih treh mesecih (maj 274,90 m. n. m., junij 274,86 m. n. m., julij 274,53 m. n. m.) se je povprečni mesečni nivo podzemne vode iz meseca v mesec zniževal. V avgustu (274,56 m. n. m.) in septembru (274,59 m. n. m.) se je nivo zvišal ter v oktobru (274,50 m. n. m.) in novembru (274,38 m. n. m.) ponovno padel. V decembru se je povprečni mesečni nivo podzemne vode ponovno zvišal in dosegel 274,50 m. n. m. (slika 12 c). Nivo podzemne vode v letu 2006 na AMP Hrastje se giblje od 274,20 m. n. m. do 274,95 m. n. m., kar je manj kot 1 m. Preglednica z dnevnimi meritvami nivoja podzemne vode za AMP Hrastje je prikazana v prilogi B. AMP Hrastje se nahaja na nadmorski višini 289,63 m, nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, pa je 289,78 m (Hidrološki letopis ..., 2009).



Slika 12: a) Mesečne količine padavin (mm), b) povprečne mesečne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) povprečni mesečni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v letu 2006 (Meteorološki podatki, 2006).

4.2 AMP LEVEC

4.2.1 Padavine

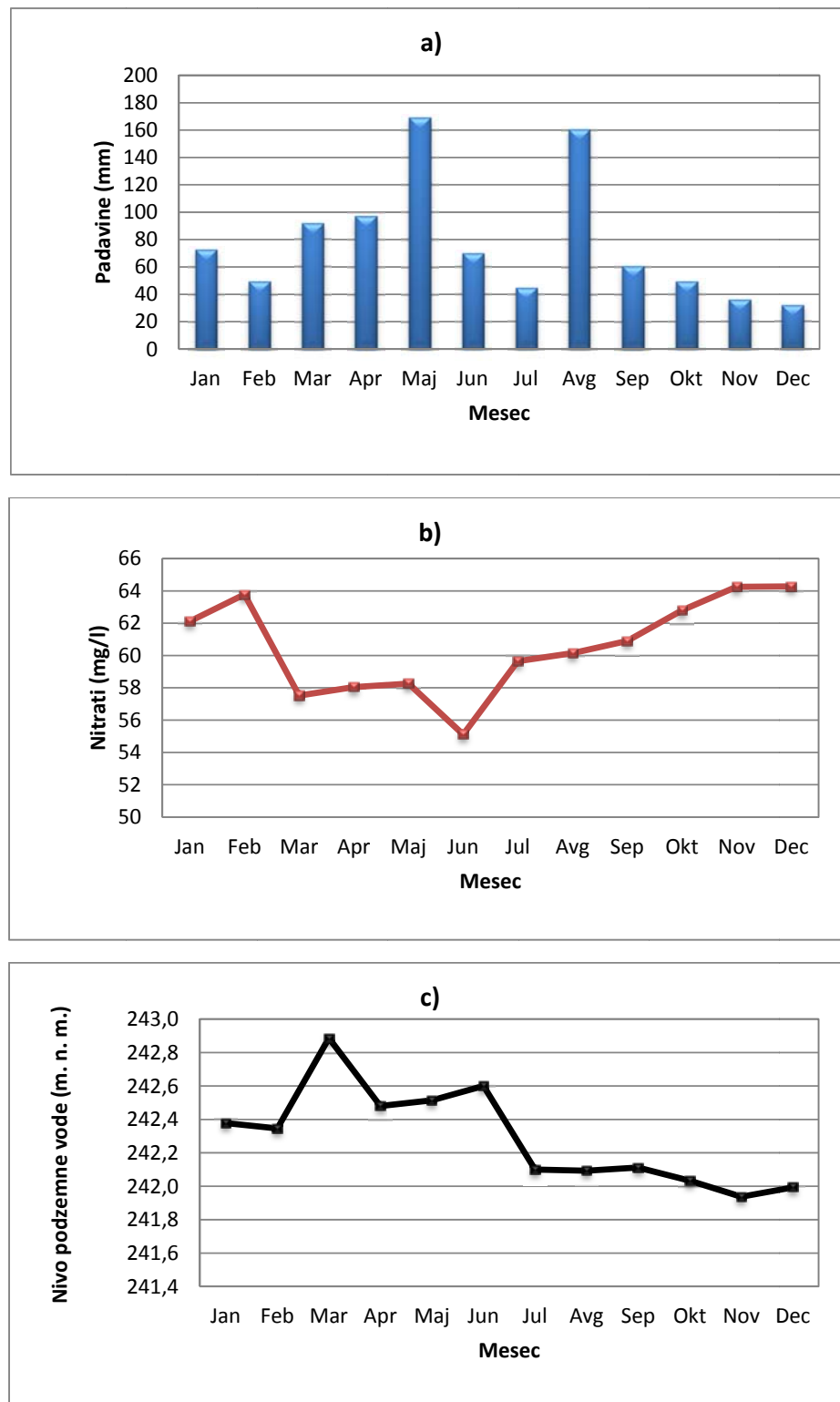
Podatki, pridobljeni s pomočjo AMP Levec, prikazujejo mesečne količine padavin v letu 2006. V obravnavanem obdobju je v januarju padlo 72,8 mm padavin. V februarju je mesečna količina padavin padla na 49,6 mm. V marcu (91,8 mm) in aprilu (97,4 mm) je količina mesečnih padavin naraščala in prvi letni vrh dosegla v maju s 169,4 mm. V juniju (70 mm) se je količina mesečnih padavin znižala, kar se je nadaljevalo tudi v juliju (44,8 mm). V avgustu (160,8 mm) je količina mesečnih padavin ponovno narasla in dosegla drugi letni vrh. V zadnjih štirih obravnavanih mesecih (september 60,8 mm, oktober 49,4 mm, november 36,2 mm, december 32 mm) je mesečna količina padavin iz meseca v mesec padala (slika 13 a). Preglednica z dnevnimi količinami padavin za AMP Levec je v prilogi D. Najmanj padavin so namerili v decembru 2006 (32 mm) in največ v maju 2006 (169,4 mm). Skupna količina padavin v obravnavanem obdobju v letu 2006 je 935 mm, kar je za 194 mm manj od tridesetletnega povprečja za obdobje 1971 – 2000, ki je 1129 mm padavin (Klimatološka povprečja ..., 2010).

4.2.2 Nitrati

S podatki, ki smo jih pridobili iz AMP Levec, smo izračunali povprečne mesečne koncentracije nitrata v podzemni vodi v letu 2006. V obravnavanem obdobju je povprečna mesečna koncentracija nitrata v podzemni vodi v januarju 62,11 mg/l. V februarju se je koncentracija povečala na 63,78 mg/l in se nato v marcu zmanjšala na 57,53 mg/l. Aprila se je povprečna mesečna koncentracija povečala na 58,04 mg/l, kar se je nadaljevalo tudi maja (58,26 mg/l). V juniju je koncentracija nitrata ponovno padla in dosegla najmanjšo povprečno mesečno koncentracijo nitrata z 55,11 mg/l v podzemni vodi v letu 2006. V juliju se je koncentracija povečala na 59,65 mg/l. V nadaljevanju leta je povprečna mesečna koncentracija nitrata v podzemni vodi naraščala iz meseca v mesec, v avgustu (60,15 mg/l), v septembru (60,90 mg/l), v oktobru (62,79 mg/l), v novembru (64,25 mg/l), do decembra (64,28 mg/l), ko je dosegla največjo povprečno mesečno koncentracijo v letu 2006 (slika 13 b). Dnevne koncentracije nitrata v podzemni vodi so prikazane v preglednici v prilogi F.

4.2.3 Nivo podzemne vode

Iz pridobljenih podatkov na AMP Levec smo izračunali povprečne mesečne nivoje podzemne vode v letu 2006. V obravnavanem obdobju je bil povprečni mesečni nivo podzemne vode v januarju 242,38 m. n. m. V februarju se je povprečni mesečni nivo podzemne vode znižal na 242,35 m. n. m. Marca se je povprečni mesečni nivo podzemne vode povišal na 242,89 m. n. m. in dosegel najvišji nivo v letu 2006. V aprilu je nivo ponovno padel na 242,48 m. n. m. in nato v maju narasel na 242,51 m. n. m., kar se je nadaljevalo tudi v juniju (242,60 m. n. m.). V juliju (242,10 m. n. m.) in avgustu (242,09 m. n. m.) se je povprečni mesečni nivo podzemne vode znižal. Septembra se je nivo zvišal na 242,11 m. n. m. V oktobru (242,03 m. n. m.) je povprečni mesečni nivo podzemne vode začel padati, kar se je nadaljevalo tudi v novembru (241,94 m. n. m.), ko je nivo podzemne vode dosegel najnižji nivo v letu 2006. V decembru (241,99 m. n. m.) se je povprečni mesečni nivo podzemne vode ponovno zvišal (slika 13 c). Nihanje nivoja podzemne vode v letu 2006 na AMP Levec se giblje od 241,94 m. n. m. do 242,89 m. n. m., kar je manj kot 1 m. Preglednica z dnevnimi meritvami nivoja podzemne vode za AMP Levec je prikazana v prilogi E. AMP Levec se nahaja na nadmorski višini 244,52 m, nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, pa je 244,72 m (Hidrološki letopis ..., 2009).



