

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**SPREMLJANJE MOBILNIH OBLIK DUŠIKA V  
TLEH PRI RAZLIČNIH NAČINIH  
DOGNOJEVANJA HMELJA  
(*Humulus lupulus* L.) Z DUŠIKOM**

**VALERIJA KALUDER**

VELENJE, 2013

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**SPREMLJANJE MOBILNIH OBLIK DUŠIKA V  
TLEH PRI RAZLIČNIH NAČINIH  
DOGNOJEVANJA HMELJA  
(*Humulus lupulus* L.) Z DUŠIKOM**

**VALERIJA KALUDER**  
Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: **doc. dr. Andrej Simončič**, univ. dipl. inž. agr.

Somentorica: **dr. Barbara Čeh**, univ. dipl. inž. agr.

VELENJE, 2013

Priloga 2: Sklep o diplomskem delu



Številka: 726-3/2011-2

Datum in kraj: 17. 5. 2012, Velenje

Na podlagi Diplomskega reda

izdajam

**SKLEP O DIPLOMSKEM DELU**

Študentu-ki VŠVO

**Valeriji Kaluder**

se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu: Vpliv kmetijstva na okolje

Mentor-ica: doc. dr. Andrej Simončič

Somentor-ica: doc. dr. Barbara Čeh

Naslov diplomskega dela v slovenskem jeziku: Spremljanje mobilnih oblik dušika v tleh pri različnih načinih dognojevanja hmelja (Humulus lupulus L.) z dušikom

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: Monitoring of mobile nitrogen forms in the soil with regard to different methods of hop (Humulus lupulus L.) fertilisation by nitrogen

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z Navodili za izdelavo diplomskega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat v roku 3 delovnih dni.



Dekanica  
doc. dr. Natalija Špeh

### **Mentorstvo in izjava o avtorstvu**

Diplomsko delo je nastalo pod mentorstvom doc. dr. Andreja Simončiča in somentorstvom dr. Barbare Čeh ter institucije Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu.

Delo sem opravljala na poskusnem posestvu in laboratoriju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu.

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Vsi privzeti podatki so citirani skladno z mednarodnimi pravili o varovanju avtorskih pravic.

Valerija Kaluder

## ZAHVALA

Za strokovno pomoč, usmerjanje in nasvete pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju doc. dr. Andreju Simončiču in somentorici dr. Barbari Čeh.

Hvala tudi vsem, ki so mi pri izdelavi diplomskega dela ponudili pomoč in podporo.

## IZVLEČEK

Dušik je makrohranilo, s katerim rastline, tudi hmelj, oskrbujemo z gnojenjem. Pri prekomernem ali nepazljivem izvajanju gnojenja hmelja z dušikom pa lahko obremenjujemo okolje, zmanjša se kakovost pridelka, pri velikih odmerkih dušika se zniža tudi pridelek. Dušik je namreč izredno mobilno hranilo in se pri prekomernem gnojenju sprosti v zrak ali pa se spere v globlje plasti tal (podtalnico). Podatki monitoringa kemijskega stanja podzemnih voda v Sloveniji v letu 2012 kažejo, da je med najbolj obremenjenimi prav podzemna voda v Savinjski regiji, kjer se je zaradi geografskih danosti kmetijstvo zelo razvilo.

Na poskusnem posestvu Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije smo v okviru obstoječega poljskega poskusa s petimi obravnavanji v treh ponovitvah v letu 2012 preučevali vsebnost mobilnih oblik dušika (amonijske in nitratne) v tleh glede na način dognojevanja hmelja (z gnojevko ali z mineralnim gnojilom KAN), čas meritve in glede na globino tal (0 do 30 cm in 30 do 60 cm).

V hmeljišču, posajenem s sorto Aurora, smo vzorčenje tal izvedli šestkrat, in sicer od pričetka rastne sezone hmelja do začetka zime 2012. Vzorčenje tal smo izvedli za vsako parcelo posebej in posebej na globini 0 do 30 cm in 30 do 60 cm. Analizo vzorcev tal na Nmin (mineralni dušik; NO<sub>3</sub>-N in NH<sub>4</sub>-N) smo v našem poskusu izvedli v laboratoriju IHPS takoj naslednji dan po vzorčenju tal, preko noči smo vzorce hranili v hladilniku.

