

UNIVERZA V NOVI GORICI  
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

**DINAMIKA NITRATA V NAMAKANIH TLEH OLJČNIH  
NASADOV SLOVENSKE ISTRE**

DIPLOMSKO DELO

Jurij PRELC

Mentorica: dr. Maja Podgornik

Nova Gorica, 2013

## **IZJAVA**

Izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Rezultati, ki so nastali v okviru skupnega raziskovanja z drugimi raziskovalci ali so jih prispevali drugi raziskovalci (strokovnjaki), so eksplicitno prikazani oziroma navedeni (citirani) v diplomskem delu.

Jurij Prelc

## **ZAHVALA**

Za nasvete o oblikovanju naloge se iskreno zahvaljujem mentorici dr. Maji Podgornik.

Angelu Hlaju se zahvaljujem, da mi je izčrpno predstavil svoj pogled na oljkarstvo v Slovenski Istri.

Za vzorčenje v nasadih oljk se zahvaljujem oljkarjema Angelu Hlaju in Danilu Markočiču.

Za pomoč pri vzorčenju se zahvaljujem Alenki Arbeiter in Urški Klančar ter ostalim zaposlenim na Inštitutu za sredozemsko kmetijstvo in oljkarstvo, Znanstveno-raziskovalno središče Univerze na Primorskem.

Raziskava je bila izvedena v okviru mednarodnega projekta Program čezmejnega sodelovanja Slovenija–Hrvaška 2007–2013, Zmanjšanje onesnaževanja in ohranjanje biotske pestrosti v kmetijstvu s poudarkom na oljkarstvu (ZOOB).

## POVZETEK

Kmetijstvo je najpomembnejši razpršeni onesnaževalec podzemnih voda z nitratom. Posledice onesnaženja se vedno pokažejo s časovnim zamikom, regeneracija pa je dolgotrajna. Z raziskovalnim delom smo želeli ugotoviti, v kolikšni meri različni okoljski dejavniki vplivajo na dinamiko vsebnosti nitrata v talni vodi in tleh namakanih in nenamakanih površin oljčnikov in ali je oljkarstvo vzrok onesnaženja podzemnih voda v Slovenski Istri. Raziskavo smo izvajali v izbranih oljčnikih Slovenske Istre v Dekanih in Strunjanu. Oba oljčnika sta zatravljena, gnojenje pa je bilo med raziskavo zmerno (36–37 kg N/ha letno). V Dekanih so tla glineno-ilovnata, v Strunjanu pa meljasto-ilovnata do meljasto-glinasto-ilovnata. Na vzorčnih mestih je v tleh približno 2 % organske snovi. Velika večina vzorcev talne vode je imela vsebnost nitrata nižjo od meje zaznavnosti, torej pod 1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Višje vsebnosti so se pojavile le takoj po gnojenju, ki je potekalo 13. februarja 2011 v Dekanih in 4. februarja 2011 v Strunjanu. Največja vsebnost nitrata v talni vodi je bila 28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, zaznali smo jo 30. marca 2011 na nenamakanih površinah v Dekanih. To pomeni, da so bile vsebnosti nitrata daleč pod mejno vrednostjo 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, ki jo za dobro kemijsko stanje podzemnih voda predpisujeta Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (Uradni list RS, št. 100/2005) in Evropska okvirna vodna direktiva (Water Framework Directive 2000/60/EC).

KLJUČNE BESEDE: oljka *Olea europaea* L., Slovenska Istra, nitrat, dinamika, izpiranje, namakanje.

## ABSTRACT

Agriculture is the most important dispersed source of pollution of groundwater with nitrate. The consequences show up with a time delay, regeneration time is long. In our research we wanted to find out the extend of impact of various environmental factors on dynamics of nitrate concentration in soil water and soil of irrigated and unirrigated olive grooves. From the results of our research we can conclude that olive grooves do not pollute ground water with nitrate in Slovenian Istria. We conducted our research in selected olive grooves in Slovenian Istria. Soil was covered by turf, fertilization was moderate (36–37 kg N/ha per year). The textural class of soil in Dekani is clay–loam, in Strunjan silt–loam to silt–clay–loam. In both sites there were approximately 2 % of organic matter. A great majority of soil water samples had nitrate concentration below detection limit (<1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Higher nitrate concentrations appeared after fertilization, that took place on 13 February 2011 in Dekani and 4 February 2011 in Strunjan. The peak concentration in soil water was 28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, detected on 30 March 2011 in unirrigated soil in Dekani. This means that nitrate concentrations were well below the limit value of 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l for good chemical state of groundwater, established by Water Framework Directive 2000/60/EC.

KEY WORDS: olive *Olea europaea* L., Slovenian Istria, nitrate, dynamics, leaching, irrigation.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	Namen raziskave.....	1
1.2	Hipotezi raziskave.....	2
<b>2</b>	<b>PREGLED OBJAV</b> .....	<b>3</b>
2.1	Namen gojenja oljk .....	3
2.2	Dušikov krog.....	3
2.2.1	Fiksacija .....	4
2.2.2	Mineralizacija.....	5
2.2.3	Nitrifikacija .....	5
2.2.4	Imobilizacija.....	6
2.2.5	Denitrifikacija .....	6
2.3	Gnojenje oljk z dušikom.....	6
2.3.1	Sprejemanje nitrata s strani olčnih dreves.....	7
2.4	Voda v tleh .....	8
2.4.1	Gibanje vode v tleh .....	8
2.5	Namakanje oljk .....	9
2.6	Izpiranje nitrata iz kmetijskih površin .....	11
2.7	Vpliv nitrata na vode.....	12
2.8	Vpliv nitrata na ljudi.....	12
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b> .....	<b>14</b>
3.1	Opis vzorčnih mest in terenskega dela.....	14
3.2	Padavine in temperature .....	15
3.3	Lastnosti tal .....	16
3.4	Gnojenje, obdelava tal in namakanje .....	18
3.5	Vzorčenje in meritev vsebnosti nitrata v tleh in talni raztopini .....	20
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b> .....	<b>21</b>
4.1	Padavine in temperature .....	21
4.2	Lastnosti tal .....	22
4.3	Dinamika vsebnosti nitrata v tleh .....	23
4.4	Dinamika vsebnosti nitrata v talni vodi.....	25
<b>5</b>	<b>DISKUSIJA</b> .....	<b>27</b>
5.1	Vpliv gnojenja na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi .....	27
5.2	Vpliv obdelave in lastnosti tal na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi....	27
5.3	Vpliv namakanja na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi .....	28
5.4	Vpliv padavin na dinamiko nitrata v talni vodi.....	28
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČKI</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b> .....	<b>30</b>

## SEZNAM PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Metode analize pedoloških profilov.....</i>	<i>16</i>
<i>Preglednica 2: Gnojenje in obdelava tal.....</i>	<i>18</i>
<i>Preglednica 3: Mesečni obrok namakanja za vzorčno mesto Dekani.....</i>	<i>19</i>
<i>Preglednica 4: Lastnosti tal.....</i>	<i>23</i>

## SEZNAM SLIK

<i>Slika 1: Dušikov krog (Alexander M., 1977) .....</i>	<i>4</i>
<i>Slika 2: Zemljevid merilnih mest (Atlas okolja, 2012) .....</i>	<i>14</i>
<i>Slika 3: Vzorčni oljčnik v Strunjanu .....</i>	<i>14</i>
<i>Slika 4: Dolgoletno povprečje padavin in temperatur za Portorož .....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 5: Vremenska postaja na vzorčnem mestu Dekani.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 6: Pedološki profil vzorčnega mesta Strunjan.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 7: Pedološki profil vzorčnega mesta Dekani.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 8: Tenzimeter .....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 9: »Data logger«.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 10: Lega keramičnih svečk pod drevesom.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 11: Steklenice s podtlakom za zbiranje vzorca .....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 12: Padavine in temperature v Strunjanu.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 13: Padavine in temperature v Dekanih.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 14: Dinamika nitrata v tleh v Strunjanu .....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 15: Dinamika nitrata v tleh v Dekanih .....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 16: Dinamika nitrata v talni vodi v Strunjanu.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 17: Dinamika nitrata v talni vodi v Dekanih .....</i>	<i>26</i>

# 1 UVOD

Oljkarstvo postaja v Slovenski Istri vse bolj uveljavljena kmetijska panoga. Zaradi naraščanja pomena oljkarstva na trgu želimo v čim večji meri zmanjšati izpad kakovostnega pridelka v sušnih letih. Z uspešnim uvajanjem novih tehnologij namakanja je mogoče učinkovito blažiti posledice suše ter zagotoviti konstantne in kakovostne pridelke.

Številne raziskave, ki so ocenjevale onesnaževanje s strani kmetijstva, so pokazale veliko spremenljivost izgube rastlinskih hranil v odvisnosti od različnih tipov tal in načinov obdelave. Sproščanje hranil iz tal in njihov transport s pronicajočo vodo lahko vpliva na kakovost vodnih teles (Francia Martinez J. R. in sod., 2006).

V času, ko je v tleh premalo vlage, namakanje zagotovi rastlinam optimalen dostop do hranil in vode. Pri prekomernem namakanju in obdelavi tal, ki ruši talno ravnovesje, se lahko poveča nevarnost za izpiranje nitrata (Barton L. in Colmer T. D., 2006). Ko rastline in mikrobi ne uspejo porabiti nastalega nitrata, se njegova vsebnost v talni vodi prekomerno dvigne. Če se to zgodi v času obilnih padavin ali prekomernega namakanja, lahko drenirana voda izpere nitrat v globlje plasti tal.

Zmanjšanje izgub nitrata iz tal je odvisno predvsem od potreb kulturnih rastlin, pa tudi od bioloških, kemičnih in fizikalnih lastnosti tal. Nitrat je v tleh lahko asimiliran v rastlinsko ali mikrobno biomaso, denitrificiran ali volatiliziran, lahko se veže na talne delce ali v talno organsko snov. Tisti dušik, ki ni vključen v katerega od prej opisanih procesov, se lahko izpere iz tal (Barton L. in Colmer T. D., 2006).

Nitrat prihaja v telo s hrano in z vodo. Prekomerna vsebnost nitrata v človeškem telesu sama po sebi sicer ne predstavlja grožnje za zdravje. S povečanim vnosom nitrata v človeški organizem je povezana večja vsebnost nitrata v želodcu. Mikrobi lahko ob okužbi želodca, predvsem otrok, mlajših od enega leta, pretvorijo nitrat v nitrit. Nitrit lahko vstopa v kri in povzroča methemoglobinemijo, znano kot sindrom *blue baby*. Nitrit se lahko veže z amini, ki tvorijo močno rakotvorne nitrozamine (Guidelines for drinking water quality, 2008).

Izpiranje nitrata povzroča neposredno gospodarsko škodo. Transport hranil s pronicajočo vodo povzroča postopno izgubo rodovitnosti tal. Z boljšim gospodarjenjem z dušikom lahko privarčujemo pri nakupu dušikovih gnojil (Verbič J. in sod., 2006).

## 1.1 Namen raziskave

Namenov oziroma ciljev raziskave je več:

- ugotoviti, v kolikšni meri različni okoljski dejavniki vplivajo na dinamiko vsebnosti nitrata v talni vodi in tleh;
- ugotoviti, ali je možno z izbranim načinom namakanja zmanjšati škodljive vplive gojenja oljk na okolje, tako da se zmanjša vsebnost nitrata v talni vodi;
- prispevati k smotni porabi vode iz zelo omejenih vodnih virov.



## **1.2 Hipotezi raziskave**

Oljkarstvo ni vzrok onesnaženja podzemnih voda v Slovenski Istri. Predpostavljamo, da je vsebnost nitrata v talni vodi nenamakanih in namakanih površin oljčnih nasadov pod mejno vrednostjo (50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l), ki jo za dobro kemijsko stanje podzemnih voda predpisujeta Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (Uradni list RS, št. 100/2005) in Evropska okvirna vodna direktiva (Water Framework Directive 2000/60/EC).

Vsebnost nitrata v talni vodi nenamakanih površin bo višja v primerjavi z vsebnostjo nitrata v talni vodi namakanih površin. Ob ustrezni razpoložljivosti vode bodo korenine sposobne sproti asimilirati nitrat.

## **2 PREGLED OBJAV**

### **2.1 Namen gojenja oljk**

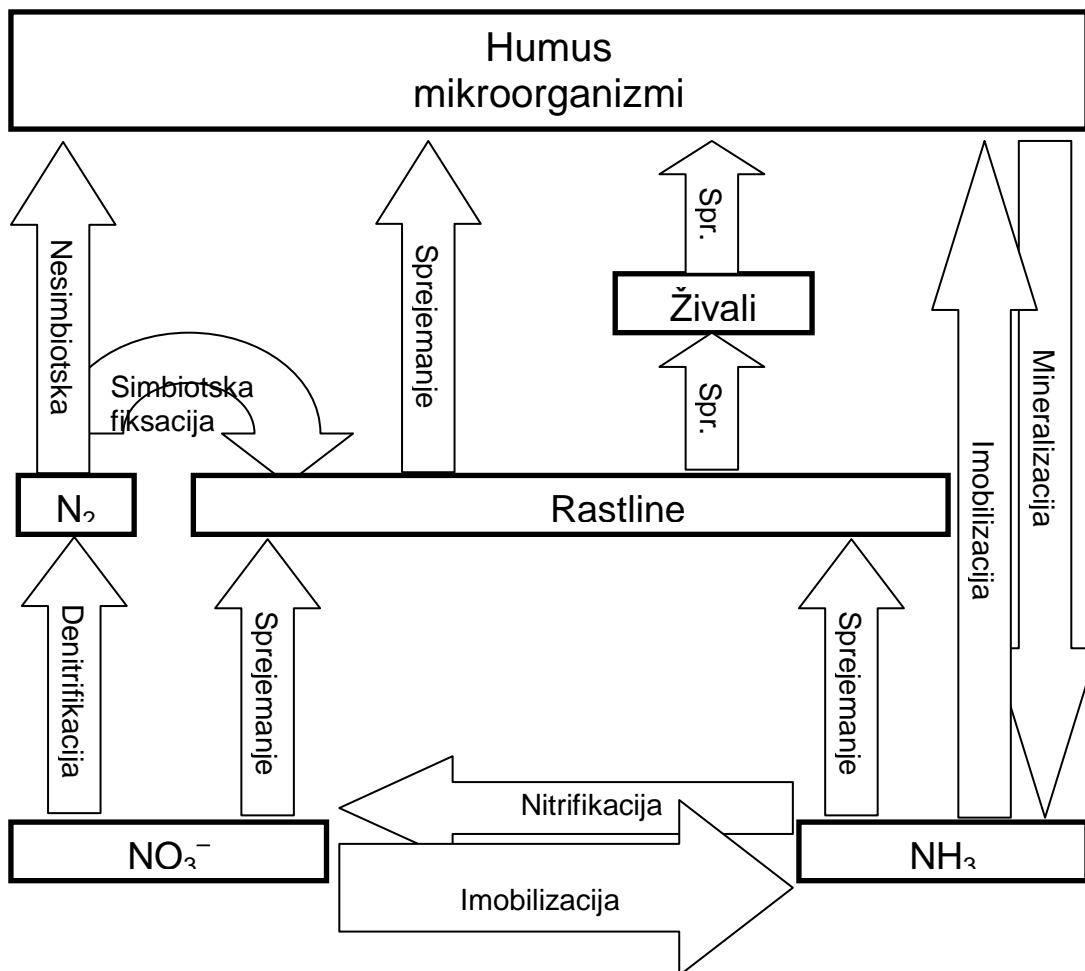
Oljke gojimo z namenom pridobivanja deviškega oljčnega olja. Deviško oljčno olje je oljčni sok, pridobljen iz sadeža – oljke – z izključno mehanskimi postopki, ki lahko nudi gastronomske užitke (Vesel V. in sod. 2009). Klimatske in mikroklimatske razmere določenega območja bistveno vplivajo na tip in kakovost olja. Zaradi ostrejših podnebnih razmer ima oljčno olje, pridelano na območju Slovenske Istre, poseben okus in aromo (Sancin V., 1990).