Slika 13: a) Mesečne količine padavin (mm), b) povprečne mesečne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) povprečni mesečni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v letu 2006 (Meteorološki podatki, 2006).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

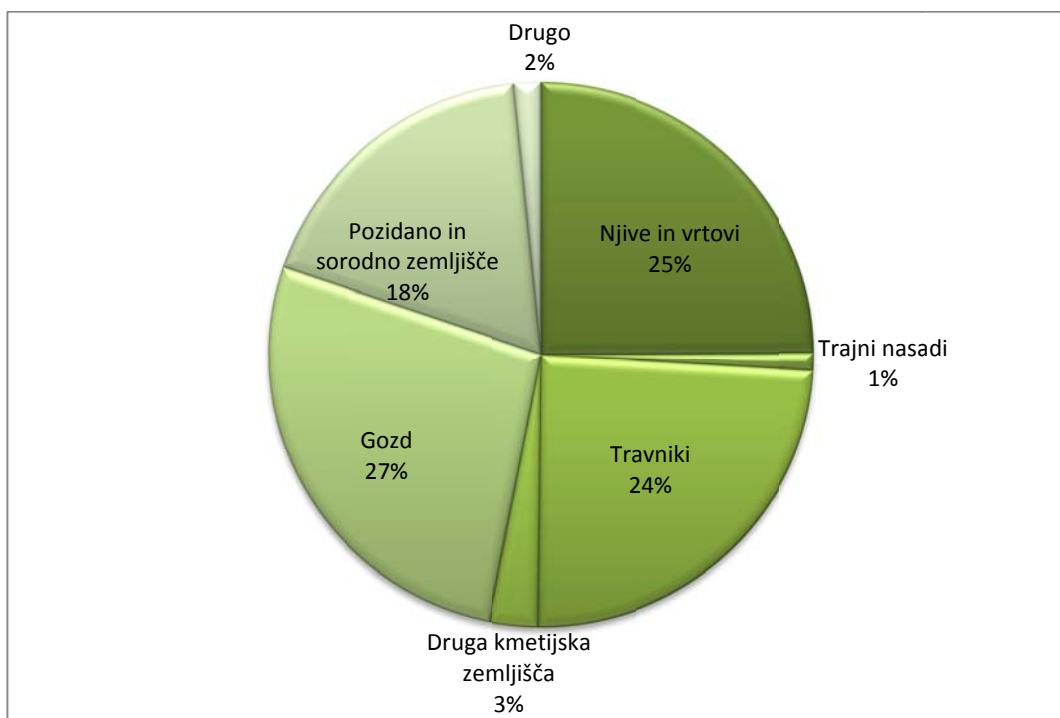
5.1.1 AMP Hrastje

Za spiranje nitrata v podtalnico so potrebne padavine. Iz slike 12 je razvidno, da različne količine padavin neposredno ne vplivajo na koncentracije nitrata, ampak pripomorejo pri prehajanju nitrata iz tal v podtalnico. Kakšna bo koncentracija nitrata v podzemni vodi, pa je odvisno od mnogih drugih dejavnikov. Majhne koncentracije nitrata v podzemni vodi na AMP Hrastje v letu 2006 odražajo rabo zemljišč. Na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje prevladujejo glede rabe zemljišč gozdovi (27 %) in travniki (24 %), kar je skupaj kar 51 % celotne površine na tem vodnem telesu. Veliko manj je njiv (25 %) (slika 14) in prav zaradi tega veliko manjši vnos nitrata v tla in podtalnico zaradi gnojenja. Značilno je, da je vnos nitrata na travnikih in gozdovih v podtalnico veliko manjši kot na njivah. Prav zaradi tega so koncentracije nitrata v podzemni vodi na tej lokaciji majhne, saj se vrednosti gibljejo od 14,32 mg/l do 18,46 mg/l.

Glede na to, da naj bi bilo izpiranje navadno bolj intenzivno jeseni in čez zimo, ko ni aktivnega sprejema dušika v rastline, vidimo, da trditev ne ustreza sliki 12 b. Nekoliko večja koncentracija nitrata je vidna ravno v vegetacijski dobi, ko naj bi bil odvoz s strani rastlin večji in zato bi morala biti koncentracija nitrata manjša. Glede na to, da je raba zemljišč pretežno gozdna in travnata pa odvoz dušika s strani rastlin ni tako intenziven kot bi bil, če bi na tem vodnem telesu prevladovala njive. Poleg tega iz slike 12 a lahko vidimo, da je ravno v začetku vegetacijske dobe narasla tudi količina padavin. Zaradi večjih količin padavin je tudi izpiranje skozi talni profil večje. Proti koncu vegetacijske dobe pa lahko opazimo avgustovski vrh padavin, ki lahko pomeni razredčitev nitrata zaradi velike količine padavin in relativno malo nitrata, ki je v tleh na voljo sredi vegetacijske dobe. V tem predelu Slovenije je izpiranje vode skozi talni profil sorazmerno veliko. Zaradi velikega pretoka vode pride do razredčenja vsebnosti nitrata in je zato verjetnost onesnaženosti podtalnice posledično manjša (Operativni program za varstvo voda ..., 2004), kar lahko vidimo na sliki 12 b, kjer se koncentracije nitrata gibljejo od 14,32 mg/l do 18,46 mg/l, kar je bistveno manj od dovoljene mejne koncentracije za pitno vodo (50 mg NO₃/l) (Pintar in Lobnik, 2002).

Pomemben podatek pri prehajanju nitrata v podtalnico je tudi razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode, v kateri se nahaja skupina talnih bakterij, ki uporabljajo nitrat kot vir kisika pri anaerobnem dihanju (Suhadolc in sod., 2005). S tem ko bakterije uporabljajo nitrat kot nadomestek za kisik, pretvorijo nitrat do plinaste oblike dušika v procesu denitrifikacije, ki bi se sicer lahko spiral v podtalnico (Bhumbla, 2009). Debelejša kot je plast tal med površjem tal in gladino podzemne vode, daljša je pot in s tem tudi čas, ki je

potreben, da se bo nitrat spral v podtalnico. Na AMP Hrastje je koncentracija nitrata v podzemni vodi zelo majhna tudi zaradi tega, ker se le-ta nahaja na nadmorski višini 289,63 m, nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, je 289,78 m (Hidrološki letopis ..., 2009), kar je skoraj 15 m nad najvišjim izmerjenim nivojem podzemne vode, kar doprinese k zmanjšanju koncentracije nitrata od površja tal do podtalnice.

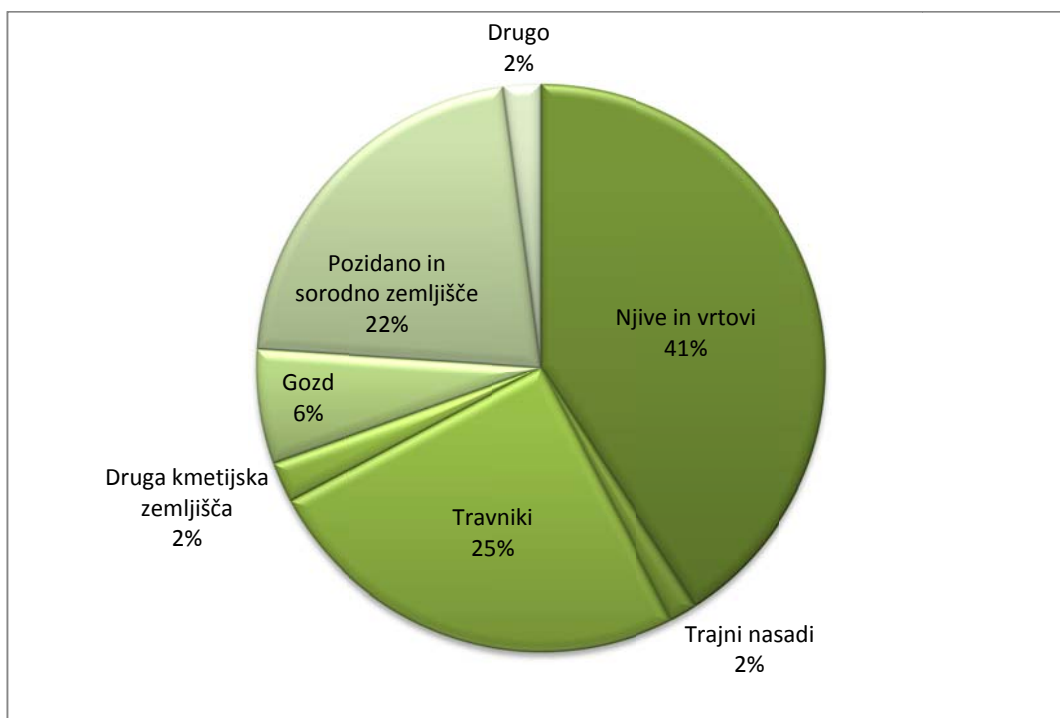


Slika 14: Raba zemljišč na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje (Podatki iz MKGP, 2009).

5.1.2 AMP Levec

Visoke koncentracije nitrata v podzemni vodi na AMP Levec v letu 2006 lahko pripišemo rabi zemljišč. Na vodnem telesu Savinjska kotlina prevladujejo glede rabe zemljišč njive in vrtovi s kar 41 % celotne površine (slika 15). V začetku in na koncu leta lahko vidimo povečanje koncentracije nitrata (slika 13 b). Razlog za tako povečanje je odsotnost vegetacije, saj je izpiranje bolj intenzivno jeseni in čez zimo, ko ni aktivnega sprejema dušika v rastline. V vegetacijski dobi (maj – junij) lahko iz slike 13 b vidimo preobrat, saj je koncentracija nitrata v podzemni vodi izrazito padla. Razlog za to je povečanje količine padavin in s tem tudi razredčitev koncentracije nitrata v podzemni vodi. Pomembno vlogo pri tem pa ima tudi vegetacija, ki porabi velike količine dušika za rast in zato je izpiranje nitrata v podtalnico v tem obdobju bistveno manjše.