V oljčnem soku je približno 98 % triacilglicerolov, spojin med glicerolom in tremi maščobnimi kislinami. Dolgoletno povprečje maščobnih kislin v deviškem oljčnem olju Slovenske Istre je naslednje: nasičene – 15,7 %, enkrat nenasičene – 78 % in večkrat nenasičene – 6,6 %. Preostala 2 % sestavin deviškega oljčnega olja pa sta vse tisto žlahtno, kar presega že tako uravnoteženo triacilglicerolno sestavo deviškega oljčnega olja (Vesel V. in sod., 2009).

### **2.2 Dušikov krog**

Dušik (N) je tisti makronutrient, katerega najpogosteje primanjkuje v prehrani rastlin. Dušik (N) je četrti najpogostejši element v rastlinskem tkivu. Pogostejši elementi so ogljik (C), vodik (H) in kisik (O) (Paul E. A. in Clark F. E., 1996).

Dušikov krog (slika 1) je sestavljen iz vrste procesov, ki vključujejo organske, anorganske, hlapljive, topne in netopne oblike dušika v vezanem ali elementarnem stanju. Prikazani procesi potekajo sočasno, nekateri med njimi so si nasprotni.



**Slika 1: Dušikov krog (Alexander M., 1977)**

### 2.2.1 Fiksacija

Ozračje z 78 % sestavlja elementarni dušik N<sub>2</sub>. V tej obliki je dušik nedostopen živalim, rastlinam in večini mikrobov. Talni dušik izvira v glavnem iz atmosferskega elementarnega dušika N<sub>2</sub> (Rowel D. L., 1994).

V industriji poteka fiksacija dušika po Haber-Boschevem procesu. Elementarni dušik N<sub>2</sub> se ob prisotnosti vodika H<sub>2</sub> v katalitični redukciji pretvori v amonij NH<sub>3</sub>. Ta reakcija je zelo endotermna, poteka ob visoki temperaturi in visokem tlaku (Marschner H., 1995).

Biološka fiksacija dušika je energetsko zelo zahteven proces, ki ga izvajajo le redki mikrobi: *Azotobacter* (aeroben), *Beijerinckia* (aeroben), *Azospirillum* (fakultativen), *Clostridium* (anaeroben). Prostoživeči mikrobi, ki ne živijo v bližini korenin, vežejo letno od 1 do 2 kg N/ha. Mikrobi, ki živijo v bližini korenin, vežejo letno od 2 do 25 kg N/ha. Mikrobi, ki živijo v simbiozi s koreninami rastlin, vežejo letno od 200 do 300 kg N/ha. Med njimi so najbolj raziskane simbiotske bakterije iz rodu *Rhizobium* (Maier R. M. in sod., 2009).

Fiksacijo dušika zavira visoka vsebnost amoniaka. Za mikrobe je veliko bolj ugodno sprejemanje dušika iz okolice v obliki amoniaka kot pa sprejemanje s fiksacijo. Encim nitrogenaza je občutljiv na kisik. Nekateri prostoživeči aerobni mikrobi vežejo dušik le

ob nizkem parcialnem tlaku kisika. *Azotobacter* in *Beijerinckia* sta sposobna vezati dušik ob običajni vsebnosti kisika, ker imata razvit mehanizem obrambe nitrogenaze pred kisikom (Maier R. M. in sod., 2009).

### 2.2.2 Mineralizacija

Mineralizacija je razgradnja organsko vezanih spojin dušika do amonijaka  $\text{NH}_4^+$ . Poteka skoraj v vseh pogojih, saj jo izvajajo različni mikrobi, ki so prilagojeni na posamezne pogoje. Velja pa, da je hitrost mineralizacije odvisna od okoljskih pogojev, kot so vlaga, pH tal, vsebnost kisika, temperatura, količina in sestava dušičnih spojin (Alexander M., 1977). Največja biološka aktivnost je tik pod površjem tal. Z globino biološka aktivnost pada (Barton L. in Colmer T. D., 2006). Mineralizacija je povezana z metabolizmom mikrobov. Viške nastalega amonijaka  $\text{NH}_4^+$ , ki ga mikrobi ne morejo porabiti zase, izločijo v tla (Alexander M., 1977).

Tla, ki vsebujejo več organsko vezanega dušika, so sposobna v rastni dobi sprostiti več amoniaka. V krajih z zmernim podnebjem, mikrobi med eno rastno dobo sprostijo 1–4 % vezanega dušika. Sproščanje amoniaka je najhitrejše, ko je vsebnost vode 50–75 % vodne kapacitete tal (Alexander M., 1977).

Mikrobi *in vitro* hitreje razkrajajo dušikove spojine kot v tleh. V naravi so dušikove spojine bolj obstojne. Obstojnost omogoča, da se v obdobju vsake rastne dobe sprosti le manjši del dušika, ki naj bi ga bile sposobne rastline in mikrobi vsrkati. Ena izmed hipotez pravi, da se dušične spojine v tleh vežejo z ostalimi nedušičnimi snovmi. Slednje jih fizično ščitijo pred razgradnjo. Druga hipoteza pravi, da se vežejo med glinene delce, ki jih prav tako ščitijo pred mikrobi. Razgradnja kompleksnih spojin poteka zunaj celice z zunajceličnimi encimi. Osnovne enote so nato sposobne prečkati celično membrano. Nadaljevanje razgradnje se dogaja v celici. Tretja hipoteza pravi, da delci gline ujamejo zunaj celične encime in jim tako onemogočijo delovanje na dušične spojine (Alexander M., 1977).

Mineralizacija organskega dušika in organskega ogljika sta povezani med seboj. Razmerje ustvarjenega  $\text{CO}_2\text{-C}$  proti  $\text{NO}_3\text{-N}$  je običajno 7–15 : 1. Hitrejša mineralizacija ogljika je torej povezana s hitrejšo mineralizacijo dušika. V tleh z bolj dejavno mikrofloro je to razmerje blizu 7 : 1, kjer je manj dejavna, pa teži k 15 : 1. Organske spojine dušika, ki so topne v vodi, se prej mineralizirajo kot netopne (Alexander M., 1977).

### 2.2.3 Nitrifikacija

Nitrifikacija je dvostopenjski proces pridobivanja energije mikrobov. V prvi stopnji mikrobi iz rodu *Nitrosomonas* oksidirajo amonij ( $\text{NH}_4^+$ ) do nitrita ( $\text{NO}_2^-$ ). V drugi stopnji mikrobi iz rodu *Nitrobacter* oksidirajo nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) do nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ). Ta dva tipa nitrifikacijskih mikrobov se običajno nahajata skupaj v istih okoljih. Posledica tega je, da se nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) ne nabira v okolju (Maier R. M. in sod., 2009).

Nitrifikacija je mikrobna oksidacija amoniaka do nitrata. Poteka hitreje, če so tla primerno topla (30–35 °C) in zračna ter nevtralne oziroma alkalne (pH 6,6–8) reakcije. Če ti pogoji v tleh niso izpolnjeni, se proces nitrifikacije upočasni (Paul E. A. in Clark F.

E., 1996). V primeru, da vrednost pH pade pod 4,5, se nitrifikacija popolnoma zaustavi (Maier R. M. in sod., 2009).

#### 2.2.4 Imobilizacija

Imobilizacija je proces, ki je nasproten mineralizaciji. Mineralizacija in imobilizacija potekata sočasno. Prvi proces sprošča dušik iz odmrle biomase v mineralno-ionsko ( $\text{NH}_4^+$  in  $\text{NO}_3^-$ ) obliko, slednja pa veže mineralno-ionski ( $\text{NH}_4^+$  in  $\text{NO}_3^-$ ) dušik v novo nastalo živo maso mikrobov in rastlin. Vsebnost nitrata v tleh ne odraža samo stopnje mineralizacije, ampak predstavlja razliko med mineralizacijo in imobilizacijo. To pomeni, da je dejanska stopnja mineralizacije vedno večja, kot to kaže vsebnost nitrata v tleh (Alexander M., 1977).

Rastline lahko sprejemajo dušik samo v obliki anorganskih spojin, kot sta amonijak in nitrat. Komaj 1–2 % celotne količine dušika v tleh sta koreninam na razpolago v obliki nitratnega ali amonijevega iona. V tleh je približno 0,1–0,4 % skupnega dušika (Sancin V., 1990).

Nitratni dušik je najbolj oksidirana oblika dušika. Rastline reducirajo nitrat do amoniaka z namenom vgradnje v celično maso. Po drugi strani pa ga mikrobi reducirajo do elementarnega dušika z namenom nitratnega dihanja. Produkti asimilacije ohranjajo dušik v tleh (Alexander M., 1977).

#### 2.2.5 Denitrifikacija

Če v tleh primanjkuje kisika in zato nastopajo anaerobne razmere, se sproži denitrifikacija. Anaerobne denitrifikacijske bakterije (npr. *Clostridium*) nitrat reducirajo v elementarni dušik z namenom nitratnega dihanja. Elementarni dušik ne sodeluje v prehrani rastlin in izhlapi iz tal. V nekaterih primerih so izgube dušika iz tal z denitrifikacijo večje kot izgube zaradi izpiranja. V tem primeru kisik iz nitrata nadomešča elementarni kisik iz zraka ali vodne raztopine kot sprejemnik elektronov (Alexander M., 1977, Sancin V., 1990).

### 2.3 Gnojenje oljk z dušikom

Najpomembnejša rastlinska hranila so dušik (N), fosfor (P) in kalij (K). Med njimi je dušik tisti, ki je najbolj podvržen biokemičnim spremembam. Dostopnost dušika rastlini je ključnega pomena za kakovost in količino pridelka. Količina dostopnega dušika rastlini se zmanjšuje zaradi denitrifikacije, izpiranja, volatilizacije in vezave v organsko snov (Alexander M., 1977), povečujejo pa jo mineralizacija organske snovi, gnojenje in usedanje iz ozračja.

Dušična gnojila vsebujejo dušik v obliki nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ), amonijaka ( $\text{NH}_4^+$ ) in amida ( $\text{CO-NH}_2$ ). Splošna lastnost dušičnih gnojil je, da so hitro topna in se hitro izpirajo iz tal. Najbolje se v vodi topi nitratna oblika dušika, za njo amonijska in kot zadnja njegova amidna oblika. V tleh z malo koloidi koncentracija talne raztopine močno niha. Po močnem gnojenju lahko ta celo tako naraste, da postane škodljiva (Sancin V., 1990). Dodan dušik v nitratni obliki lahko v prvih nekaj mesecih sprejmejo rastline, lahko se veže v talno organsko snov, lahko je izpran ali denitrificiran.

Največje potrebe oljke po dušiku in posledično največje sprejemanje dušika iz tal so med najhitrejšo rastjo poganjkov, ob oblikovanju cvetov, oploditvi in v prvem delu razvoja plodov. Tudi v juliju in avgustu, ko je čas utrjevanja koščice in razvoja semena, so potrebe po dušiku večje. V obdobju hitre rasti se oljka zelo dobro odziva na dodajanje dušikovitih gnojil. Njihovo pomanjkanje se lahko izrazi v manjši rasti, z nastankom nepopolnih cvetov ter z manjšo in izmenično rodnošjo. Pri gnojenju v času, ko oljka ne raste intenzivno, lahko nitrat zaradi dobre topnosti v celoti izgubimo v podtalnico (Bučar-Miklavčič M. in sod., 1997; Vesel V. in sod., 2009).

Odvzem dušika s povprečnim pridelkom med štirimi in petimi tonami oljk na hektar je 40–70 kg/ha. Priporočeno je gnojenje z 0,5–1 (do največ 1,5) kg dušika na oljčno drevo oz. od 50 do največ 100 kg N/ha. Koliko dušika bomo odmerili, je odvisno od bujnosti rasti v nasadu oziroma od naravne rodovitnosti tal. Če je rast bujna, lahko oljke uspešno pridelujemo nekaj let tudi brez gnojenja z dušikom. Maksimalna dovoljena količina dodanega dušika za oljko pri integrirani pridelavi je 90 kg/ha. Pri majhnih odmerkih (do 30, največ 40 kg N/ha) gnojimo z dušikom le na začetku pomladi, v enem obroku (Mihelič R. in sod., 2010).

Kolikšen delež potreb po dušiku bodo prispevala tla, je težko napovedati. Podatek o vsebnosti humusa ne pove dovolj. Prispevek nitrata zaradi mineralizacije organske snovi tal je odvisen od dejanskih vremenskih razmer, od časa, v katerem so potrebe s strani rastlin največje, ter od časovne skladnosti med intenzivnostjo mineralizacije in potrebami rastlin (Mihelič R. in sod., 2010).

Dodajanje dušika poveča pridelek le v primeru, ko je vsebnost dušika v listih pod opozorilno vrednostjo. Gnojenje običajno ne poteka na osnovi priporočil listne analize, ampak po intuitivni ali pa vizualni praksi (Lopez-Granados F. in sod., 2004).

Fernández-Escobar in sodelavci (2009) so 13 let opazovali povezavo med vnosom dušika, vsebnostjo dušika v oljčnih drevesih in velikostjo plodov ter rastjo. Opazili so, da je s povečanim gnojenjem povezana večja vsebnost dušika v rastlinah, gnojenje pa ni vplivalo na plodove in rast. Presenetljiva je bila tudi ugotovitev, da se vsebnost dušika v listih oljk ni občutno znižala v primeru, ko jih 13 let niso gnojili z dušikom. Zaključili so, da talno raztopino z dušikom bogatijo drugi viri, kot so padavine in mineralizacija talne organske snovi.

Fernández-Escobar R. in sodelavci (2009) pravijo, da je malo znanega o dolgotrajnem gnojenju oljčnikov z dušikovimi gnojili. Prekomerno gnojenje z dušikom ima negativen učinek na oljko. Vsebnost polifenolov, ki so zelo pomembna sestavina olja, se zmanjša, ko gnojenje presega oljkine potrebe po dušiku.

### 2.3.1 Sprejemanje nitrata s strani oljčnih dreves

V kolikšno globino in širino se razvijejo korenine, je odvisno od številnih dejavnikov, kot so tla, dostopnost vode in bujnost posamezne sorte. V peščenih, skeletnih tleh, kjer je malo padavin, prodirajo korenine globlje za vodo, v glinenih tleh, kjer je dovolj vode, pa se širijo predvsem v površinski plasti. Na splošno bi lahko rekli, da se koreninski sistem oljke razvija bolj površinsko. Glavnina korenin je pri odraslem drevesu razporejena od 30 do 60 cm globoko, le posamezne sežejo predvsem v sušnem podnebjju globlje. V

slabo odcednih tleh in pri visoki podtalnici korenine slabo uspevajo in začnejo hirati, če se voda dlje časa zadržuje v njih (Bučar-Miklavčič M. in sod., 1997).

Korenine absorbirajo hranila v obliki ionov, raztopljenih v vodi, skozi celične membrane koreninskih laskov, od koder potujejo s tokom rastlinskega soka v vse organe. Oljka asimilira hranilne ione iz talne vodne raztopine. Talna raztopina vsebuje hranila v majhni koncentraciji in večkrat ne more zadostiti potrebam oljčnih rastlin. Toda ta koncentracija se nenehno dopolnjuje s hranili iz sorptivnega kompleksa in z mineralizacijo organske snovi, tako da se med njimi vzpostavi ravnotežje (Sancin V., 1990).

Celotne količine rastlinskih hranil, ki jih vnašamo v tla z gnojenjem, oljke niso zmožne izkoristiti v celoti v enem letu. Del teh hranil, predvsem dušika, se izpere v globlje plasti tal, drugi del pa ostane čvrsto vezan na talnem kompleksu in je tako za krajši ali daljši čas koreninam nedostopen. Tako je koeficient izkoristka razmeroma nizek in je odvisen predvsem od prehranjenosti tal, vrste gnojila, vlage v tleh ter drugih fizikalnih in kemičnih lastnosti tal. Oljčne korenine ne izkoriščajo samo hranil, ki smo jih vnesli v tla z gnojenjem v tistem letu, ampak tudi gnojila, ki so v tleh dlje časa. Izmed vseh hranil se v tleh izgubi največ dušika z izpiranjem in izhlapevanjem, znatno manj pa fosforja in kalija, ker se močneje vežeta na absorpcijski kompleks tal (Sancin V., 1990).

Največ humusa je v zgornjih plasteh tal, zato je tam tudi več dušika, z globino tal pa količina dušika pada. Pokošeno travo, slamo ali druge organske snovi pustimo v nasadu, da strohnijo in na ta način ustvarjajo humus, ki znatno izboljšuje rodovitnost in strukturo tal. Drobnoživke sodelujejo pri razkroju teh snovi v topne in rastlinam dostopne oblike. Humificirana organska snov je bogata z organskimi koloidi, ki imajo visoko izmenjalno kapaciteto. Organska snov izboljšuje zračne, vodne in toplotne razmere v tleh, rahlja težka tla, veže suha in topla tla ter veča njeno moč za ohranjanje vode in rastlinskih hranil. Sorpcijska sposobnost humoznih snovi je mnogo večja kakor sposobnost anorganskih kompleksov (Sancin V., 1990).

## **2.4 Voda v tleh**

Na vodno bilanco v tleh vpliva na eni strani količina padavin (dež, sneg, megla) med letom, na drugi pa izguba vlage zaradi črpanja rastlin in pronicanja v spodnje plasti tal ter izhlapevanje. Izgubo vlage v tleh pospešujejo predvsem suhi vetrovi, nizka zračna vlaga, prepustnost tal, načini obdelave tal itd. Pri ocenjevanju vrednosti količine padavin kot faktorja rasti moramo upoštevati absolutne in minimalne ter povprečne letne količine, njihov raspored v posameznih rastnih obdobjih (Sancin V., 1990).

Na strmih tleh večji del padavin odteče po strmini navzdol, odtekanje pa zadržuje rastlinski pokrov, predvsem trava, zastirka in terase. Pronicanje vode je v obratnem razmerju odvisno od odtekanja. Voda, ki prodre od 25 do 30 cm globoko, tvori talno vodno rezervo (Sancin V., 1990).

### **2.4.1 Gibanje vode v tleh**

Voda se giblje pod vplivi gravitacijskih in absorpcijskih sil (gravitacijska in absorpcijska voda). Gravitacijska voda prodira v globlje plasti (načeloma vertikalno), kapilarno gibanje vode je usmerjeno na vse smeri, iz mesta manjšega kapilarnega potenciala na

mesto večjega, dokler se ne vzpostavi ravnovesje. Zaradi evapotranspiracije je površina tal v sušnem obdobju bolj suha, zato se kapilarna voda vzpenja k površini (Stritar A., 1991).

Tisti del vode, ki potuje s silo zemeljske privlačnosti, imenujemo prosta voda. Prosta voda se nahaja v večjih porah, njena količina pa vpliva na količino zraka v porah. Del vode se veže na delce tal zaradi površinske napetosti vode in ne potuje z gravitacijo. Debelejša kot je plast vode, ki obdaja talne delce, manjša je sila, s katero je voda vezana nanje. To pomeni, da v primeru pomanjkanja vode, rastline in mikrobi tekmujejo s talnimi delci za vodo (Alexander M., 1977). Vsa voda, ki se nahaja v tleh, rastlinam ni dostopna. V težkih tleh je velik del vode vezan na koloidne delce s tako silo, da je koreninski laski ne morejo vsrkati, ker je sila osmotskega tlaka koreninskih laskov manjša (Sancin V., 1990).

Tla se razlikujejo v obsegu in načinu prepuščanja vode. Lastnosti tal v veliki meri določa tekstura tal. Slednja pomeni delež debelozrnatega peska (2,0–0,2 mm), drobnega peska (0,2–0,02 mm), melja (0,02–0,002 mm) in glin (< 0,002 mm), ki sestavljajo tla (Addiscott T. M., 1996).

Voda izbere najlažjo pot skozi tla. Če ima prostor, se raje izogne talnim delcem. Poenostavljeno lahko govorimo o prosti vodi, ki se giblje z gravitacijo, in o vezani vodi, ki obdaja delce tal. Nitrat, ki se nahaja v vezani vodi, ni izpostavljen izpiranju, dokler ne pride v stik s prosto vodo. Blage padavine razporedijo nitrat v vezano vodo tal. Obilne padavine premaknejo nitrat skozi tla (Addiscott T. M., 1996).

Glinena tla zelo slabo prepuščajo vodo, ko so vlažna. Ko so suha, razpokajo, in voda lahko neovirano potuje skozi njih. Peščena tla sestavljajo veliki delci, kar pomeni, da je med njimi veliko praznega prostora. Skoznje lahko voda neovirano pronica (Addiscott T. M., 1996).

Čeprav s približno pet odstotnim deležem makropore predstavljajo majhen del vseh por, lahko imajo odločilen pomen za izpiranje nitrata v drenirani talni vodi. Transport nitrata preko makropor je težko napovedati, saj se s časom in prostorom makropore zelo spreminjajo. Makropore nastanejo kot razpoke, rovi črvov in kolobarnikov, ostanejo pa tudi za koreninami po tem, ko te razpadejo (Di H. J. in Cameron K. C., 2002). Skozi makropore voda pronica hitreje v globino in s tem odnaša hranila (Francia Martinez J. R. in sod., 2006).

## **2.5 Namakanje oljk**

Oljka je resnično izredno odporna proti suši, saj kot kserofitna rastlina zlahka prenaša pomanjkanje vode. To omogoča zgradba lista, ki je mesnata, trda in ozka. Oljka dobro uspeva tudi v območjih s samo 400 mm padavin letno, vendar potrebuje za rodnost od februarja do maja vsaj 130 mm dežja, od 50 do 70 mm pa med julijem in septembrom. Pri nas je v glavnem med letom dovolj padavin, pomanjkljive so lahko le v nekaterih letih, in še to le v poletnih mesecih. Oljka z lahkoto prenaša tudi večje količine padavin, vendar le, če tla niso pretežka in neprepustna (Sancin V., 1990).

Ugodna vodna razpoložljivost v tleh mora trajati celotno vegetacijsko dobo in se ne sme omejiti le na nekatere fenofaze (Sancin V., 1990). V Slovenski Istri, kjer je lahko



tudi več kot tisoč milimetrov padavin, bi količina vode zadoščala, če bi bile padavine enakomerno razporejene (Vesel V. in sod., 2009).

Razmerje med količino padavin nad nekim področjem in potencialno evapotranspiracijo je zelo pomembno za rastlinstvo. V obdobjih, ko je potencialna evapotranspiracija višja od količine padavin, se pojavi vlažnostni deficit. Dejanska suša pa ni nujna, ker lahko rastlina črpa rezerve talne vode iz prejšnjega obdobja (Ogrin D., 1995).

Ne glede na velike količine padavin v Slovenski Istri, bi veljalo razmisliti o možnosti namakanja. Veliko težav povzročajo vodni viri, saj je oljka posajena na območjih, kjer ni vode. Z ekonomskega vidika pa je vprašljiva uporaba vodovodne vode za klasično namakanje. Mogoče bi bila njena uporaba smiselna v mladih nasadih zaradi hitre začetne rodnosti. Na podlagi potencialne evapotranspiracije, predvidenih padavin in njihovega izkoristka ter akumulirane vode v času jesensko–zimskega obdobja Vesel V. in sod. (2009) predvidevajo, da bi bila primerna letna poraba približno med 600 in 800 kubičnimi metri vode na hektar.

Ukrep namakanja je nujen, ko želimo zagotoviti konstantne in kakovostne pridelke. Kot vsak drug agrotehnični ukrep je treba tudi namakanje izvajati skladno s strokovnimi načeli. V kolikor se ukrep namakanja izvaja brez poznavanja strokovnih osnov, lahko pride do negativnih vplivov na okolje in tla. Trajno se lahko zmanjša rodovitnost tal (Verbič J. in sod., 2006).

Ena izmed pogostejših napak je povezana s slabšanjem strukture tal, ki je posledica preobilnega namakanja oziroma uporabe manj primerne tehnologije namakanja. Nepravilno namakanje oziroma fertigacija lahko pripomore k večji zasoljenosti tal. Po drugi strani pa lahko namakanje tudi omili problem zasoljenosti tal, saj se s povečanim obsegom namakanja soli izpirajo iz zgornjih horizontov tal v nižje horizonte (Verbič J. in sod., 2006).

Na splošno lahko poudarimo, da je tehnologija kapljičnega namakanja okolju prijaznejša, saj izkorišča vodne vire bolj gospodarno, po drugi strani pa zahteva kapljično namakanje več znanja kot tehnologija namakanja z razpršilci (Verbič J. in sod., 2006).

Melgar J. C. in sodelavci (2008) so opazovali vpliv namakanja na pridelek oljk. Raziskava je potekala med leti 1998 in 2006. Ugotovili so, da namakanje z namakalnim obrokom do 100 % evapotranspiracije dvigne pridelek za približno 25 % v primerjavi z nenamakanimi drevesi.

Porabo vode lahko omejimo z zmanjšanim namakanjem v tistih delih rastne dobe, kadar je rast plodov manj občutljiva na pomanjkanje vode. Na ta način lahko prihranimo do 25 % vode ob nespremenjenem pridelku (Goldhamer D. A., 1999, cit. po: Melgar J. C. in sod., 2008).

Negativne posledice suše se na kmetijskih območjih pokažejo najprej na kmetijskih rastlinah, vendar suša vpliva negativno tudi na okolje. Rastline sprejemajo hranila prek talne raztopine. Da je pretok hranil nemoten in optimalen, morajo biti optimalne tudi vodne razmere v tleh. S porabo hranil se njihova količina v tleh manjša in morebitni dež, ki povzroči pretakanje vode skozi talni profil, spere manjšo količino hranil, kot bi jo, če rastlina teh hranil ne bi uspela že prej porabiti. V sušnih razmerah, ko je voda v tleh vezana z večjo silo kot jo zmorejo premagovati rastlinske korenine, rastline porabijo

manj hranil in ob morebitnih večjih količinah padavin po daljšem sušnem obdobju se lahko velik delež neporabljenih hranil spere skozi talni profil (Pintar M., 2006).

Kapljično namakanje ima veliko prednosti pred ostalimi vrstami in je namakalna tehnika, ki omogoča najintenzivnejšo rastlinsko proizvodnjo ob najvišji stopnji varovanja okolja. Ideja namakanja je, da rastlini praktično vsak dan dodajamo toliko vode, kolikor je potrebuje (Pintar M., 2006).