Glede na to, da na vodnem telesu Savinjska kotlina prevladujejo njive, igra pomembno vlogo tudi evapotranspiracija. V tem predelu države je značilno, da padavine niso tako izrazite, medtem ko je evapotranspiracija zelo intenzivna. Prav zaradi tega se skozi talni profil izpere malo vode, kar pripelje do manjših razredčitev. Zaradi manjših razredčitev pa je bila koncentracija v letu 2006 v podtalni vodi večja in sicer se je gibala od 55,11 mg/l do 64,28 mg/l.



Slika 15: Raba zemljišč na vodnem telesu Savinjska kotlina (Podatki iz MKGP, 2009).

Poleg naštetega, je pomemben podatek pri prehajanju nitrata v podtalnico tudi razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode. Koncentracije nitrata v podzemni vodi na AMP Levec so tako visoke tudi zaradi ne tako debelega sloja tal. AMP Levec se nahaja na nadmorski višini 244,52 m, nadmorska višina točke, od katere se meri globino do podzemne vode, je 244,72 m (Hidrološki letopis ..., 2009), kar je manj kot 2 m nad najvišjim izmerjenim nivojem podzemne vode. Zaradi manjše razdalje je pot in s tem tudi čas izpiranja nitrata v podtalnico krajši. Zato ima skupina talnih bakterij, ki kisik nadomeščajo z nitratom in tako nitrat pretvorijo do plinaste oblike dušika v procesu denitrifikacije, bistveno manjšo vlogo.

5.1.3 Primerjava obeh lokacij

Proti severovzhodu države, kjer se nahaja AMP Levec, pojemajo padavine, evapotranspiracija je intenzivna in zaradi tega se skozi talni profil izpere malo vode, kar povzroča manjše razredčitve v podzemni vodi. Koncentracija nitrata je zato bistveno večja, kot v osrednji Sloveniji, kjer se nahaja AMP Hrastje. Tukaj je izpiranje vode skozi talni profil večje in s tem tudi razredčenje, kar privede do manjše koncentracije nitrata v podzemni vodi.

Na vodnem telesu Savinjska kotlina, kjer se nahaja AMP Levec, glede rabe zemljišč prevladujejo njive, in sicer s kar 41 % celotne površine, medtem ko na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje, kjer se nahaja AMP Hrastje, prevladujejo travniki in gozdovi s kar 51 % celotne površine. S tem lahko potrdimo hipotezo, da je vnos nitrata v podtalnico na njivah bistveno večji kot na travnikih in v gozdovih, saj so koncentracije nitrata v podzemni vodi višje na AMP Levec kot AMP Hrastje.

Debelejša kot je plast med površjem tal in gladino podzemne vode, daljša je pot in s tem potreben čas za spiranje nitrata v podtalnico in s tem povečana možnost za denitrifikacijo. Eden od dejavnikov, da je koncentracija nitrata v podzemni vodi na AMP Hrastje bistveno manjša od koncentracije nitrata v podzemni vodi na AMP Levec, je v debelini plasti med površjem in gladino podzemne vode. Na AMP Hrastje je razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode skoraj 15 m, medtem ko je na AMP Levec manj kot 2 m.

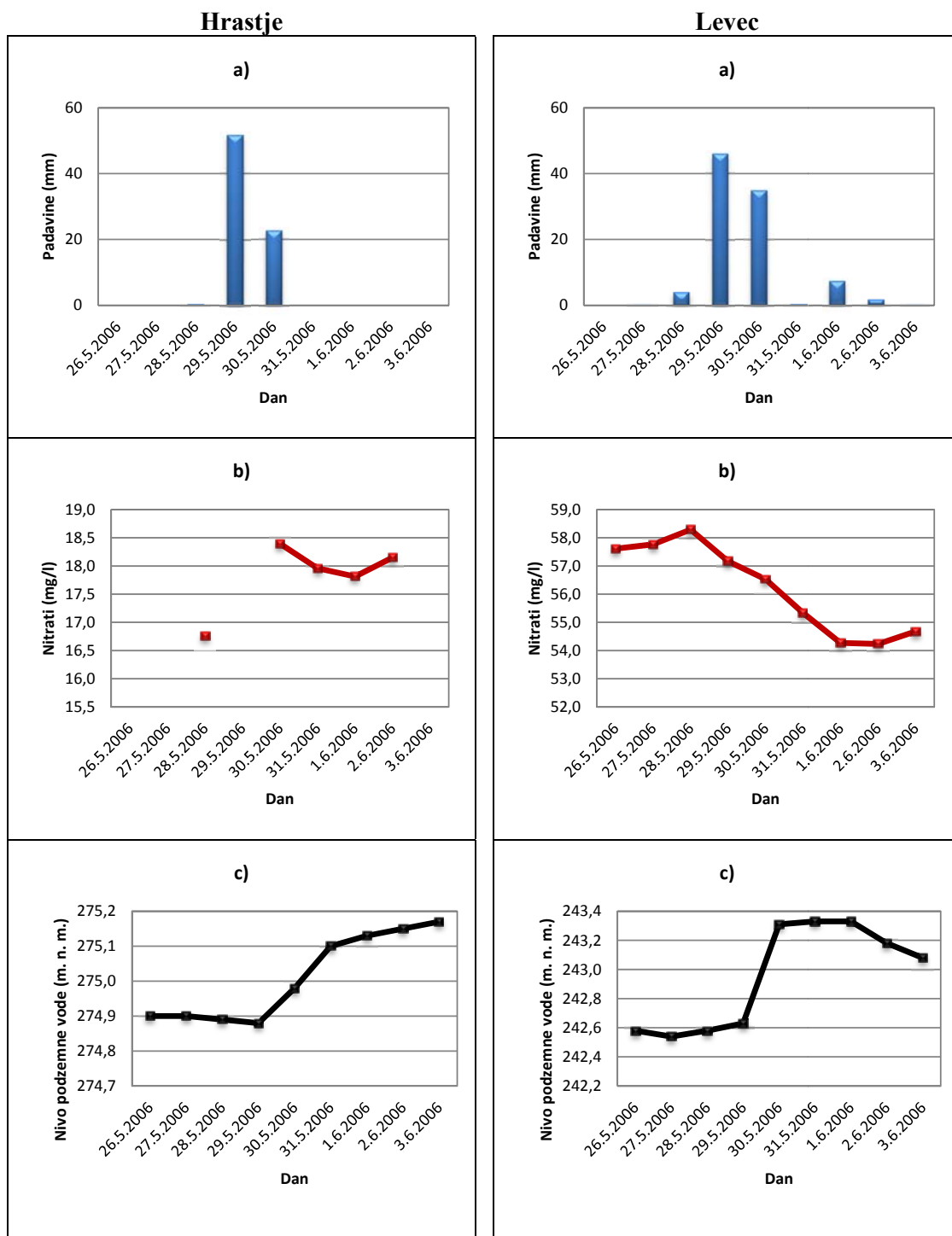
5.1.4 Razredčitveni efekt

Za prikaz razredčitvenega efekta smo vzeli obdobje od 26. 5. do 3. 6. 2006, ko se na obeh lokacijah (AMP Hrastje in AMP Levec) pojavita dneva z največ padavinami v letu (29. 5. 2006 in 30. 5. 2006). Velika količina padavin v določenem obdobju povzroči, da se bo nivo podzemne vode zvišal in s tem bo koncentracija nitrata v podzemni vodi manjša zaradi večje razredčitve. Na AMP Hrastje zaradi nedelovanja naprave manjkajo nekateri podatki za nitrato, zato smo podatke vzeli od dne 30. 5. 2006 dalje.

Na AMP Hrastje je v dveh dneh padlo 74,4 mm padavin, kar je približno 50 % vseh padavin v mesecu (priloga A). Iz slike 16 lahko vidimo, da je po deževju prišlo do povišanja nivoja podzemne vode, in sicer se je nivo podzemne vode v petih dneh zvišal za 0,29 m (priloga B). V istem obdobju, ko se je nivo podzemne vode povišal, se je koncentracija nitrata zmanjšala, in sicer za 0,59 mg/l (priloga C).

Na AMP Levec je v dveh dneh padlo 81 mm padavin, kar je približno 50 % vseh padavin v mesecu (priloga D). Iz slike 17 lahko vidimo, da je tudi na tej lokaciji prišlo po deževju do povišanja nivoja podzemne vode, in sicer za 0,95 m (priloga E). V istem obdobju pa se je zmanjšala tudi koncentracija nitrata, in sicer za 4,06 mg/l (priloga F).

Iz pridobljenih podatkov je opazna očitna razlika med lokacijama. Razliko lahko pripišemo razdalji med površino tal in podzemno vodo, ki je na AMP Hrastje 15 m, medtem ko je na AMP Levec le 2 m. Zaradi manjše razdalje na AMP Levec se je v podzemno vodo spralo bistveno več vode (gladina podzemne vode se je zvišala za 0,95 m) kot na AMP Hrastje (gladina podzemne vode se je zvišala za 0,29 m), kljub približno enaki količini padavin. Posledično pa je zaradi bistveno večje količine vode prišlo na AMP Levec do večje razredčitve nitrata v podzemni vodi, saj se je koncentracija nitrata zmanjšala za kar 4,06 mg/l, medtem ko se je koncentracija nitrata v podzemni vodi na AMP Hrastje zmanjšala le za 0,59 mg/l.



Slika 16: a) Količine padavin (mm), b) koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v obdobju od 26. 5. do 3. 6. 2006 (Meteorološki podatki, 2006)

Slika 17: a) Količine padavin (mm), b) koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi, c) nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v obdobju od 26. 5. do 3. 6. 2006 (Meteorološki podatki, 2006)

5.2 SKLEPI

Na spiranje nitrata v podtalnico vpliva več dejavnikov.