## 2.6 Izpiranje nitrata iz kmetijskih površin

Nitrat se zaradi negativnega naboja ni sposoben vezati na pretežno negativno nabite delce tal. Tla imajo pretežno majhno anionsko izmenjalno kapaciteto. Tisti del sproščenega nitrata, ki ostane v talni raztopini, je podvržen izpiranju v globlje plasti tal, zunaj dosega korenin (Alexander M., 1977).

Z namenom preprečevanja izgub dušika moramo vse leto zagotavljati, da se v tleh nahaja čim manj dušika v nitratni obliki. Viški nitrata nastajajo, ko so potrebe rastlin manjše od nitrata, ki je bil dodan z gnojili ali nastal z mikrobnno mineralizacijo organske snovi. Tudi v primeru gnojenja z nitrati v pravem času, ko ga rastline potrebujejo, ga lahko preobilne padavine izperejo iz vrhnje plasti tal (Addiscott T. M., 1996).

Največji presežki nitrata se pojavijo v tleh jeseni zaradi mikrobne mineralizacije organske snovi v tleh. Jeseni so tla segreta od poletja, pa tudi vlažna od jesenskih padavin. Visoka vlažnost in visoka temperatura sta pogoja, ki spodbujata mikrobnno dejavnost. Neobdelana tla vsebujejo jeseni manj nitrata kot obdelana. Neobdelana tla so manj zračna. V njih se organska snov nahaja v okolju z malo kisika. Zaradi pomanjkanja kisika je aerobni mikrobi niso sposobni mineralizirati. Neobdelana tla so vse leto pokrita z rastlinskim pokrovom. Ob ugodnih okoljskih pogojih je mineralizacija dušika hitrejša. Ugodni okoljski pogoji pri rastlinah spodbujajo sprejemanje dušika v amonijski ali nitratni obliki (Addiscott T. M., 1996). V enakih pridelovalnih pogojih se iz travne ruše izpere le šestina dušika v primerjavi z njivo na isti lokaciji (Mihelič R. in sod., 2010).

Količino dodanih mineralnih gnojil moramo prilagoditi lastnostim posameznih tal in potrebam rastline. Če količina dodanega mineralnega gnojila presega potrebe rastline, se dušik v nitratni obliki kopiči v talni raztopini. Preveliki vsebnosti nitrata v talni raztopini se lahko delno izognemo s postopnim gnojenjem v več obrokih, ki ustrezajo dinamiki sprejemanja hranil s strani rastline. V primeru gnojenja v štirih obrokih je izpiranje nitrata manjše kot v primeru gnojenja v dveh obrokih. To pomeni, da se z gnojenjem v več obrokih lahko bolj približamo dejanski potrebi rastlin (Di H. J. in Cameron K. C., 2002).

Fernández-Escobar R. in sodelavci (2009) so v južni Španiji preverjali vpliv gnojenja z dušikom na oljke in tla v obdobju 13 let. V njihovem primeru gnojenje z različnimi količinami dušika v obliki uree ni imelo vpliva na količino pridelka, lastnosti plodov in rast oljk. Vsebnost dušika v listih je bila odvisna od količine dodanega dušika. Pozimi, nekaj mesecev po deževni dobi, se je vsebnost nitratnega dušika z globino povečevala, kjer so gnojili. Ta gradient kaže na možnost izpiranja dušika v nitratni obliki. Nasprotno pa se je vsebnost dušika zmanjševala z globino pod negnojenimi drevesi. V tem primeru je bil pretežni del dušika v amonijski obliki. Ta gradient kaže na zelo majhno količino izpranega dušika pod negnojenimi drevesi.

Največ mineraliziranega nitrata se izpere jeseni in pozimi, saj je takrat največ padavin, evapotranspiracija pa je najnižja. Izpiranje je obsežno tudi v primeru močnih padavin, ki sledijo sušni dobi. Takšne padavine zelo povečajo mikrobn mineralizacijo dušika in s tem povečajo možnost izpiranja. V primeru toplega in suhega poletja se v sledeči zimi lahko izpere več nitrata kot v zimi, ki sledi mokremu in hladnemu poletju. V toku slednjega namreč rastline sprejmejo več dušika (Di H. J. in Cameron K. C., 2002).

Namakana globina tal mora ustrezati globini korenin. V primeru, da je namakana večja globina tal, obstaja nevarnost izpiranja hranil, saj jih tam korenine ne morejo absorbirati. Tla, ki imajo homogeno strukturo, so lahko namakana v večjih obrokah in bolj poredko kot tla, ki ob pomanjkanju vode razpokajo in imajo vodoodbojne površine, brez nevarnosti izpiranja mobilnih oblik dušika (Barton L. in Colmer T. D., 2006).

V času, ko je v tleh premalo vlage, namakanje spodbudi sprejemanje dušika s strani rastlin in s tem zmanjša možnost izpiranja (Di H. J. in Cameron K. C., 2002).

## **2.7 Vpliv nitrata na vode**

Cilj Evropske okvirne vodne direktive (Water Framework Directive, 2000/60/EC) je učinkovita zaščita vodnih virov. Direktiva zavezuje države članice Evropske unije, da do leta 2015 vsa vodna telesa podzemne vode dosežejo dobro kemijsko stanje. To pomeni, da moramo v Sloveniji do leta 2015 z učinkovitim nadzorom, monitoringom ter s sanacijskimi ukrepi zagotoviti, da v vodnih telesih podzemnih voda koncentracija nitratov ne bo preseгла 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Omenjeni standard kakovosti podzemnih voda za nitrate je v slovenski zakonodaji opredeljen v Uredbi o standardih kakovosti podzemne vode (Uradni list RS, št. 100/2005).

Med razpršenimi viri onesnaževanja je najpomembnejše kmetijstvo, mednje pa uvrščamo še poselitve in cestne površine. Učinki onesnaženja so zelo različni, najpogosteje se izražajo z veliko zakasnitvijo, dolgotrajen pa je tudi proces regeneracije. Zelo nizko ranljiva so območja nizko prepustnih kvartarnih plasti (medzrnska poroznost), območja menjavanja laporjev, peščenih laporjev, peščenih in lapornih glin in peščenjakov, ki pripadajo razpoklinski poroznosti in so nizke prepustnosti (Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002).

Nitrat je eno izmed najpomembnejših hranil vodnih ekosistemov. Prekomerna vsebnost nitrata povzroča evtrofikacijo (Di H. J. in Cameron K. C., 2002). Evtrofikacija je pojav, pri katerem se zaradi velikih količin rastlinskih hranil v stoječih in počasi tekočih vodah prekomerno razmnožijo alge in druge vodne rastline. Kasneje, pri razkrajanju v vodi nakopičene rastlinske biomase, se prekomerno razmnožijo mikroorganizmi, ki porabijo kisik in s tem ogrozijo vodno živalstvo. K evtrofikaciji prispevajo predvsem dušikove spojine, pa tudi fosfor (Verbič J. in sod., 2006).

## **2.8 Vpliv nitrata na ljudi**

Večina nevarnih snovi v pitni vodi povzroča zdravstvene težave šele po več mesecih ali letih izpostavljenosti. Učinek nitrata je povsem drugačen. Njegova vsebnost v pitni vodi se zelo spreminja. Razlog za to je dejstvo, da se nitrat izpira iz tal v posameznih

dogodkih, ki običajno sledijo obilnim padavinam. Odstranjevanje nitratov z namenom priprave pitne vode je zelo zahtevno (Guidelines for drinking water quality, 2008).

Nitrat je sam po sebi sicer neškodljiv. Bolezni povzročajo nitrit, ki lahko nastane ob redukciji nitrata (Addiscott T. M., 1996). Mikrobi reducirajo nitrat  $\text{NO}_3^-$  v nitrit  $\text{NO}_2^-$ . V primeru, da bi mikrobi okužili želodec ljudi, bi lahko tam pretvarjali nitrat v strupeni nitrit. Bakterije vrste *Nitrosomonas* lahko v tistih delih vodovodne napeljave, kjer voda zastaja in kjer primanjkuje kisika, pretvarjajo nitrat v nitrit (Guidelines for drinking water quality, 2008).

Največji delež nitrata ljudje v prehrani sprejememo z zelenjavo (okoli 70 % vnosa), precej manj s pitno vodo (okoli 20 %) ter z mesom in mesnimi izdelki (okoli 6 %). Večina se ga izloči skozi ledvice, manjši del pa se lahko ohrani v slini in se delno pretvori v nitrit (Mihelič R. in sod., 2010).

Nitrit lahko v človeškem telesu reagira z amini in tvori nitrozamine. Nekateri nitrozamini povzročajo raka pri ljudeh (Guidelines for drinking water quality, 2008).

Zanimivo je, da je pri ljudeh, ki zaužijejo veliko listnate zelenjave in s tem tudi nitrata, tveganje za zdravje zaradi zaužitega nitrata zelo majhno. Obsežne študije so pokazale, da je tveganje za rakom pri vegetarijancih zelo majhno. Sprejem nitrata v prehrano z zelenjavo je povezano s sočasnimi vnosi antioksidantov (vitamini C, E in betakaroten), ki preprečujejo tvorbo nitrozaminov (Mihelič R. in sod., 2010).

Methemoglobinemija ali sindrom *blue baby* se lahko pojavi pri otrocih, mlajših od enega leta, ki zaužijejo preveč nitrata. Mikrobi v želodcu pretvorijo nitrat v nitrit. Ko pride nitrit v krvni obtok, povzroči spremembo oksihemoglobina v methemoglobin. Oksihemoglobin ima železo v stanju 2+ in ima veliko sposobnost prenašanja kisika. Methemoglobin ima železo v stanju 3+ in ima majhno sposobnost prenašanja kisika. Mlajši otroci so občutljivi, ker imajo »fetal« hemoglobin, ki je bolj občutljiv na nitrit kot hemoglobin. Občutljivi so tudi zato, ker še nimajo dovolj kislega želodca, ki bi mikrobom preprečeval redukcijo nitrata v nitrit (Addiscott T. M., 1996).

Mejna vrednost za kratkotrajno izpostavljenost nitratu je 50 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ . Določena je na osnovi epidemioloških podatkov za methemoglobinemijo, po katerih je 98 % primerov methemoglobinemije povezanih z višjo vsebnostjo nitrata v pitni vodi (Guidelines for drinking water quality, 2008).

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 Opis vzorčnih mest in terenskega dela

Za določitev morebitnega onesnaževanja podtalnice z nitratom so sodelavci iz Inštituta za sredozemsko kmetijstvo in oljkarstvo Znanstveno-raziskovalnega središča Univerze na Primorskem (ISKO) v oljčnikih Slovenske Istre (slika 2) zasnovali monitoring vsebnosti nitrata v talni vodi in tleh. Monitoring nitrata je potekal v oljčniku 'Istrske belice' na vzorčnem mestu Strunjan (slika 3), ki je del Nacionalnega kolekcijskega nasada (velikost oljčnika: 2 ha), in v matičnem oljčniku 'Istrske belice' na vzorčnem mestu Dekani (velikost oljčnika: 0,78 ha). V vsakem izbranem oljčniku smo na nenamakanih in namakanih površinah v obdobju od začetka julija 2010 do konca junija 2011 enkrat tedensko vzorčili talno vodo, v kateri so na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani določili vsebnost nitrata. Na Biotehniški fakulteti so vsebnost nitrata določili tudi v vzorcih tal, ki so bili na poskusnih površinah odvzeti dvakrat mesečno.



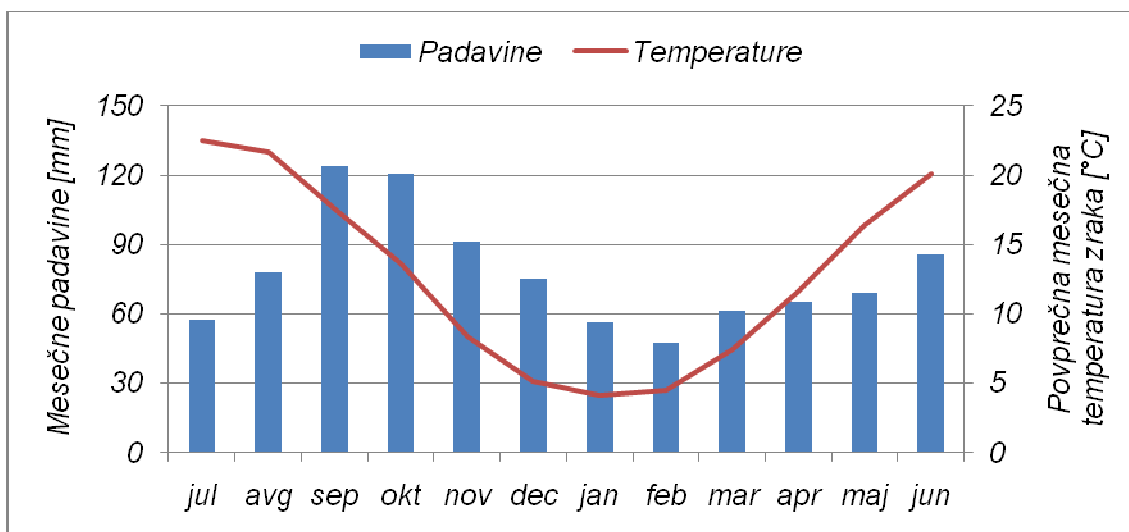
Slika 2: Zemljevid merilnih mest (Atlas okolja, 2012)



Slika 3: Vzorčni oljčnik v Strunjanu

### 3.2 Padavine in temperature

Vzorčni mesti ležita na območju Slovenske Istre, za katero je značilno submediteransko podnebje z dolgimi in vročimi poletji ter milimi zimami. Referenčne podatke dolgoletnih (1971–2000) povprečnih mesečnih padavin in temperatur smo dobili na vremenski postaji Portorož (slika 4). Največ padavin je jeseni. Najbolj namočen mesec je september (124 mm), najmanj pa februar (47 mm). Dolgoletna povprečna količina padavin na področju Slovenske Istre je 931 milimetrov. Dolgoletna povprečna temperatura najtoplejšega meseca je 22,5 °C, najhladnejšega pa 4,1 °C.



**Slika 4: Dolgoletno povprečje padavin in temperatur za Portorož**

Podatke o vremenu za vzorčni mesti Strunjan in Dekani smo pridobili s pomočjo vremenskih postaj SIAP + MICROS – Olimpo. Na vzorčnem mestu Dekani je vremenska postaja nameščena neposredno v vzorčnem nasadu (slika 5), medtem ko je na vzorčnem mestu Strunjan nameščena v vasici Mala Seva, ki je od mesta vzorčenja oddaljena približno 2 km v zračni črti proti jugovzhodu. Iz urnih podatkov smo izračunali dnevna povprečja. Spremenljivki smo spremljali med vzorčenjem, od začetka julija 2010 do konca junija 2011.



Slika 5: Vremenska postaja na vzorčnem mestu Dekani

### 3.3 Lastnosti tal

Na vzorčnih mestih so sodelavci z Biotehniške fakultete 31. avgusta 2010 izkopali pedološki profil do matične podlage ter opisali morfološke lastnosti tal (sliki 6 in 7). V laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti so nato v odvzetih vzorcih talnih horizontov opravili kemične in fizikalne analize (preglednica 1) ter tako določili lastnosti talnih horizontov posameznega pedološkega profila.

**Preglednica 1: Metode analize pedoloških profilov**

<i>Pedološki parameter</i>	<i>Vir</i>
<i>Organska snov [%]</i>	<i>SIST ISO 14235 – modificirano po Walkey – Blacku</i>
<i>Razmerje C/N</i>	<i>Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>pH tal v CaCl<sub>2</sub></i>	<i>SIST ISO 10390</i>
<i>Kationska izmenjalna kapaciteta [mmolc/100 g tal]</i>	<i>Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>Pesek [%]</i>	<i>(Janytzki, 1986) Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>Melj [%]</i>	<i>(Janytzki, 1986) Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>Glina [%]</i>	<i>(Janytzki, 1986) Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>Teksturni razred tal</i>	<i>Ameriška teksturna klasifikacija: Soil survey laboratory methods manual, 1992</i>
<i>Hidravlična prevodnost [cm/dan]</i>	<i>ISO 17313:2004</i>
<i>Točka venenja [vol. %]</i>	<i>ISO 11274:1998</i>
<i>Poljska kapaciteta za vodo [vol. %]</i>	<i>ISO 11274:1998</i>



**Slika 6: Pedološki profil vzorčnega mesta Strunjan**



**Slika 7: Pedološki profil vzorčnega mesta Dekani**



### 3.4 Gnojenje, obdelava tal in namakanje

Med našo raziskavo so 4. februarja 2011 na vzorčnem mestu Strunjan dodali 36 kg N/ha, 13. februarja 2011 pa na vzorčnem mestu Dekani 37 kg N/ha (preglednica 2). Na vzorčnem mestu Strunjan je bil dušik dodan v obliki gnojila NPK (13-10-12; 8-24-24) ter Plantelle Organik (5-3-2 + CaO + MgO + organska snov), na vzorčnem mestu Dekani pa v obliki mineralnega gnojila Oliveto (15-5-5 + mikroelementi + organska snov). Tako na vzorčnem mestu Strunjan kot na vzorčnem mestu Dekani dodane količine dušika niso dosegle dovoljene mejne vrednosti letnega vnosa dušika (90 kg N/ha), ki jo Tehnološka navodila za integrirano pridelavo sadja (2011) predpisujejo za integrirano pridelavo oljk.

Obnavana oljčnika sta samodejno zatravljena s krajevno prisotno travno rušo. Na poskusnih površinah na vzorčnem mestu Dekani je bila travna ruša košena na višino 5 cm, medtem ko so travno rušo na poskusnih površinah na vzorčnem mestu Strunjan mulčili do tal.

**Preglednica 2: Gnojenje in obdelava tal**

Kraj	Datum	Agrotehnični ukrep
Strunjan	27. julij 2010	mulčenje
	4. februar 2011	mineralno gnojilo NPK (13-10-12); 125 kg gnojila/ha; 16,25 kg N/ha
		mineralno gnojilo NPK (8-24-24); 100 kg gnojila/ha; 8 kg N/ha
		Pantella Organik (5-3-2 + CaO + MgO + organska snov); 225 kg gnojila/ha; 11,25 kg N/ha
	9. sept. 2010	mulčenje
	3. maj 2011	mulčenje
Dekani	1.–15. sept. 2010	košnja
	13. februar 2011	mineralno gnojilo Oliveto (15-5-5 + mikroelementi + organska snov); 247 kg gnojila/ha; 37 kg N/ha
	1.–15. junij 2011	košnja

Z namenom, da bi na poskusnih površinah zagotovili optimalno oskrbo rastlin z vodo in s tem nemoten pretok hranil, je bil leta 2009 v izbrana oljčnika nameščen kapljični namakalni sistem. Za zagotavljanje optimalnega obroka namakanja, ki je bil enak stoo odstotni evapotranspiraciji ( $ET_p$ ), je bil na vsakem izbranem vzorčnem mestu nameščen tenziometer (DL6 Tensimeter Data Logger) (sliki 8 in 9), ki je namakalni sistem avtomatsko vključeval ter uravnaval turnuse in termine namakanja. V preglednici 3 so navedeni namakalni obroki za vzorčno mesto Dekani.



Slika 8: Tenzimeter



Slika 9: »Data logger«

**Preglednica 3: Mesečni obrok namakanja za vzorčno mesto Dekani**

	Julij 2010	Avgust 2010	Sept. 2010	Okt. 2010	Maj 2011	Junij 2011	Skupaj
Mesečni obrok namakanja [mm]	68,1	34,35	48	67	39,6	37,5	295

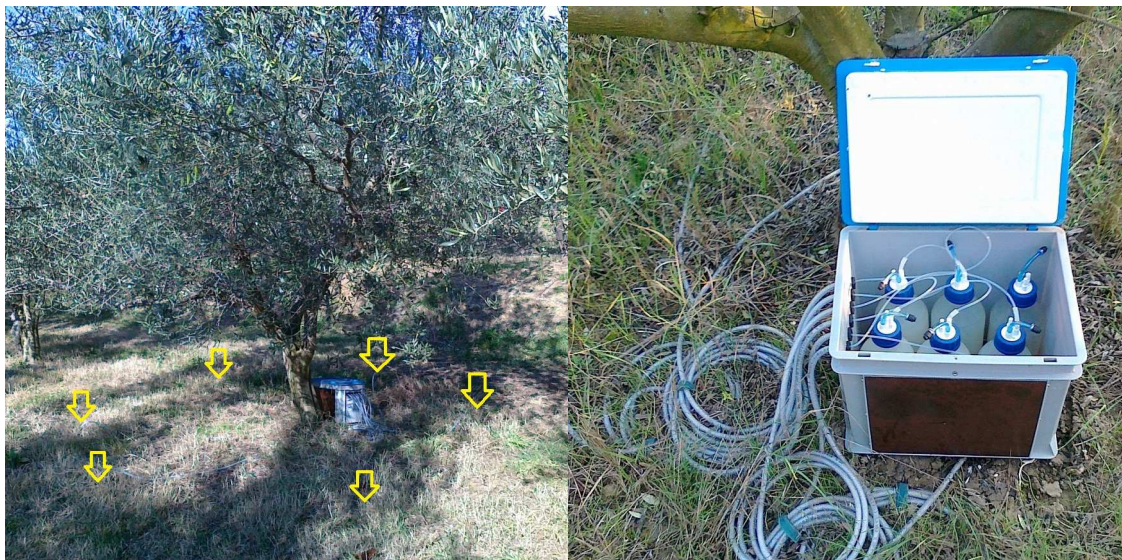
Na vzorčnem mestu Strunjan je 30. julija 2010 prišlo do okvare namakalnega sistema, zaradi česar to vzorčno mesto ni bilo kontrolirano namakano in nimamo podatkov o porabi vode.

### 3.5 Vzorčenje in meritev vsebnosti nitrata v vodi v tleh

Talno vodo smo vzorčili z vakuumsko keramično svečko (UMS – SIC20). Keramična svečka ima porozno »kapico«. Ko je svečka priključena na podtlak 0,4 bara, približno enako učinkovito črpa talno vodo kot korenine oljke. V tla pod posamezno oljko smo izvrtali 6 vrtin (slika 10), globokih nekaj več kot 50 cm. Izvrtana tla smo dali v posodo, dodali destilirano vodo in zmešali v brozgo. Keramične svečke smo vstavili 45 cm globoko, nato pa vrtino zalili z brozgo. S tem smo zagotovili kapilarni stik keramične svečke s tlemi. Keramično svečko smo s cevko povezali z zbirno posodo, ki ima prostornino enega litra (slika 11). Na obeh vzorčnih mestih smo vzorčili tako na nenamakanih kot namakanih površinah. S prenosnim kompresorjem smo v zbirni posodi naredili podtlak 0,4 bara. Vzorec vode smo v zbirno posodo zbirali en teden. Po preteku sedmih dni smo ga prelili v plastično posodo z dvojnimi pokrovom. Vzorce smo takoj zamrzili in jih do analiz hranili pri  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Na vsaki opazovani točki (Strunjan – namakano, Strunjan – nenamakano; Dekani – namakano, Dekani – nenamakano) smo vsak drugi teden odvzeli vzorec tal. Vzorce tal (10 g) smo vzeli iz globine od 20 do 40 cm. Vzorčenje smo opravili s pomočjo travniške sonde. Vzorce smo shranili v vrečke za shranjevanje živil in jih do analiz hranili pri  $-15^{\circ}\text{C}$ .

V vzorcih vode so sodelavci nitrat določili direktno, medtem ko so nitrat v tleh določili v talnem ekstraktu. Za ekstrakcijo so uporabili  $0,01\text{ mol/l CaCl}_2$ . Vsebnost nitrata v talni vodi in tleh so določili spektrofotometrično z aparatom Perkin Elmer UV/VIS Spectrometer Lambda 2, s sistemom vzorčenja FIAS. Analize nitrata v talni vodi in ekstraktu tal so potekale po standardni metodi SIST ISO 14255 v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti.



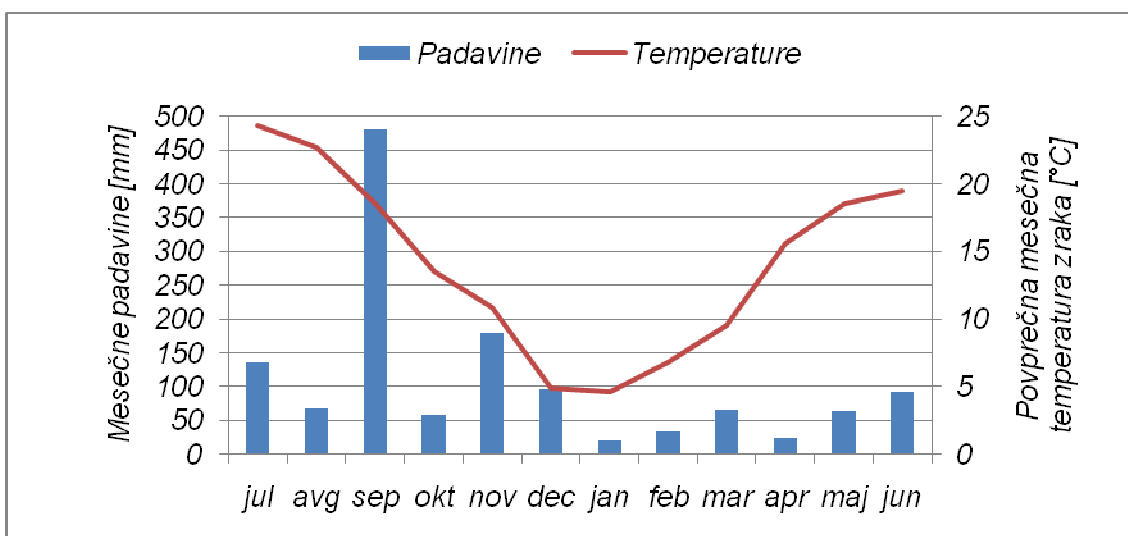
**Slika 10:** Lega keramičnih svečk pod drevesom

**Slika 11:** Steklenice s podtlakom za zbiranje vzorca

## 4 REZULTATI

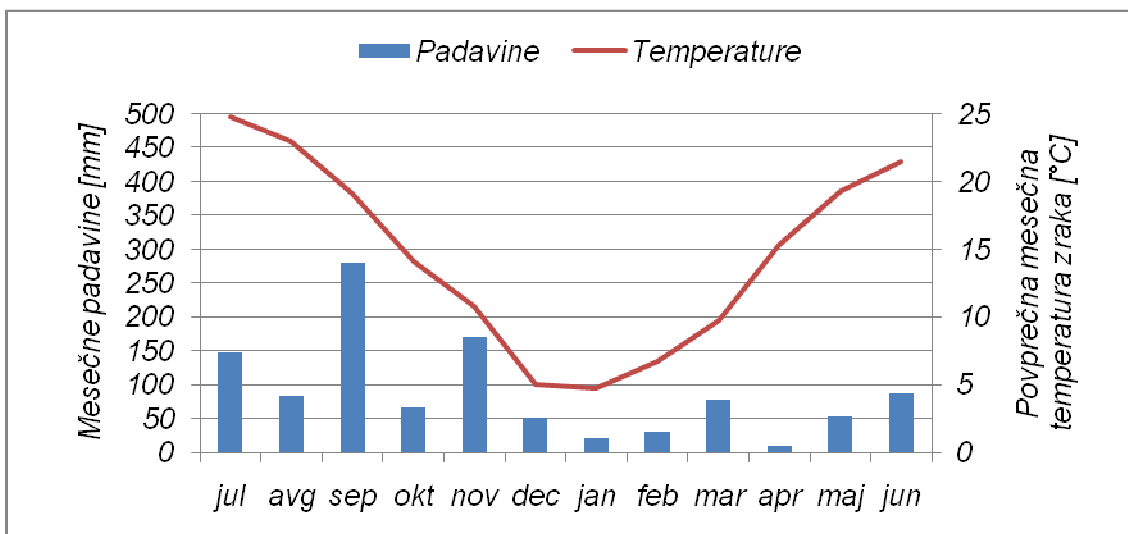
### 4.1 Padavine in temperature

Analiza vremenskih spremenljivk je pokazala, da je na vzorčnem mestu Strunjan (slika 12) v opazovanem obdobju padlo skupno 1314 mm padavin. Največ padavin smo zabeležili septembra 2010 (480 mm), najmanj pa januarja 2011 (21 mm). Povprečna temperatura opazovanega obdobja je bila 14,1 °C. Najtoplejši mesec je bil julij 2010 s povprečno temperaturo 24,3 °C, najhladnejši pa januar 2011 s povprečno temperaturo 4,6 °C.