Da se bo nitrat spral s tal in površja v podtalnico so potrebne padavine. Zato so le-te glavni dejavnik pri prehajanju nitrata skozi talni profil.

Pomemben dejavnik je prav tako raba tal. Spiranje nitrata v podtalnico je bistveno večje iz njivskih tal kot iz travnikov in gozdnih zemljišč. Na AMP Levec prevladujejo njive s kar 41 % celotne površine, medtem ko na AMP Hrastje prevladujejo travniki in gozdovi s kar 51 % celotne površine.

Ugotovili smo tudi, da je eden od pomembnih dejavnikov razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode, saj debelejša kot je plast tal, daljša je pot in s tem tudi čas, ki je potreben za spiranje nitrata v podtalnico in s tem povečana možnost za denitrifikacijo. Na AMP Hrastje je razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode skoraj 15 m, medtem ko je na AMP Levec manj kot 2 m.

Na AMP Hrastje so koncentracije nitrata v podzemni vodi (od 14,32 mg/l do 18,46 mg/l) bistveno manjše v primerjavi s koncentracijami nitrata v podzemni vodi na AMP Levec (od 55,11 mg/l do 64,28 mg/l), kar lahko v veliki meri pripišemo tudi zgoraj opisanim razlikam med merskima mestoma.

6 POVZETEK

Voda v tleh in podzemlju predstavlja najtežje prepoznavni odsek vodnega kroga. Pronicanje padavin, zatekanje površinske vode in njeno pretakanje v podzemlju je najpogostejše očem skrito. Onesnaženje podtalnice z nitratom je eden resnejših problemov, saj se zaradi njegove razpršenosti in težavnosti nadzora z njim spopada cel svet.

Namen tega diplomskega dela je bil ugotoviti, kakšen je vpliv padavin na koncentracijo nitrata v podzemni vodi na dveh izbranih lokacijah v Sloveniji.

Delo je potekalo na podlagi že zbranih podatkov iz državnega monitoringa. Izbrani sta bili dve lokaciji, kjer so bile opravljene najdaljše in najpogostejše meritve nitrata v podzemni vodi. Prva je AMP Hrastje, ki se nahaja na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje, druga pa je AMP Levec, ki se nahaja na vodnem telesu Savinjska kotlina.

Podatki, ki smo jih v diplomskem delu obravnavali, so meritve gladine podzemne vode, količine padavin in koncentracije nitrata v podzemni vodi za leto 2006. Za merjenje nivoja podzemne vode oz. vodne gladine se uporabljajo opazovalne vrtine, ki jih imenujemo tudi piezometri. Količino padavin merimo z dežemerom ali ombrometrom, kjer se padavine stekajo v posodo. Merjenje koncentracije nitrata v podzemni vodi se izvaja s pomočjo avtomatskega analizatorja nitrata v vodi. Pridobljene podatke iz državnega monitoringa smo prikazali grafično in jih nato ekspertno komentirali.

S podatki, pridobljenimi na avtomatski merilni postaji (AMP) Hrastje, smo izračunali mesečne količine padavin v letu 2006 in ugotovili, da je bil maja (141,2 mm) dosežen prvi letni vrh, avgusta (191,8 mm) pa drugi letni vrh. Najmanj padavin so v letu 2006 namerili v juniju (17,4 mm). Prav tako smo iz pridobljenih podatkov o nivojih podzemne vode izračunali povprečne mesečne nivoje podzemne vode. Najnižji nivo v letu 2006 je bil dosežen februarja (274,20 m. n. m.), najvišji povprečni nivo podzemne vode pa je bil dosežen v aprilu (274,95 m. n. m.). Iz pridobljenih podatkov smo izračunali tudi povprečne mesečne koncentracije nitrata v podzemni vodi in ugotovili, da je bila največja koncentracija v letu 2006 dosežena maja (18,46 mg/l), najmanjša pa decembra (14,32 mg/l).

Enako smo naredili tudi s podatki, ki so bili pridobljeni na AMP Levec. Mesečne količine padavin v letu 2006 kažejo, da je bil maja (169,4 mm) dosežen prvi letni vrh, avgusta (160,8 mm) pa drugi letni vrh. Najmanj padavin pa so namerili v decembru 2006 (32 mm). Najnižji povprečni mesečni nivo podzemne vode je bil na tej postaji dosežen novembra (241,94 m. n. m.), najvišji povprečni mesečni nivo podzemne vode pa je bil v letu 2006 dosežen v marcu (242,89 m. n. m.). Največja povprečna mesečna koncentracija nitrata v

podzemni vodi na AMP Levec je bila v letu 2006 dosežena decembra (64,28 mg/l), najmanjša pa junija (55,11 mg/l).

Na spiranje nitrata v podtalnico vpliva veliko dejavnikov. Padavine so glavni dejavnik pri prehajanju nitrata skozi talni profil, saj omogočajo, da se bo nitrat s tal in površja sploh spral v podtalnico. Poleg tega so pomembni dejavniki tudi raba tal in razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode.

Na AMP Levec so bistveno večje koncentracije nitrata v podzemni vodi v primerjavi s koncentracijami nitrata na AMP Hrastje. Eden od razlogov je, da proti severovzhodu države, kjer se nahaja AMP Levec, pojemajo padavine, evapotranspiracija je intenzivna in zaradi tega se skozi talni profil izpere bistveno manj vode kot v osrednji Sloveniji (AMP Hrastje), kar povzroča manjše razredčitve in s tem večjo koncentracijo nitrata v podzemni vodi. Drugi razlog za bistveno večjo koncentracijo nitrata v podzemni vodi na AMP Levec je raba zemljišč. Vnos nitrata v podtalnico je na njivah bistveno večji kot na travnikih in v gozdovih. Ta hipoteza se odraža na AMP Levec, kjer prevladujejo njive s kar 41 % celotne površine, medtem ko na AMP Hrastje z 51 % celotne površine prevladujejo travniki in gozdovi. Kot zadnji dejavnik vpliva na koncentracijo nitrata v podzemni vodi razdalja med površjem tal in gladino podzemne vode in s tem povečana možnost za denitrifikacijo. Debelejša kot je ta plast, manjša je možnost vnosa nitrata v podtalnico. Na AMP Hrastje je debelina te plasti skoraj 15 m, medtem ko je na AMP Levec manj kot 2 m in je zato tukaj koncentracija nitrata bistveno večja.

Nazadnje smo prikazali razredčitveni efekt v obdobju od 26. 5. do 3. 6. 2006 in ugotovili, da je kljub približno enaki količini padavin nivo podzemne vode na AMP Levec (0,95 m) bistveno bolj narasel v primerjavi z nivojem podzemne vode na AMP Hrastje (0,29 m). Zaradi večjega pretoka vode je prišlo na AMP Levec tudi do večje razredčitve koncentracije nitrata (4,06 mg/l) v podzemni vodi v primerjavi z AMP Hrastje (0,59 mg/l). Razliko lahko pripišemo razdalji med površino tal in podzemno vodo. Ker je na AMP Hrastje (15 m) razdalja bistveno večja kot na AMP Levec (2 m), je pojav razredčitvenega efekta očitno manjši.

7 VIRI

- Addiscott T. M. 1996. Fertilizers and nitrate leaching. *Environmental Science and Technology* 5, 1-26
- Bantan I., Zavodni A. 2006. Ukrepi za omilitev nastale škode po suši. Ljubljana, Kmetijsko gozdarski zavod, oddelek za kmetijsko svetovanje.
http://209.85.129.132/search?q=cache:4Z8BMxx6Y7UJ:sftp.slovenka.net/o-hrastnik/h/vs/ob/ukrepi_susa_2006.doc+Ukrepi+za+omilitev+nastale+%C5%A1kode+p o+su%C5%A1i&cd=1&hl=sl&ct=clnk&gl=si
- Bat M., Beltram G., Cegnar T., Dobnikar T. M., Grbović J., Krajnc M., Mihorko P., Rejec B. I., Zemec R. Š., Uhan J. 2003. Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 131 str.
- Bhumbla D. K., 2009. Agriculture practices and nitrate pollution of water.
<http://www.caf.wvu.edu/~forage/nitratepollution/nitrate.htm> (14. jul. 2009)
- Brenčič M. 2008. Podzemna voda kot vir pitne vode. Ljubljana, NTF, Oddelek za geologijo
http://www.e-net-okolje.si/eno/GVVO_Brencic_Podzemna%20voda.pdf (14.12.2009)
- Brenčič M., Prestor J. 1999. Namen in izvedba monitoringa podzemne vode. V: Ogrožanje vodnih virov in nevarne snovi v pitni vodi. Ljubljana, 29 – 30. sep. 1999. Komac M. (ur.). Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 53-60
- Bugar S. 1999. Ogroženost in varovanje vodnih virov pred nitratnim onesnaževanjem. V: Ogrožanje vodnih virov in nevarne snovi v pitni vodi. Ljubljana, 29 – 30. sep. 1999. Komac M. (ur.). Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 125-152
- Čehić S. 2007. Pogled na vode v Sloveniji. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 61 str.
- Dobnikar T. M. 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 72 str.
- Gaines T. P., Gaines S. T. 1994. Soil texture effect on nitrate leaching in soil percolates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25, 13&14: 2561–2570
- Hidrološki letopis Slovenije 2006. 2009. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 213 str
http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Hidroloski%202006%20-%20II_del%20B.pdf (22.mar.2010)
- Izotopska sestava nitratov v podzemni vodi Ljubljanskega polja: Letno poročilo o izvajanju projekta. 2003. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije: 29 str.
- Klimatološka povprečja 1971-2000, Agencija Republike Slovenije za okolje
http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals_71_00/ (19.mar.2010)