Slika 12: Padavine in temperature v Strunjanu

Na vzorčnem mestu Dekani (slika 13) smo v opazovanem obdobju zabeležili 1081 mm padavin. Največ jih je bilo septembra 2010 (kar 281 mm), najmanj pa aprila 2011 (9,3 mm). Povprečna temperatura opazovanega obdobja je bila 14,5 °C. Najtoplejši mesec je bil julij 2010 s povprečno temperaturo 24,7 °C, najhladnejši pa januar 2011 s povprečno temperaturo 4,7 °C.



Slika 13: Padavine in temperature v Dekanih

## 4.2 Lastnosti tal

Na podlagi rezultatov standardne pedološke analize (preglednica 4) smo tla vzorčnega mesta Dekani uvrstili v glineno-illovnata, medtem ko smo tla vzorčnega mesta Strunjan uvrstili v meljasto-illovnata do meljasto-glineno-illovnata. Tako na vzorčnem mestu Strunjan kot na vzorčnem mestu Dekani se pH-vrednosti tal gibljejo med 7,3 in 7,6.

Vzorčni mesti Dekani in Strunjan imata v zgornjem horizontu (Dekani – Ah; Strunjan – A1) večji delež organske snovi kot v spodnjih horizontih (Dekani – P1, P2, P3; Strunjan P1, P2). Največjo vsebnost organske snovi (18 %) smo zabeležili v zgornjem horizontu Ah (0 do 2 cm) poskusnih tal na vzorčnem mestu Dekani. V horizontu P1 (od 2 do 24 cm) na vzorčnem mestu Dekani je delež organske snovi padel na 3,1 %. Ravno tako je bilo tudi v spodnjih dveh horizontih. V horizontu P2 (od 24 do 51 cm) smo zabeležili 2,2 % organske snovi, medtem ko smo v horizontu P3 (od 51 do 74 cm) zabeležili 1,6 % organske snovi. Na vzorčnem mestu Strunjan smo v zgornjem horizontu A1 (0 do 8 cm) zabeležili 3,3 % organske snovi, v horizontu P1 (8 do 32 cm) 1,9 %, v horizontu P2 (32 do 73 cm) pa 1,4 % organske snovi.

Razmerje C/N na vzorčnem mestu Strunjan obsega vrednosti od 10 na površini do 7,3 v globini, medtem ko na vzorčnem mestu Dekani obsega vrednosti od 14 na površini do 11 v globini.

Tla na vzorčnem mestu Dekani imajo kationsko izmenjalno kapaciteto 36 mmolc/100 g tal, medtem ko se kationska izmenjalna kapaciteta v poskusnih tleh na vzorčnem mestu Strunjan giblje med 33 in 37 mmolc/100 g.

Na vzorčnem mestu Strunjan sta točka venenja (24 vol. %) in poljska kapaciteta (35 vol. %) višji kot na vzorčnem mestu Dekani (točka venenja 23 vol. %; poljska kapaciteta 30 vol. %). Na vzorčnem mestu Strunjan je rastlinam dostopnih 9 vol. % vode, na vzorčnem mestu Dekani pa 7 vol. %.

Na obeh vzorčnih mestih imajo raziskovana tla precejšen delež glin (27–29 %), zato ne presenečajo nizke vrednosti koeficienta hidravlične prevodnosti. Na vzorčnem mestu Strunjan se vrednosti koeficienta gibljejo med 27 in 85 cm/dan, medtem ko se v poskusnih tleh vzorčnega mesta Dekani vrednosti gibljejo med 4 in 25 cm/dan.

**Preglednica 4: Lastnosti tal**

	Oznaka horizonta	Globina horizonta [cm]	Organska snov [%]	Razmerje C/N	pH tal	Kationska izmenjalna kapaciteta [mmolc/100 g tal]	Pesek [%]	Meľ [%]	Glina [%]	Teksturni razred tal	Hidravilna prevodnost [cm/dan]	Točka vnenja [vol. %]	Pojjska kapaciteta za vodo [vol. %]
Dekani	Ah	0 – 2	18	14,4	7	36,1	31,7	43,5	24,8	/	/	/	/
	P1	2 – 24	3,1	15	7,4	36,2	29,3	42,1	28,6	GI	17,5	22,9	29,9
	P2	24 – 51	2,2	10	7,4	36,9	28,7	43,4	27,9	GI-I	25,1	23,3	30,6
	P3	51 – 74	1,6	11,3	7,6	36,1	32,3	38,2	29,5	GI	4,04		
Strunjan	A1	0 – 8	3,3	10	7,3	33,9	18,3	54,6	27,1	MI-MGI	/	/	/
	P1	8 – 32	1,9	8,5	7,4	35,4	20,9	50,4	28,7	MI-MGI	27	24,3	34,6
	P2	32 – 73	1,4	7,3	7,5	36,3	17,7	55,3	27	MI-MGI	85	24,2	35,6

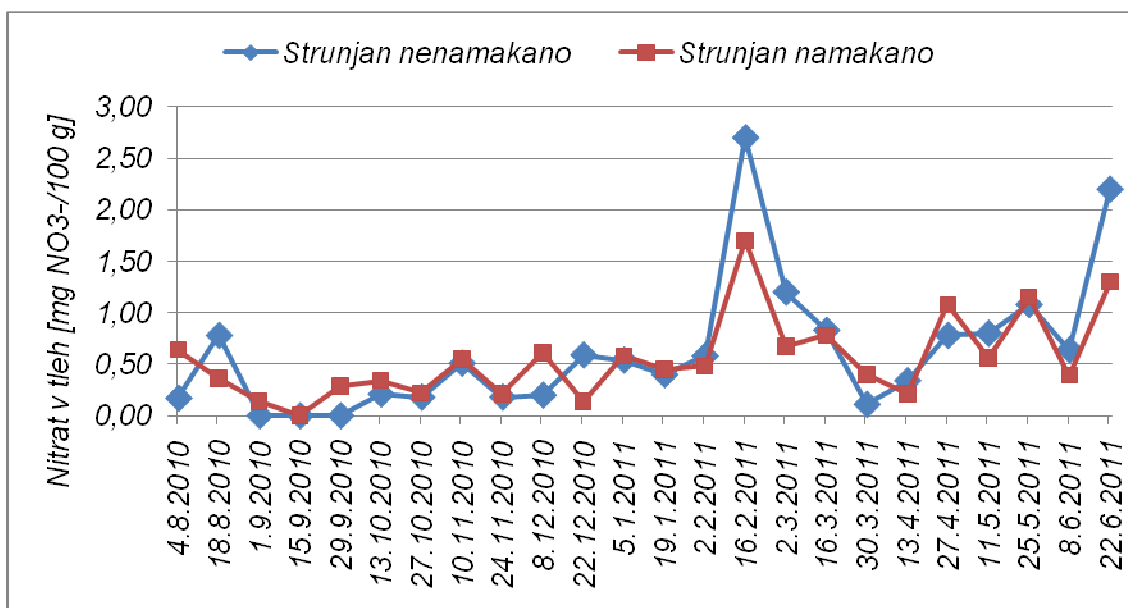
### 4.3 Dinamika vsebnosti nitrata v tleh

Na vzorčnem mestu Strunjan (slika 14) se je od avgusta 2010 do februarja 2011 vsebnost nitrata v tleh gibala med »0« in 0,78 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal. V omenjenem obdobju sta bili povprečni vrednosti v nenamakanih in namakanih tleh 0,31 in 0,35 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal.

Najvišjo vsebnost nitrata v tleh smo zabeležili 16. februarja 2011. V nenamakanih tleh je vsebnost nitrata znašala 2,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal, medtem ko je bila v namakanih tleh nekoliko nižja (1,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal).

Od konca marca 2011 do konca junija 2011 je vsebnost nitrata v tleh naraščala, neodvisno od namakanja. Ob zadnjem vzorčenju, 22. junija 2011, smo tako v nenamakanih kot v namakanih tleh zabeležili najvišjo vsebnost nitrata (nenamakana tla: 2,2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal; namakana tla: 1,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal), vendar nobena ni preseгла vrednosti, zabeležene 16. februarja 2011 (nenamakana tla: 2,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal; namakana tla: 1,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal).

Povprečna vrednost vsebnosti nitrata v tleh na vzorčnem mestu Strunjan nenamakano je bila 0,62 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal, na vzorčnem mestu Strunjan namakano pa 0,55 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal.



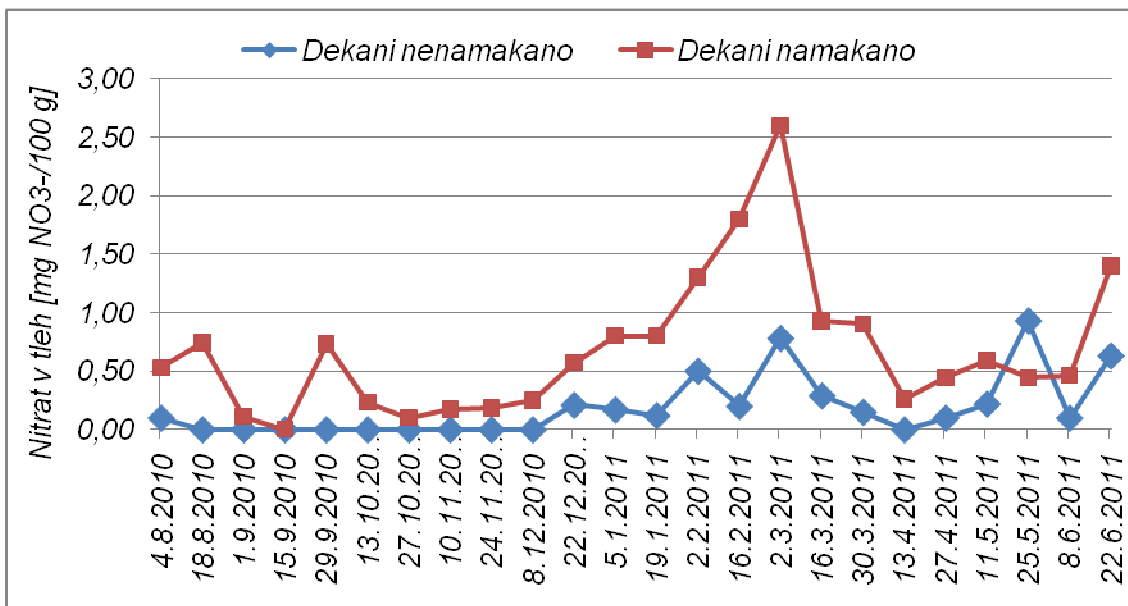
**Slika 14: Dinamika nitrata v tleh v Strunjanu**

Na vzorčnem mestu Dekani (slika 15) so bile vsebnosti nitrata v tleh od avgusta 2010 do decembra 2010 zelo nizke. V nenamakanih tleh so bile pod mejo zaznavnosti (0,01 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal). V namakanih tleh pa so dosegle vrednost 0,23 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal. Izjeme smo zabeležili le 18. avgusta 2010 (0,74 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) in 29. septembra 2010 (0,73 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) v namakanih tleh.

Po 8. decembru 2010 smo v nenamakanih in namakanih tleh beležili višje vsebnosti nitrata (povprečna vrednost za nenamakana tla 0,27 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal, za namakana tla 1,11 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal). Najvišje vrednosti (nenamakana tla 0,78 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal in namakana tla 2,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) smo zabeležili 2. marca 2011.

Dne 13. aprila 2011 je vsebnost nitrata v nenamakanih tleh padla pod mejo zaznavnosti, v namakanih tleh pa se je meji zaznavnosti približala. Od 13. aprila 2011 smo ponovno beležili rahlo rast vsebnosti nitrata tako v nenamakanih kot namakanih tleh.

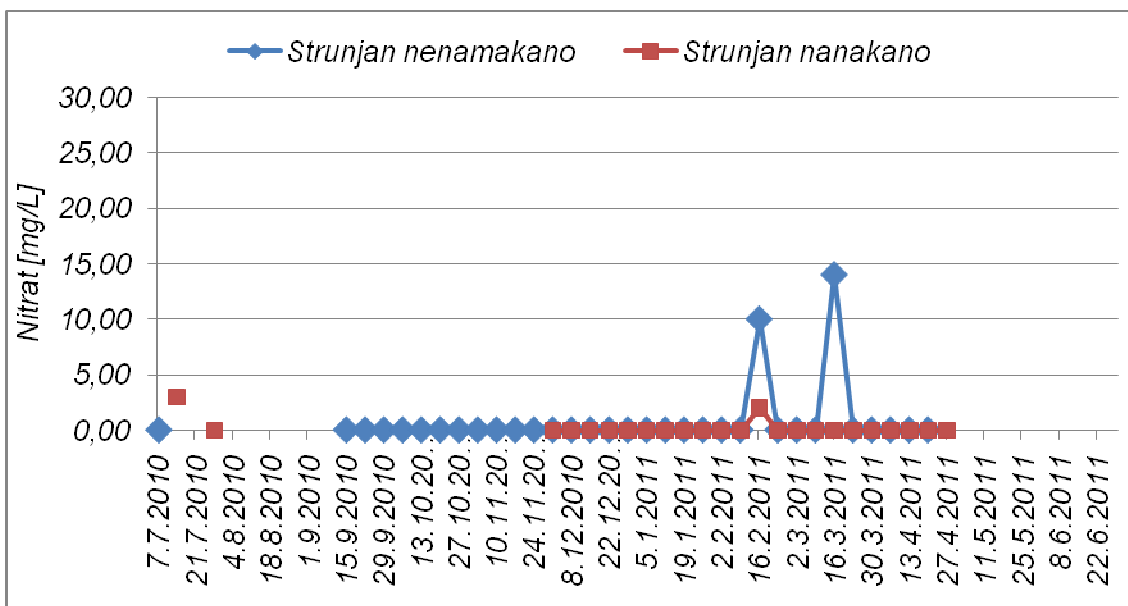
V opazovanem obdobju je bila povprečna vrednost vsebnosti nitrata na vzorčnem mestu Dekani v nenamakanih tleh 0,19 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal, medtem ko je bila v namakanih tleh 0,68 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal.



Slika 15: Dinamika nitrata v tleh v Dekanih

#### 4.4 Dinamika vsebnosti nitrata v talni vodi

Na nenamakani površini vzorčnega mesta Strunjan (slika 16) je vsebnost nitrata v talni vodi samo dvakrat presegla mejo zaznavnosti (1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). V prvem primeru (16. februarja 2011) je bila zabeležena vsebnost nitrata v talni vodi enaka 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, v drugem primeru (16. marca 2011) pa je bila nekoliko višja (14 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Tudi na namakani površini v Strunjanu je vsebnost nitrata v talni vodi samo dvakrat presegla mejo zaznavanja. Prvič smo višjo vsebnost nitrata zaznali dne 14. julija 2010 (3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l), drugič pa ob vzorčenju 16. februarja 2011 (2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Povprečna vsebnost nitrata v talni vodi je na nenamakanih površinah vzorčnega mesta Strunjanu znašala 0,72 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, na namakanih površinah pa 0,20 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l.

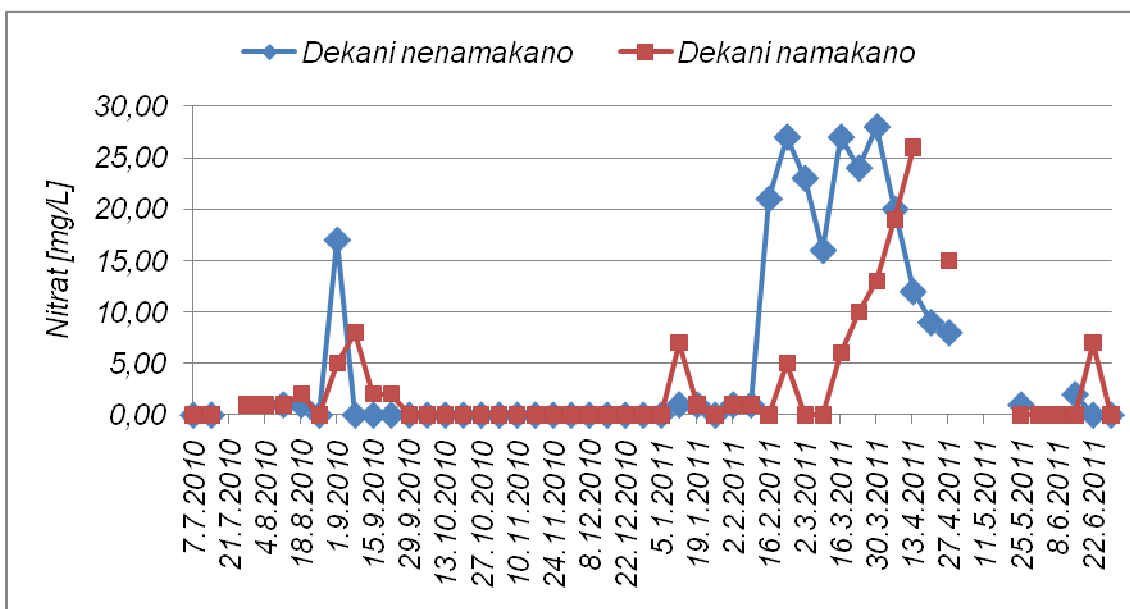


Slika 16: Dinamika nitrata v talni vodi v Strunjanu



Na vzorčnem mestu Dekani nenamakano (slika 17) je bila od začetka julija 2010 do 9. februarja 2011 vsebnost nitrata v talni vodi v večini primerov pod mejo zaznavnosti. Izstopa le pojav večje vsebnosti nitrata v talni vodi ob vzorčenju 1. septembra 2010 (17 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Dne 16. februarja 2011 je vsebnost nitrata skokovito narasla in dosegla vrednost 21 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Visoke vrednosti (od 16 do 28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) vsebnosti nitrata v talni vodi smo beležili do 6. aprila 2011. V tem obdobju so dosegle največjo vrednost 30. marca 2011 (28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Od vzorčenja 13. aprila 2011 smo beležili upadanje vsebnosti nitrata. Spremljanje upadanja vsebnosti nitrata je prekinilo pomanjkanje vode v tleh. Od 4. maja do 8. junija 2011 ni bilo vzorca. Povprečna vsebnost nitrata na vzorčnem mestu Dekani nenamakano je bila 5,47 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l.

Na namakanih površinah vzorčnega mesta Dekani smo višje vsebnosti nitrata zabeležili v septembru 2010 in od 16. februarja 2011 do 13. aprila 2011. Največja vsebnost nitrata (26 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) se je pojavila 13. aprila 2011. Od 25. maja do 16. junija 2011 je bila vsebnost nitrata v talni vodi pod mejo zaznavnosti. Dne 22. junija 2011 smo ponovno zabeležili višjo vsebnost nitrata (7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Na vzorčnem mestu Dekani je bila povprečna vsebnost nitrata na namakanih površinah 2,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l.



Slika 17: Dinamika nitrata v talni vodi v Dekanih

## 5 DISKUSIJA

### 5.1 Vpliv gnojenja na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi

V obdobju opazovanja smo na vzorčnem mestu Strunjan največjo vsebnost nitrata v tleh (nenamakano: 2,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal; namakano: 1,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) zabeležili 16. februarja 2011, 12 dni po opravljenem gnojenju (4. februarja). Na vzorčnem mestu Dekani smo največjo vsebnost nitrata v namakanih tleh (2,6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) zabeležili 2. marca 2011, 17 dni po opravljenem gnojenju (13. februarja 2011). Fernández-Escobar in sodelavci (2009) so s štiriletno raziskavo, zasnovano v oljčniku na jugu Španije, dokazali, da je vsebnost nitrata v tleh oljčnih nasadov povezana s količino dodanega dušičnega gnojila. Iz zgoraj navedenega sklepamo, da gnojenje vpliva na dinamiko nitrata v poskusnih tleh.

Da gnojenje vpliva na vsebnost nitrata v tleh, so potrdile tudi analize vsebnosti nitrata v talni vodi. Na vzorčnem mestu Strunjan smo sočasno (16. februarja 2011) z najvišjo vsebnostjo nitrata v tleh zabeležili tudi višjo vsebnost nitrata v talni vodi (nenamakano: 12 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l; namakano: 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Na vzorčnem mestu Dekani smo najvišjo vsebnost nitrata v talni vodi (nenamakano: 28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l; namakano: 26 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) zabeležili 45 dni (nenamakano: 30. marec 2011) oz. 60 dni (namakano: 13. aprila 2011) po opravljenem gnojenju (13. februar 2011).

Izmerjene najvišje vsebnosti nitrata v talni vodi na nenamakanih in namakanih površinah na vzorčnih mestih Strunjan (nenamakano: 12 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l; namakano: 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) in Dekani (nenamakano: 28 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l; namakano: 26 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l), niso presegle mejne vrednosti 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, ki jo za dobro kemijsko stanje podzemnih voda predpisujeta Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (Uradni list RS, št. 100/2005) in Evropska okvirna vodna direktiva (Water Framework Directive 2000/60/EC). Iz tega lahko sklepamo, da je bil odmerek dušika, dodan med našo raziskavo na vzorčnih mestih Dekani in Strunjan, usklajen s potrebami oljke.

### 5.2 Vpliv obdelave in lastnosti tal na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi

Iz izidov meritev vsebnosti nitrata v vzorcih tal nismo ugotovili, da obdelava in lastnosti tal vplivajo na dinamiko nitrata v tleh. S primerjavo povprečnih vsebnosti nitrata v tleh nenamakanih površin obeh vzorčnih mest smo opazili, da je vsebnost nitrata v tleh na vzorčnem mestu Strunjan (0,63 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) občutno višja kot na vzorčnem mestu Dekani (0,19 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal). Nasprotno pa smo ugotovili s primerjavo povprečnih vsebnosti nitrata v tleh namakanih površin obeh vzorčnih mest. V tem primeru je bila vsebnost nitrata v tleh na vzorčnem mestu Strunjan (0,55 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) nižja kot na vzorčnem mestu Dekani (0,68 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal).

Z analizo vsebnosti nitrata v talni vodi smo ugotovili, da je povprečna vsebnost nitrata tako nenamakanih kot namakanih površin na vzorčnem mestu Strunjan nižja (0,73 in 0,21 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) v primerjavi s povprečno vsebnostjo nitrata v talni vodi nenamakanih in namakanih površin vzorčnega mesta Dekani (5,48 in 2,83 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l). Na vzorčnem mestu Strunjan travno rušo mulčijo do tal, medtem ko na vzorčnem mestu Dekani travno rušo kosijo na višino 5 cm. Na vzorčnem mestu Dekani se zaradi košnje in neodstranjene pokošene travne ruše kopičijo velike količine odmrlih rastlinskih ostankov, ki predstavljajo velike zaloge organske snovi v tleh. V zgornjem horizontu

tal vzorčnega mesta Dekani smo tako izmerili 18 % organske snovi, medtem ko je bila izmerjena vrednost organske snovi v zgornjem horizontu tal na vzorčnem mestu Strunjan znatno nižja (3,3 %). V ugodnih razmerah se te velike zaloge organske snovi v tleh lahko razkrojijo (mineralizirajo) do osnovnih rastlinski hranil – nitrata. Če so njegove količine v tleh večje od potreb rastlin, se spira v globlje plasti tal (Di in Cameron, 2002).

### **5.3 Vpliv namakanja na dinamiko nitrata v tleh in talni vodi**

Na vzorčnem mestu Strunjan smo zabeležili na nenamakanih površinah višjo povprečno vsebnost nitrata v tleh (0,62 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) kot na namakanih površinah (0,55 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal). Do nasprotnih izidov smo prišli s primerjavo povprečnih vsebnosti nitrata v tleh na vzorčnem mestu Dekani. Na tem vzorčnem mestu je bila povprečna vsebnost nitrata v tleh na nenamakanih površinah (0,19 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal) nižja kot na namakanih površinah (0,68 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 g tal). Zaradi nasprotujočih si izidov meritev vsebnosti nitrata v vzorcih tal na vzorčnih mestih Strunjan in Dekani ne moremo ugotoviti, ali namakanje vpliva na vsebnost nitrata v tleh.

Primerjava vsebnosti nitrata v talni vodi nenamakanih (0,73 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) in namakanih (0,21 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) površin vzorčnega mesta Strunjan sicer kaže, da namakanje ugodno vpliva na vsebnost nitrata v talni vodi. Vendar zaradi premajhnega števila vzorcev z vsebnostjo nitrata nad mejo zaznavnosti tega ne moremo trditi. Primerjava povprečnih vsebnosti nitrata v talni vodi vzorčnega mesta Dekani (nenamakano: 5,5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l; namakano: 2,8 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) jasno kaže na možnost, da namakanje ugodno vpliva na znižanje vsebnosti nitrata v talni vodi. Menimo, da je bila na namakanih površinah vsebnost nitrata nižja, ker so rastline ob nemoteni oskrbi z vodo bolje sprejemale nitrat.

### **5.4 Vpliv padavin na dinamiko nitrata v talni vodi**

Ugotovili smo, da padavine v našem primeru niso vplivale na dinamiko vsebnosti nitrata v talni vodi. To potrjujejo vrednosti statistične spremenljivke R<sup>2</sup>, ki opisuje odstopanje od linearne povezave med vsebnostjo nitrata v talni vodi in padavinami. Na vzorčnem mestu Strunjan je imel R<sup>2</sup> vrednost 0,00 tako na nenamakanih kot na namakanih površinah. Na vzorčnem mestu Dekani nenamakano je R<sup>2</sup> znašal 0,01, medtem ko je bil R<sup>2</sup> na namakanih površinah enak 0,00. Naše ugotovitve niso v skladu z mnogimi raziskavami, ki so bile narejene v Sloveniji. Podgornik in Pintar (2007) v preglednem članku ugotavljata, da je dinamika izpiranja nitrata na vseh območjih Slovenije odvisna predvsem od vremenskih razmer, kljub temu da se kmetijska območja razlikujejo po količini padavin, kmetijski praksi in talnih lastnostih.

## 6 ZAKLJUČKI

Z našo raziskavo smo ugotovili, da oljkarstvo v Slovenski Istri ne povzroča prekomernega onesnaženja podtalnice z nitratom. Velika večina vzorcev talne vode je imela vsebnost nitrata pod mejo zaznavnosti, to pomeni pod 1 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ . Najvišja zaznana vsebnost nitrata v talni vodi je bila 28 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , kar je daleč pod mejno vrednostjo 50 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , ki jo za dobro kemijsko stanje podzemnih voda predpisujeta Uredba o standardih kakovosti podzemne vode (Uradni list RS, št. 100/2005) in Evropska okvirna vodna direktiva (Water Framework Directive 2000/60/EC).

Možnost znižanja vsebnosti nitrata v talni vodi z namakanjem smo dokazali s primerjavo povprečnih vsebnosti nitrata v talni vodi nenamakanih in namakanih tal. Primerjava je pokazala, da je bila vsebnost nitrata na nenamakanih površinah višja kot na namakanih površinah. Sklepamo, da dodana voda na namakanih površinah omogoča nemoten sprejem hranil v rastlino.