- Krajnc M., Zupan M. 1996. Kako obremenjene so naše podtalnice in površinske vode z dušikom. V: Dušik – naravovarstvena paradigma. Ljubljana, 28 – 29. mar. 1996. Komac U. (ur.). Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 41-52
- Mali N. 2008. Podzemna voda v Sloveniji. Glasnik Unesco, 37, 75: 23-25
- Merjenje količine padavin.
<http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/podnebje-os/p4.htm> (17. sep. 2009)
- »Meteorološki podatki«. 2006. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
- On-line Instrumentation 2008/2009. 2008. Weilheim, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten
http://www.wtw.com/media/999039US_Online2008_web.pdf (17. sep. 2009)
- Omahen F. 2004. Izboljšanje ruše z vsejavanjem trav za pašo koz na Krasu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 45 str.
- Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje za obdobje 2004–2008 – na podlagi 49. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, 32/93) in 18. člena Uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list RS, 68/96 in 35/01) ter v skladu z Nacionalnim programom varstva okolja (Uradni list RS 83/99). 2004.
http://209.85.129.132/search?q=cache:ZZb7SIAhx4gJ:www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_nitrati.pdf+/search%3Fhl%3Dsl%26q%3D%2Bsite:www.mop.gov.si (18. jul. 2009)
- Pintar M., Lobnik F. 2002. Možnost sledenja virov nitratov v podtalnici s pomočjo izotopov. V: Varstvo in kvaliteta pitne vode. Podčetrtek, 18. apr. 2002. Ljubljana, Inštitut za sanitarno inženirstvo.
<http://docs.google.com/gview?a=v&q=cache:PHBSbMz2zQUJ:www.zzv-ce.si/uploads/nitrati%2520v%2520podtalnici.pdf+nitrati+v+podtalnici&hl=sl&gl=si> (17. jul. 2009)
- »Podatki iz MKGP – raba tal«. 2009. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
- Podgornik M., Pintar M. 2007. Causes of nitrate leaching from agriculture land in Slovenia. Acta agriculturae Slovenica, 89, 1: 207 – 220
<http://docs.google.com/gview?a=v&q=cache:r0OLiF96rKQJ:aas.bf.uni-lj.si/avgust2007/21podgornik.pdf+21podgornik&hl=sl&gl=si> (18. jul. 2009)
- Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji v letih 2004 in 2005. 2007. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje: 272 str.
- Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji v letu 2006. 2008. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 159 str.

- Poročilo Slovenije na podlagi 10. člena Direktiva Sveta 91/676/EEC, ki se nanaša na varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov. 2008. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 39 str.
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/nd_porocilo04_07.pdf (18. jul. 2009)
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu onesnaževanja podzemne vode. Ur. l. RS št. 49-2095/2006
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=73316>
- Prestor J. 2009. Ranljivost in obremenitve podzemnih voda. V: Svetovni dan voda 2009 »Voda ne pozna meja«. Ljubljana, agencija za okolje in prostor.
http://209.85.129.132/search?q=cache:JyIZi5WDe4IJ:www.mod.mop.gov.si/2009/dnevi/zlozenka_dan_voda_2009.pdf+zlozenka_dan_voda_2009&cd=1&hl=sl&ct=clnk&gl=sj (20. jul. 2009)
- Skaberne B. 2009. Gozd. Umanotera Ljubljana, Slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
<http://www.umanotera.org/index.php?node=91> (30. jul. 2009)
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2005. Priročnik za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 42 str.
- Sušin J., Vrščaj B., Bergant J. 2008. Nitrati v podzemni vodi in kmetijstvo. V: Kazalci okolja v Sloveniji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.
http://kazalci.arso.gov.si/kazalci/index_html?Kaz_id=133&Kaz_naziv=nitrati%20v%20podzemni%20vodi&Sku_id=6&Sku_naziv=KMETIJSTVO&tip_kaz=1 (17. jul. 2009)
- Verbič J., Sušin J., Simončič A., Čergan Z., Babnik D., Jejčič V., Poje T., Knapič M., Verbič J., Dolničar P., Majer D., Ugrinovič K., Janža R., Maljevič J., Stopar M., Zemljič M. 2006. Svetovalni kodeks dobre kmetijske prakse. Varovanje voda, tal, zraka in ohranjanje biotske raznovrstnosti. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 200 str.
- Vižintin G. 2008. Opazovalni objekti in izkoriščanje geotermalne energije na VVO. Ljubljana, UL NTF, Oddelek za geotehnologijo in okolje.
http://www.e-net-okolje.si/eno/GVVO_Vizintin_Opaz%20obj%20&%20geoterm.pdf (12. sep. 2009)
- Vode. Poročilo o stanju okolja v Sloveniji, Poročilo o stanju okolja 2002. 2002. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje: 52 str.
<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/>
- Wu J. J., Bernardo D. J., Mapp H. P., Geleta S., Teague M. L., Watkins K. B., Sabbagh R. L., Elliott R. L., Stone J. F., 1997. An evolution of nitrogen runoff and leaching potential in the high plains. Journal of Soil and Water Conservation, 52: 73–80

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki ste z dejanji, idejami, mislimi in razumevanjem pripomogli k nastanku tega dela.

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marini Pintar, za vse nasvete, predloge, pripombe in napotke.

Obenem se zahvaljujem g. Jožetu Uhan iz Agencije Republike Slovenije za okolje, ga. Rozaliji Cvejić iz katedre za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja na Biotehniški fakulteti za posredovane podatke in prof. dr. Katarini Košmelj iz katedre za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin na Biotehniški fakulteti za posredovane podatke ter idejo za način obdelave podatkov.

Na koncu bi se rada zahvalila profesorjem, profesoricom, asistentom in asistentkam Biotehniške fakultete za vse pridobljeno znanje v času študija.

PRILOGA A

Dnevne količine padavin (mm) na AMP Hrastje v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	20,7	0,1	0,1					12,8	0,1		9,9	
2	11,2		0,4	0,1	0,1			7,0				
3	0,1		2,1	12			1,6	19,2				
4			4,6			0,9		23,6		23,0		0,2
5	1,3	0,1	32,8	1,2		0,4				0,6		
6	3,1		6,4	0,1		5,9		0,2				0,5
7			0,2			0,1	1,8	2,7				
8	0,1		0,6				2,8		0,2			0,7
9		0,2			4,1			1,6				24,9
10	0,3	0,1	26,1	3,3	2,3	1,7						17,8
11	0,1	0,1		10,5				10,7				
12	0,2		0,1				0,2	23,0			0,4	
13						4,9	15,5	13,3				0,2
14		0,1	0,7		0,4	0,1	0,6	10,3				
15		2,1						0,1	29,1			
16		4,1							7,0			
17	1,2	7,9		0,6					32,8		0,9	1,8
18	3,4	5,6		2,1					1,1			9,0
19	0,1	0,4		3,6				0,1			0,1	
20	0,2	13,9								2,3	5,6	
21	0,5	0,3	1,1								0,5	
22		0,4	5,1			1,2		2,6			34,6	
23		0,1	2,0	3,2	0,5		3,6	0,7		0,3		
24	0,1	0,7			59,0		23,6			0,2	0,1	
25	0,2	0,8					0,1	20,1			0,7	
26	0,1	3,0				1,8		5,1				
27		4,2		9,8			0,4	0,5				
28	0,6	0,3	0,1	9,1	0,4		9,0	2,1				
29	0,1		1,8	13,6	51,7	0,4	0,1	23,5				
30				9,9	22,7			12,6				
31			0,8									
Vsota	43,6	44,5	85	79,1	141,2	17,4	59,3	191,8	70,3	26,4	52,8	55,1

PRILOGA B

Dnevni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Hrastje v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	274,58	274,20	274,41	274,93	275,05	275,13	274,65	274,44	274,61	274,54	274,47	274,39
2	274,59	274,19	274,40	274,91	275,06	275,15	274,64	274,44	274,61	274,53	274,45	274,38
3	274,61	274,19	274,38	274,91	275,04	275,17	274,63	274,45	274,60	274,52	274,45	274,38
4	274,61	274,18	274,37	274,94	275,03	275,16	274,62	274,51	274,59	274,53	274,44	274,37
5	274,61	274,16	274,49	274,94	275,02	275,11	274,61	274,60	274,58	274,56	274,42	274,37
6	274,60	274,15	274,77	274,93	275,00	275,01	274,61	274,62	274,57	274,58	274,41	274,36
7	274,59	274,14	274,82	274,95	274,98	274,98	274,60	274,61	274,56	274,57	274,40	274,36
8	274,56	274,12	274,79	274,95	274,95	274,96	274,59	274,59	274,54	274,56	274,39	274,39
9	274,54	274,11	274,76	274,94	274,93	274,94	274,58	274,58	274,53	274,54	274,39	274,47
10	274,53	274,10	274,74	274,93	274,91	274,93	274,57	274,56	274,52	274,53	274,38	274,60
11	274,52	274,09	274,78	274,94	274,89	274,91	274,56	274,54	274,51	274,52	274,37	274,69
12	274,50	274,08	274,81	275,01	274,88	274,88	274,56	274,54	274,50	274,50	274,37	274,69
13	274,48	274,06	274,81	275,03	274,86	274,86	274,55	274,56	274,50	274,49	274,36	274,66
14	274,47	274,05	274,81	275,00	274,84	274,85	274,54	274,59	274,49	274,48	274,35	274,63
15	274,44	274,04	274,80	274,98	274,83	274,83	274,54	274,61	274,48	274,47	274,35	274,61
16	274,42	274,03	274,78	274,97	274,82	274,81	274,52	274,62	274,51	274,45	274,34	274,59
17	274,41	274,02	274,77	274,96	274,81	274,80	274,51	274,61	274,55	274,44	274,34	274,57
18	274,40	274,05	274,74	274,96	274,80	274,78	274,50	274,61	274,67	274,44	274,33	274,55
19	274,39	274,10	274,70	274,97	274,80	274,76	274,50	274,60	274,74	274,43	274,33	274,56
20	274,37	274,18	274,68	274,96	274,80	274,75	274,49	274,59	274,74	274,43	274,32	274,56
21	274,36	274,30	274,67	274,95	274,79	274,74	274,49	274,58	274,72	274,42	274,32	274,55
22	274,35	274,40	274,67	274,95	274,78	274,74	274,48	274,57	274,70	274,41	274,33	274,54
23	274,33	274,43	274,72	274,95	274,75	274,72	274,47	274,56	274,68	274,41	274,37	274,53
24	274,32	274,45	274,78	274,94	274,80	274,71	274,46	274,55	274,65	274,41	274,39	274,52
25	274,30	274,46	274,80	274,94	274,87	274,70	274,46	274,55	274,63	274,50	274,40	274,51
26	274,29	274,45	274,81	274,93	274,90	274,68	274,45	274,55	274,62	274,58	274,40	274,49
27	274,27	274,44	274,81	274,92	274,90	274,67	274,45	274,55	274,60	274,57	274,40	274,48
28	274,25	274,43	274,83	274,93	274,89	274,66	274,45	274,54	274,59	274,55	274,40	274,47
29	274,23		274,88	274,95	274,88	274,66	274,45	274,55	274,57	274,53	274,41	274,46
30	274,22		274,95	274,99	274,98	274,65	274,44	274,58	274,56	274,50	274,40	274,45
31	274,21		274,95		275,10		274,44	274,60		274,48		274,43
Mes. povp.	274,43	274,20	274,73	274,95	274,90	274,86	274,53	274,56	274,59	274,50	274,38	274,50

PRILOGA C

Dnevne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi na AMP Hrastje v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	17,79	17,10	16,51	17,01		17,81			15,71	15,71	15,21	14,64
2	17,77	17,06	16,54	17,09	18,54	18,15		16,07	15,72	15,74	14,72	14,67
3	17,46	17,02	17,55	17,17	18,10		18,75	16,10	15,71	15,91	14,96	14,69
4	17,64	17,01	16,53	17,28	17,87		17,50	16,39	15,70	15,82	15,16	14,69
5	17,79	16,97	16,73	17,37	18,52	18,44	17,47	16,00	15,70	15,82	15,12	14,69
6	17,79	16,98	16,57	17,42	18,68	17,94	17,49	15,86	15,66	15,66	15,13	14,63
7	17,73	16,93	16,24	17,77	18,69		17,43	15,91	15,73	15,58	15,07	14,67
8	17,29	16,90	16,21	17,78			17,24	15,92	15,84	15,53	15,04	14,80
9	17,50	16,90	16,18	17,55		18,82	17,23	15,89		15,57	15,00	14,73
10	17,63	16,83	16,46	17,71	18,89	17,95	17,17	15,83		15,21	15,13	13,85
11	17,59	16,79	16,16	17,77	19,43	18,49	17,09	15,79	16,59	15,45	14,99	13,72
12	17,59	16,80	16,19	17,79	19,27	17,93		15,70		16,10	14,90	13,83
13	17,57	16,93	16,14	17,79	18,76	17,89		15,76	15,90	15,73	14,89	13,95
14	17,55	16,75	16,13	17,85	18,82	17,92	16,94	15,78	15,81	15,79	14,90	14,07
15	17,51	16,66	16,16	17,90	18,77	17,92	16,83	15,72		15,74	14,86	14,04
16	17,45	16,61	16,24	17,99	18,78	17,89	16,83	15,63	15,77	15,79	14,81	14,10
17	17,47	16,62	16,34	18,05	18,06	17,82	16,73	15,75	15,61	15,79	14,72	14,20
18	17,42	16,70		18,06		17,79	16,83	15,63	16,26	15,79	14,76	14,11
19	17,41	16,74		18,13		17,73	16,66	15,60	15,65	15,74	14,79	14,28
20	17,41	16,76	16,26	18,69	18,38	17,77	16,55	15,60	15,97	15,75	14,89	14,35
21	17,38	17,63	16,59	18,95		17,87	16,50	15,59	15,64	15,72	15,45	14,35
22	17,38	17,10	16,62	18,36		17,89	16,44	15,66	15,63	15,69	14,85	14,35
23	17,32		16,66	18,42	18,11	18,30	16,41	15,66	15,66	15,69	14,94	14,32
24	17,30		16,68	18,45		18,01		15,68	15,58	15,71	14,79	14,33
25	17,29	16,32	16,65	18,49		17,97		15,69	15,59	15,77	14,56	14,32
26	17,30	16,36	16,64	18,50		17,88	16,58	15,69	15,68	15,01	14,65	14,30
27	17,19	16,41	16,74	18,54		17,73	16,27		15,74	15,13	14,75	14,29
28	17,19	16,47	16,82	18,57	16,76	17,79	16,31		15,73	15,12	14,70	14,28
29	17,19		16,90	18,55		17,82	16,24	15,73	15,71	15,13	14,98	14,22
30	17,19		16,89	17,77	18,40		16,13	15,80	15,70	15,17	14,92	14,15
31	16,85		16,93		17,96		16,13	15,74		15,22		14,18
Mesečno povprečje	17,45	16,82	16,53	17,96	18,46	17,98	16,87	15,79	15,77	15,60	14,92	14,32

PRILOGA D

Dnevne količine padavin (mm) na AMP Levec v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	18,6		0,2			7,4		12,6			5,8	
2	10,2	0,2	1,2	0,2	0,6	1,8	3,0	4,0				
3				7,4		0,2	3,4	19,8				
4			3,0					9,2		25,6		
5	6,0	0,2	47,2	0,6		0,2				3,4		
6	8,8	0,2		9,8	0,2	15,6		0,2				
7			0,2		1,6		0,6	6,8		0,4	0,2	0,6
8	0,4	0,6	0,4	0,2			12,2				0,2	1,2
9		0,4			5,0		6,2	15,2			0,2	7,4
10		0,2	30,8	1,0	0,2	0,6			0,2			8,0
11		0,4		16,0				5,4		0,2		
12	11,4	0,2						24,4			1,8	
13	1,0					4,6		6,8			0,2	0,2
14		0,2	0,6		2,2			4,6				
15		0,6						2,0	25,4			0,2
16	0,8	1,0							23,8			
17	2,0	7,4		5,6	8,2	0,2			7,0		0,2	3,0
18	4,0	1,0		2,0			0,2		3,6			10,8
19	1,2	0,6		1,4	15,4		0,2		0,6		0,2	
20	1,4	7,8		0,2	3,8		0,2				2,8	
21	1,6				0,2	0,2	0,2					0,2
22	1,6	4,0	2,8				0,2	0,4		0,2	24,6	
23	1,2	0,4	1,2	4,6	0,6		4,8	1,0				0,2
24	1,8	9,0	0,2		45,8		0,4	0,4	0,2	13,8		
25	0,2	9,8						11,8		5,8		
26	0,2	2,6		0,2								
27		2,6		11,0	0,2		12,8	2,6				
28		0,2		17,8	4,0	0,2		0,8				
29			3,8	7,2	46,0	34,0	0,4	17,4				0,2
30	0,4			12,2	35,0	5,0		15,4				
31			0,2		0,4							
Vsota	72,8	49,6	91,8	97,4	169,4	70,0	44,8	160,8	60,8	49,4	36,2	32,0