Meritve vsebnosti nitrata v vzorcih talne vode so pokazale, da ima na dinamiko nitrata v talni vodi največji vpliv gnojenje. Večina vzorcev talne vode je imela vsebnost nitrata pod mejo zaznavnosti. Najvišja vsebnost nitrata v talni vodi se je pojavila po gnojenju z mineralnim gnojilom. Glede na to, da dodane količine dušika niso presegle dovoljene mejne vrednosti letnega vnosa dušika (90 kg N/ha), ki jo predpisujejo Tehnološka navodila za integrirano pridelavo sadja (2011), in da je bila največja izmerjena vsebnost nitrata v talni vodi 28 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$ , menimo, da je bilo gnojenje uravnoteženo s potrebami oljk. Obravnavana oljčnika sta primer dobre prakse zmerne uporabe dušičnih gnojil, ki bi jo bilo smiselno upoštevati tudi pri gnojenju ostalih kulturnih rastlin z relativno majhno potrebo po dušiku. V intenzivnih nasadih namreč prihaja do prevelike preskrbljenosti sadnih rastlin z dušikom.

Raziskava dejavnikov, ki vplivajo na vsebnost nitrata v talni vodi, je pokazala, da poleg gnojenja tudi obdelava tal vpliva na vsebnost nitrata v talni vodi. Vzorčni mesti sta imeli podobno matično podlago ter podnebje, razlikovali sta se po načinu obdelave tal. Zaradi košnje in neodstranjene pokošene travne ruše se je na vzorčnem mestu Dekani oblikovala zelo humozna zgornja plast tal. Ugotovili smo, da razpad velikih količin organske snovi v ugodnih razmerah povzroča sproščanje večjih količin nitrata dušika v talno vodo kot na vzorčnem mestu Strunjan, kjer so travno rušo mulčili do tal.

Čeprav številni avtorji navajajo, da padavine vplivajo na dinamiko nitrata v talni vodi, tega z našo raziskavo nismo potrdili. Najvišja vsebnost nitrata v talni vodi se je pojavila po gnojenju z mineralnim gnojilom, sicer je bila vsebnost nitrata v talni vodi večinoma pod mejo zaznavnosti.

## 7 VIRI

- Addiscott T. M. 1996. Fertilizers and nitrate leaching. *Environmental Science and Technology* 5, 1–26
- Alexander M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. John Wiley & Sons: 467
- Atlas okolja. 2012. Agencija Republike Slovenija za okolje. [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Dostop 4. 10. 2012)
- Barton L., Colmer T. D. 2006. Irrigation and fertiliser strategies for minimising nitrogen leaching from turfgrass. *Agricultural Water Management*, 80: 160–175
- Bučar-Miklavčič M. in sod. 1997. *Oljka in oljčno olje*. Ljubljana, Kmečki glas: 143
- Di H. J., Cameron K. C. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 46: 237–256
- Evropska okvirna vodna direktiva (Water Framework Directive) 2000/60/EC
- Fernández-Escobar R., Benlloch M., Herrera E., Garcia-Novelo J. M. 2004. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. *Scientia Horticulturae*, 101: 39–49
- Fernández-Escobar R., Marin L., Sánchez-Zamora M. A., García-Novelo J. M., Molina-Soria C., Parra M. A. 2009. Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. 2009. *European Journal of Agronomy*, 31: 223–232
- Francia Martinez J. R., Duran Zuazo V. H., Martinez Raya A. 2006. Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain). *Science of the Total Environment*, 358: 46–60
- Guidelines for drinking water quality. 2008. Geneva, WHO. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/fulltext.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf) (Dostop 24. 10. 2011)
- Hillel D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic press: 771
- Lopez-Granados F., Jurado-Expósito M., Álamo S., Garcia-Torres L. 2004. Leaf nutrient spatial variability and site-specific fertilization maps within olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Europ. J. Agronomy*, 21: 209–222
- Maier R. M., Pepper I. L., Gerba P. C. 2009. *Environmental microbiology*. Academic press: 598
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Cambridge. England. The university printing house: 889

Melgar J. C., Mohamed Y., Navarro C., Parra M. A., Benlloch M., Fernandez-Escobar R. 2008. Long-term growth and yield responses of olive trees to different irrigation regimes. *Agricultural water management*, 95: 968–972

Mihelič R. in sod. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, ur. Mihelič R., Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Ogrin D. 1995. Podnebje Slovenske Istre. Koper, Zgodovinsko društvo za južno Primorsko: 318

Paul E. A., Clark F. E. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, London, Academic Press: 340

Pintar M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 55

Podgornik M., Pintar M. 2007. Causes of nitrate leaching from agriculture land in Slovenia: *Acta agriculturae Slovenica*, 89: 207-220

Rowel L. R. 1994. *Soil science: methods and applications*. Essex. England. Addison Wesley Longman Limited: 350

Sancin V. 1990. Velika knjiga o oljki. Trst, Založništvo tržaškega tiska d. d.: 319

Segal E., Dag A., Ben-Gal A., Zipori I., Erel R., Suryano S., Yermiyahu U. 2011. Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: Agronomic and environmental considerations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140: 454–461

Stritar A. 1991. *Pedologija – kompendij*. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Agronomski oddelek: 126

Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji. 2002. Agencija Republike Slovenije za okolje

Tehnološka navodila za integrirano pridelavo sadja. 2011. RS, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Uredba o standardih kakovosti podzemne vode. Ur. l. RS, št. 100/05

Verbič J. in sod. 2006. Svetovalni kodeks dobre kmetijske prakse, Ljubljana, Kmetijski institut Slovenije

Vesel V., Valenčič V., Jančar M., Čalija D., Butinar B., Bučar-Miklavčič M. 2009. Oljka – živilo, zdravilo, lepotilo. Ljubljana, Kmečki glas: 141

## **PRILOGE**

## **Priloga A**

### **Podatki o vsebnosti nitrata v tleh**



Vsebnost nitrata v tleh

Datum	Dekani temperature [°C]	Dekani padavine [mm]	Dekani namakanje [mm]	Dekani nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100g tal]	Dekani namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100g tal]	Strunjan temperature [°C]	Strunjan padavine [mm]	Strunjan nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100g tal]	Strunjan namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100g tal]
4.8.2010	22,61	131,40	24,60	0,10	0,53	22,58	124,40	0,17	0,64
18.8.2010	22,36	63,40	17,30	0,00	0,74	22,08	43,60	0,78	0,36
1.9.2010	23,19	13,60	12,65	0,00	0,11	22,87	9,80	0,00	0,14
15.9.2010	20,43	72,00	22,40	0,00	0,00	20,00	156,20	0,00	0,00
29.9.2010	17,90	208,80	22,40	0,00	0,73	17,27	323,40	0,00	0,29
13.10.2010	16,12	17,40	19,00	0,00	0,23	15,56	13,40	0,21	0,34
27.10.2010	12,60	49,40	49,40	0,00	0,10	11,91	43,80	0,18	0,22
10.11.2010	13,31	63,68	0,20	0,00	0,17	12,97	74,08	0,51	0,55
24.11.2010	11,01	70,57	/	0,00	0,18	11,35	69,99	0,18	0,21
8.12.2010	6,39	41,12	/	0,00	0,25	6,23	124,20	0,20	0,61
22.12.2010	3,52	22,20	/	0,21	0,57	3,57	6,60	0,59	0,14
5.1.2011	4,69	24,80	/	0,17	0,80	4,74	0,40	0,54	0,58
19.1.2011	6,42	20,60	/	0,12	0,80	6,16	20,60	0,40	0,45
2.2.2011	3,92	0,20	/	0,50	1,30	3,80	0,40	0,58	0,48
16.2.2011	7,57	25,60	/	0,20	1,80	7,99	21,60	2,70	1,70
2.3.2011	5,59	5,20	/	0,78	2,60	5,22	11,20	1,20	0,67
16.3.2011	8,06	58,40	/	0,29	0,93	7,76	50,20	0,83	0,78
30.3.2011	12,03	20,20	/	0,15	0,90	11,75	16,20	0,11	0,40
13.4.2011	15,55	9,20	/	0,00	0,26	16,05	21,40	0,34	0,21
27.4.2011	15,05	0,00	/	0,10	0,44	15,18	0,40	0,78	1,08
11.5.2011	16,69	3,70	12,60	0,22	0,59	16,23	1,80	0,80	0,56
25.5.2011	20,57	33,28	17,10	0,93	0,44	20,03	46,60	1,08	1,15
8.6.2011	20,39	58,50	16,50	0,10	0,46	18,78	61,60	0,64	0,39
22.6.2011	21,18	44,70	15,30	0,63	1,40	19,15	46,80	2,20	1,30
Povprečje	13,63	1057,94	229,45	0,19	0,68	13,30	1288,67	0,63	0,55

## **Priloga B**

### **Podatki o vsebnosti nitrata v talni vodi**

Vsebnost nitrata v talni vodi									
Datum	Dekani temperature [°C]	Dekani padavine [mm]	Dekani namakanje [mm]	Dekani nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Dekani namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Strunjan temperature [°C]	Strunjan padavine [mm]	Strunjan nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Strunjan namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]
7.7.2010	25,65	6,60	12,90	0,00	0,00	24,88	6,40	0,00	/
14.7.2010	25,25	0,00	18,00	0,00	0,00	24,49	0,00	/	3,00
21.7.2010	26,73	16,60	18,60	/	/	26,56	19,20	/	/
28.7.2010	23,14	15,20	18,60	/	1,00	23,32	10,20	/	0,00
4.8.2010	22,09	116,20	6,00	/	1,00	21,85	114,20	/	/
11.8.2010	22,12	26,60	5,95	1,00	1,00	22,00	11,80	/	/
18.8.2010	22,60	36,80	6,70	1,00	2,00	22,17	31,80	/	/
25.8.2010	25,53	2,00	11,20	0,00	0,00	25,15	0,00	/	/
1.9.2010	20,85	11,60	11,20	17,00	5,00	20,60	9,80	/	/
8.9.2010	19,68	72,00	19,00	0,00	8,00	19,47	54,20	/	/
15.9.2010	21,18	0,00	0,00	0,00	2,00	20,53	102,00	0,00	/
22.9.2010	18,58	154,40	19,00	0,00	2,00	17,84	272,80	0,00	/
29.9.2010	17,21	54,40	/	0,00	0,00	16,70	50,60	0,00	/
6.10.2010	17,18	17,40	30,40	0,00	0,00	16,91	13,40	0,00	/
13.10.2010	15,07	0,00	0,20	0,00	0,00	14,22	0,00	0,00	/
20.10.2010	13,41	19,00	/	0,00	0,00	12,56	20,40	0,00	/
27.10.2010	11,79	30,40	/	0,00	0,00	11,27	23,40	0,00	/
3.11.2010	14,36	9,60	/	0,00	0,00	13,89	17,20	0,00	/
10.11.2010	12,26	54,08	/	0,00	0,00	12,05	56,88	0,00	/
17.11.2010	12,01	28,98	/	0,00	0,00	12,24	22,79	0,00	/
24.11.2010	10,02	41,59	/	0,00	0,00	10,47	47,20	0,00	/
1.12.2010	5,75	36,52	/	0,00	0,00	5,85	52,60	0,00	0,00
8.12.2010	7,04	4,60	/	0,00	0,00	6,62	71,60	0,00	0,00
15.12.2010	4,17	0,40	/	0,00	0,00	4,26	0,80	0,00	0,00
22.12.2010	2,86	21,80	/	0,00	0,00	2,89	5,80	0,00	0,00
29.12.2010	6,46	24,60	/	0,00	0,00	6,32	0,20	0,00	0,00
5.1.2011	2,93	0,20	/	0,00	0,00	3,17	0,20	0,00	0,00
12.1.2011	7,59	20,00	/	1,00	7,00	7,38	16,60	0,00	0,00
19.1.2011	5,24	0,60	/	1,00	1,00	4,94	4,00	0,00	0,00
26.1.2011	3,33	0,20	/	0,00	0,00	3,13	0,40	0,00	0,00
2.2.2011	4,51	0,00	/	1,00	1,00	4,46	0,00	0,00	0,00
9.2.2011	6,80	0,00	/	1,00	1,00	7,55	0,00	0,00	0,00
16.2.2011	8,34	25,60	/	21,00	0,00	8,43	21,60	10,00	2,00

Preglednica se nadaljuje na naslednji strani...

... nadaljevanje preglednice s prejšnje strani.

Vsebnost nitrata v talni vodi									
Datum	Dekani temperature [°C]	Dekani padavine [mm]	Dekani namakanje [mm]	Dekani nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Dekani namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Strunjan temperature [°C]	Strunjan padavine [mm]	Strunjan nenamakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]	Strunjan namakano [mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l]
23.2.2011	6,62	3,80	/	27,00	5,00	6,19	5,80	0,00	0,00
2.3.2011	4,57	1,40	/	23,00	0,00	4,25	5,40	0,00	0,00
9.3.2011	5,74	0,00	/	16,00	0,00	5,15	1,00	0,00	0,00
16.3.2011	10,39	58,40	/	27,00	6,00	10,36	49,20	14,00	0,00
23.3.2011	11,06	6,60	/	24,00	10,00	10,61	3,80	0,00	0,00
30.3.2011	13,00	13,60	/	28,00	13,00	12,89	12,40	0,00	0,00
6.4.2011	15,08	4,40	/	20,00	19,00	15,60	4,40	0,00	0,00
13.4.2011	16,03	4,80	/	12,00	26,00	16,50	17,00	0,00	0,00
20.4.2011	14,07	0,00	/	9,00	/	14,07	0,00	0,00	0,00
27.4.2011	16,03	0,00	/	8,00	15,00	16,29	0,40	/	0,00
4.5.2011	16,04	3,70	/	/	/	15,39	1,80	/	/
11.5.2011	17,35	0,00	12,60	/	/	17,07	0,00	/	/
18.5.2011	18,44	30,88	8,70	/	/	18,30	44,60	/	/
25.5.2011	22,69	2,40	8,40	1,00	0,00	21,76	2,00	/	/
1.6.2011	20,31	19,00	9,90	/	0,00	18,67	19,90	/	/
8.6.2011	20,47	39,50	6,60	/	0,00	18,89	41,70	/	/
15.6.2011	20,54	35,30	3,90	2,00	0,00	18,57	37,00	/	/
22.6.2011	21,81	9,40	11,40	0,00	7,00	19,73	9,80	/	/
29.6.2011	22,96	0,40	15,60	0,00	0,00	20,77	0,40	/	/
Skupaj	14,52	1081,5	254,85	5,48	2,83	14,14	1314,6	0,73	0,21