PRILOGA E

Dnevni nivoji podzemne vode (m. n. m.) na AMP Levec v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	242,36	242,17	242,68	242,53	242,68	243,33	242,27	241,98	242,13	242,09	241,98	241,97
2	242,47	242,17	242,65	242,51	242,69	243,18	242,25	241,99	242,12	242,08	241,98	241,97
3	242,53	242,15	242,63	242,47	242,66	243,08	242,24	242,00	242,11	242,07	241,97	241,96
4	242,54	242,14	242,66	242,54	242,62	243,00	242,23	242,04	242,10	242,07	241,97	241,96
5	242,54	242,14	242,88	242,53	242,58	242,92	242,22	242,06	242,09	242,11	241,96	241,95
6	242,53	242,13	242,96	242,53	242,55	242,89	242,20	242,06	242,08	242,12	241,95	241,94
7	242,53	242,12	242,93	242,57	242,52	242,87	242,19	242,06	242,07	242,11	241,94	241,94
8	242,53	242,11	242,89	242,57	242,50	242,83	242,19	242,05	242,06	242,09	241,94	241,94
9	242,52	242,11	242,88	242,55	242,48	242,78	242,18	242,05	242,05	242,08	241,93	241,93
10	242,51	242,11	243,29	242,53	242,46	242,73	242,17	242,05	242,04	242,07	241,92	241,94
11	242,49	242,10	243,69	242,53	242,43	242,69	242,15	242,04	242,04	242,07	241,92	241,96
12	242,47	242,09	243,57	242,57	242,41	242,65	242,14	242,06	242,03	242,06	241,91	241,97
13	242,45	242,08	243,39	242,56	242,39	242,62	242,13	242,17	242,02	242,05	241,91	241,97
14	242,43	242,07	243,24	242,55	242,37	242,59	242,12	242,22	242,01	242,04	241,90	241,97
15	242,41	242,07	243,12	242,52	242,35	242,56	242,11	242,22	242,00	242,03	241,90	241,97
16	242,39	242,08	243,03	242,50	242,34	242,53	242,10	242,21	242,07	242,03	241,89	241,97
17	242,37	242,18	242,96	242,48	242,32	242,50	242,08	242,19	242,15	242,02	241,89	241,98
18	242,35	242,38	242,90	242,47	242,31	242,49	242,07	242,17	242,19	242,00	241,88	241,99
19	242,34	242,55	242,85	242,46	242,29	242,45	242,06	242,15	242,21	241,99	241,87	242,03
20	242,32	242,71	242,81	242,44	242,30	242,42	242,04	242,13	242,22	241,98	241,87	242,06
21	242,31	242,81	242,78	242,42	242,29	242,39	242,02	242,12	242,21	241,98	241,87	242,06
22	242,29	242,81	242,75	242,41	242,27	242,37	242,01	242,10	242,20	241,97	241,89	242,06
23	242,28	242,78	242,77	242,39	242,26	242,29	242,00	242,09	242,19	241,96	241,96	242,06
24	242,26	242,74	242,75	242,38	242,33	242,27	242,01	242,08	242,17	241,96	241,99	242,05
25	242,25	242,73	242,72	242,36	242,56	242,25	242,00	242,08	242,17	241,99	241,99	242,05
26	242,24	242,73	242,68	242,35	242,58	242,24	241,99	242,08	242,15	242,01	242,00	242,04
27	242,22	242,72	242,65	242,34	242,54	242,28	241,99	242,06	242,14	242,01	241,99	242,03
28	242,21	242,71	242,62	242,36	242,58	242,27	241,99	242,06	242,13	242,00	241,99	242,03
29	242,20		242,60	242,44	242,63	242,27	241,98	242,08	242,12	242,00	241,99	242,02
30	242,19		242,57	242,56	243,31	242,28	241,98	242,11	242,10	242,00	241,98	242,01
31	242,18		242,55		243,33		241,98	242,14		241,99		242,00
Mes. povp.	242,38	242,35	242,89	242,48	242,51	242,60	242,10	242,09	242,11	242,03	241,94	241,99

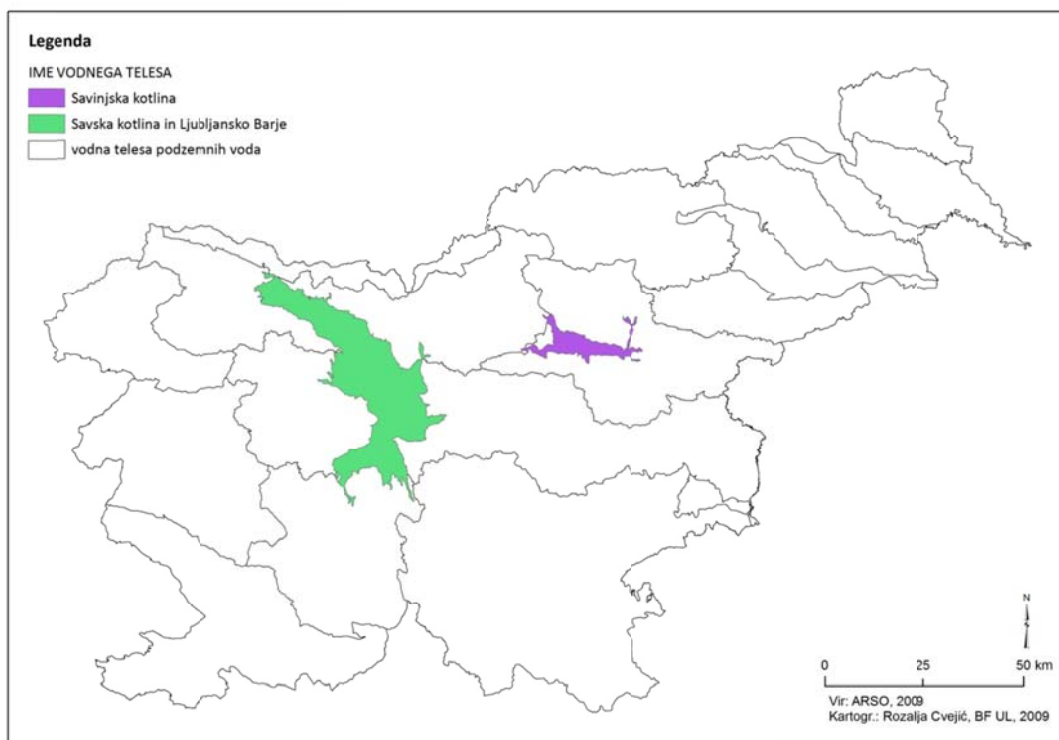
PRILOGA F

Dnevne koncentracije nitrata (mg/l) v podzemni vodi na AMP Levec v letu 2006

	Mesec											
Dan	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
1	60,51	63,98	61,12	57,31	58,40	54,27	57,14	60,80	60,24	61,97	63,82	63,91
2	60,05	64,03	61,16	57,40	58,45	54,23	57,38	60,27	60,05	62,04	63,67	64,23
3	60,33	64,11		57,45	58,44	54,68	57,14	60,60	60,28	62,08	63,97	64,26
4	60,46	64,14	61,05	57,28	58,48	54,11	57,70	59,96	60,53	61,95	64,07	63,99
5	60,53	64,20	60,64	57,39	58,60	54,17	58,07	60,22	60,56	60,91	64,09	64,18
6	60,57	64,21	60,39	57,40	58,58	53,71	58,34	60,37	60,65	61,88	64,12	64,35
7	60,66	64,26	60,28	57,40	58,65	53,60	58,55	60,41	60,71	62,02	64,14	64,35
8	60,82	64,27	59,95	57,48	58,75	53,77	58,63	60,51	60,75	62,10	64,23	64,34
9	60,98	64,36	59,67	57,51	58,71	53,89	58,90	60,46	60,82	62,22	64,30	64,35
10	61,06	64,54	59,08	57,64	58,74	54,03	59,00	60,16	60,85	62,35	64,40	64,01
11	61,09	64,56	58,52	58,04	58,78	54,23	59,25	60,45	60,66	62,41	64,41	64,17
12	61,40	64,58	56,78	57,59	58,83	54,49	59,52	59,80	61,07	62,51	65,75	64,29
13	61,70	64,61	55,79	57,73	58,83	54,75	59,64	58,81	61,11	62,57	64,52	63,96
14	61,94	64,64	55,45	57,84	58,75	54,97	59,77	60,10	61,28	62,66	64,55	64,31
15	62,06	64,70	55,43	57,89	58,79	55,15	59,97	59,57	61,38	62,73	64,58	64,39
16	62,21	64,74	55,49	57,97	58,79	55,31	60,16	59,66	59,65	62,74		64,42
17	62,39	64,61	55,50	58,08	58,81	55,53	60,17	59,99	59,85	62,95	65,02	64,45
18	62,62	64,09	55,67	58,13		55,67	60,35	60,00	60,44	63,11	64,33	64,61
19	62,78	63,98	55,58	58,24		55,78	60,42	60,10	60,62	63,19	64,29	64,17
20	62,92	63,54	55,64	58,39	59,07	55,89	60,47	60,24	60,78	63,29	64,38	64,22
21	63,01	62,76	55,78	58,45	59,41	56,02	60,55	60,33	60,81	63,37	64,75	64,25
22	63,16	62,56	55,91	58,63		56,14	60,63	60,22	61,17	63,44	63,91	64,24
23	63,09	62,44	56,20	58,70	57,50		60,68	60,35	61,24	63,52	63,42	64,24
24	63,39		56,35	58,72	58,13		60,50	60,53	61,41	63,60	64,10	64,28
25	63,44		56,51	58,82	57,05		60,75	60,21	61,41	63,07	63,99	64,35
26	63,50	61,79	56,56	58,94	57,61	56,58	60,79	60,14	61,54	63,43	64,04	64,33
27	63,62	61,48	56,76	58,95	57,76	56,70	60,71	60,30	61,72	63,60	64,12	64,24
28	63,72	61,18	56,98	58,80	58,29	56,81	60,69	60,48	61,74	63,64	64,14	64,37
29	63,73		57,08	58,59	57,17	56,86	61,63	59,93	61,85	63,67	64,13	64,46
30	63,84		57,18	58,54	56,53	56,70	60,86	59,58	61,94	63,70	64,15	64,50
31	63,95		57,29		55,34		60,85	59,98		63,79		64,55
Mesečno povprečje	62,11	63,78	57,53	58,04	58,26	55,11	59,65	60,15	60,90	62,79	64,25	64,28

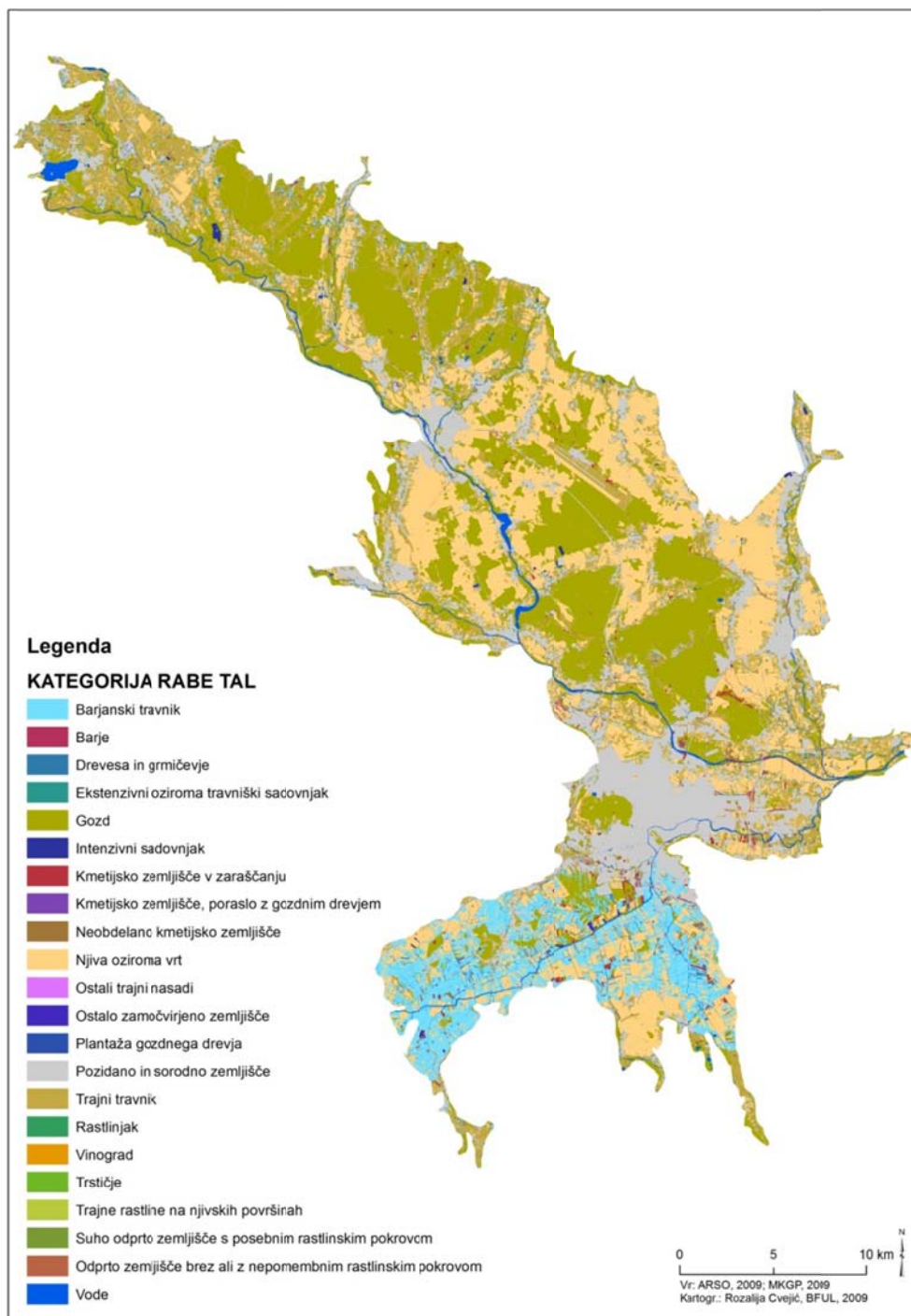
PRILOGA G

Lega obravnavanih vodnih teles v Sloveniji



PRILOGA H

Karta rabe tal na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje



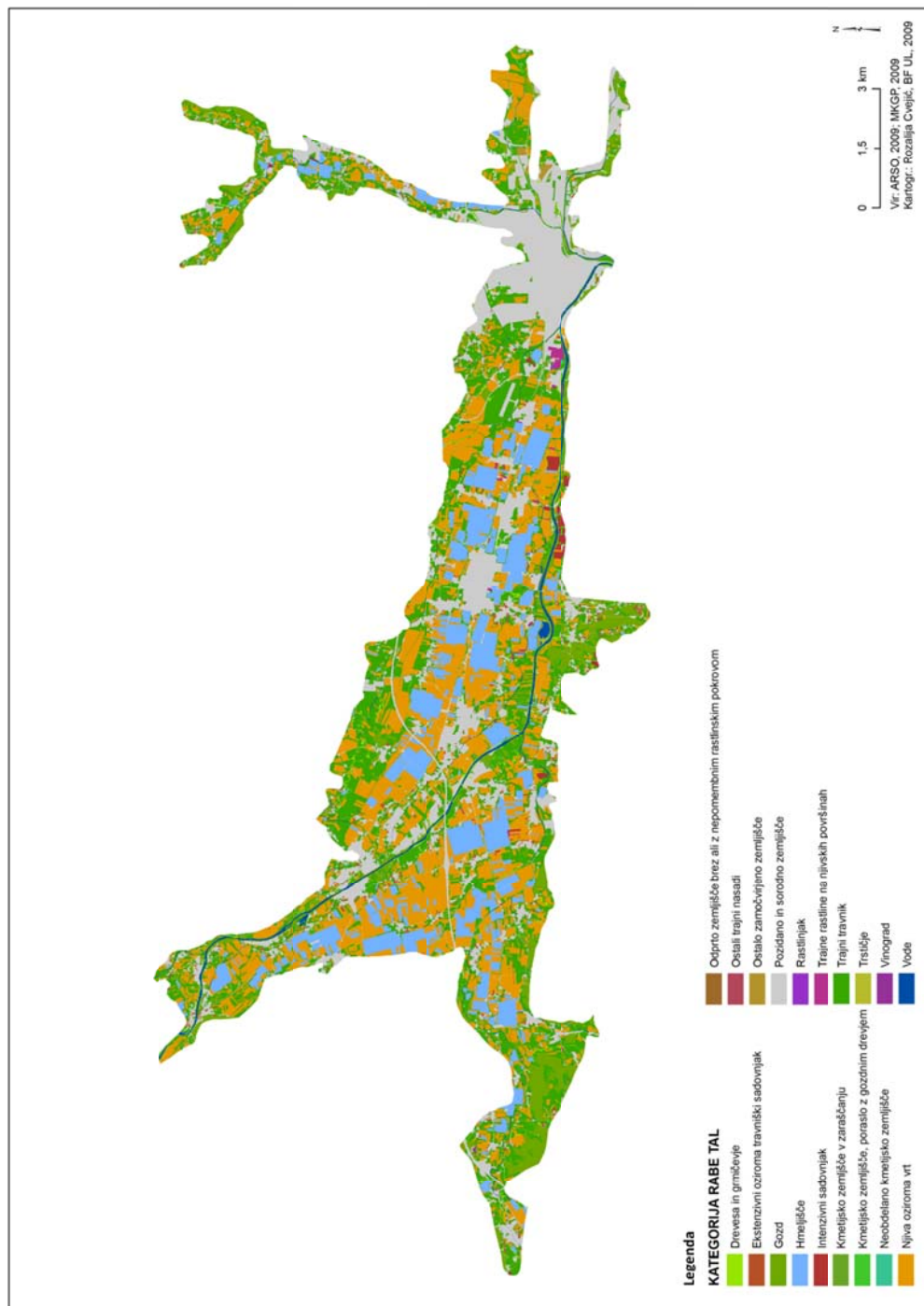
PRILOGA I

Površina (km²) za vsako kategorijo rabe tal na vodnem telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje

Kategorija		Raba_ID	Površina (km ²)	Skupna površina (km ²)
Njive in vrtovi	Njiva oziroma vrt	1100	192,17	192,78
	Trajne rastline na njivskih površinah	1180	0,46	
	Rastlinjak	1190	0,15	
Trajni nasadi	Vinograd	1211	0,01	7,68
	Intenzivni sadovnjak	1221	1,09	
	Ekstenzivni oziroma travniški sadovnjak	1222	6,54	
	Ostali trajni nasadi	1240	0,03	
Travniki	Trajni travnik	1300	135,14	187,61
	Barjanski travnik	1321	52,17	
	Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem	1800	0,30	
Druga kmetijska zemljišča	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	1410	7,91	22,24
	Plantaža gozdnega drevja	1420	0,15	
	Drevesa in grmičevje	1500	12,70	
	Neobdelano kmetijsko zemljišče	1600	1,48	
Gozd		2000	209,85	209,85
Pozidano in sorodno zemljišče		3000	140,85	140,85
Drugo	Barje	4100	0,18	12,40
	Trstičje	4210	0,09	
	Ostalo zamočvirjeno zemljišče	4220	0,26	
	Suho odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom	5000	0,07	
	Odprto zemljišče brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom	6000	0,14	
	Vode	7000	11,66	

PRILOGA J

Karta rabe tal na vodnem telesu Savinjska kotlina



PRILOGA K

Površina (km²) za vsako kategorijo rabe tal na vodnem telesu Savinjska kotlina

Kategorija		Raba_ID	Površina (km ²)	Skupna površina (km ²)
Njive in vrtovi	Njiva oziroma vrt	1100	30,10	44,59
	Hmeljišče	1160	14,19	
	Trajne rastline na njivskih površinah	1180	0,27	
	Rastlinjak	1190	0,03	
Trajni nasadi	Vinograd	1211	0,08	1,72
	Intenzivni sadovnjak	1221	0,53	
	Ekstenzivni oziroma travniški sadovnjak	1222	1,10	
	Ostali trajni nasadi	1240	0,01	
Travniki	Trajni travnik	1300	0,01	27,03
	Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem	1800	27,02	
Druga kmetijska zemljišča	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	1410	0,87	2,54
	Drevesa in grmičevje	1500	1,63	
	Neobdelano kmetijsko zemljišče	1600	0,04	
Gozd		2000	7,11	7,11
Pozidano in sorodno zemljišče		3000	23,83	23,83
Drugo	Trstičje	4210	0,02	2,32
	Ostalo zamočvirjeno zemljišče	4220	0,17	
	Odprto zemljišče brez ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom	6000	0,02	
	Vode	7000	2,12	