Dogajanje v tleh je bilo v letu 2012 zelo odvisno od vremenskih razmer, saj je bilo leto relativno sušno. Dušik iz gnojila KAN se je v tleh bolj kopičil, medtem ko smo hmelj z gnojevko tudi zalili in je ta lažje absorbiral dušik iz tal. V razmerah, kot so bile v našem poskusu, se je gnojevka pokazala za bolj ustrezno gnojilo za dognojevanje hmelja tako z okoljevarstvenega vidika kakor tudi z vidika pridelka hmelja kot mineralno gnojilo KAN.

Po obiranju hmelja je pri vseh obravnavanjih v tleh (0 do 60 cm) ostala relativno velika količina mobilnih oblik dušika, saj je bilo leto izrazito sušno, in hmelj hranil iz tal ni mogel izkoristiti. Z analizo Nmin pred zimo, po deževni jeseni, pa smo izmerili v tleh le še manjšo količino mobilnih oblik dušika, kar nakazuje, da se je dušik jeseni po obilnem dežju predvidoma spral v globlje plasti tal, kar je okoljsko nesprejemljivo.

Pri dognojevanju hmelja je torej treba slediti potrebam rastlin in vremenskim razmeram, zelo priporočljivo pa je med sezono narediti analizo tal na Nmin, da ugotovimo, koliko rastlinam dostopnega dušika je že v tleh in se temu prilagodimo z odmerkom gnojila, v nasprotnem primeru ne samo da obremenjujemo okolje, ampak tudi po nepotrebem zapravljamo denar za gnojila in imamo stroške z aplikacijo.

**KLJUČNE BESEDE:** dušik, dognojevanje, mineralno gnojilo KAN, gnojevka, hmelj, *Humulus lupulus* L., okolje, podtalnica

## ABSTRACT

Nitrogen is a plant macronutrient which should be applied to crops, also to the hop plant, with fertilization. However, in the case of over-fertilization or careless implementation of nitrogen, we can expect severe burdensome impact on the environment, reduced quality of hops and even reduced crop yield. Nitrogen is very mobile nutrient, and its excess in soil is quickly released into the air or leached into the deeper layers of the soil (groundwater). Results of groundwater chemical pollution monitoring in Slovenia for 2012 show that the area with most affected groundwater is Savinjska region, where agriculture is very developed.

At the experimental field of Slovenian Institute for Hop Research and Brewing (IHPS) in Žalec, we set up a study in 2012, within existing field trial, in which we sought to evaluate the content of mobile forms of nitrogen (ammonium and nitrate form) in the soil, according to the method of hop fertilization (slurry-liquid manure or mineral fertilizer KAN), sampling time and depth of measurement (0 to 30 cm and 30 to 60 cm).

The soil was sampled 6 times in the year 2012, from the beginning of the hop growing season until the beginning of winter 2012. Soil samples were taken from each plot, separately for depth of 0-30 cm and 30-60 cm. Samples were stored in the refrigerator over the night and analyzed on Nmin (mineral nitrogen:  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) at the IHPS laboratory the next day.

The situation in soil in 2012 depended on the weather conditions a lot, as this was a relatively dry year. Nitrogen from fertilizer KAN accumulated in the dry soil more, while nitrogen from slurry was absorbed by hop plants in higher quantities, since soil was also watered with slurry, not just fertilized. At the conditions that prevailed in our experiment, the slurry was more appropriate fertilizer for hop side-dressing than KAN – both from an environmental point of view and also from the perspective of the crop yield.

After harvesting we measured a slight excess of mobile forms of nitrogen in the soil (0 to 60 cm) at all treatments, as it was a dry year and nutrients from the soil could not be absorbed by crop so much. According to the last Nmin analysis (before the winter, after rainy autumn), there was only a minor quantity of mobile nitrogen left in the soil, indicating that nitrogen was leached away to the deeper layers of the soil after heavy autumn rains, which is environmentally unacceptable.

We can conclude: it is very important to follow the needs of plants and weather conditions during the season when deciding over the next side-dressing, and it is highly recommended to perform Nmin soil analysis during the season to acquaint with the quantity of plant available nitrogen that is already present in the soil, otherwise we will unnecessary pollute the environment and waste money on excess fertilizers.

**KEYWORDS:** nitrogen, fertilization, mineral fertilizer KAN, slurry, hop, *Humulus lupulus* L., environment, groundwater

## KAZALO VSEBINE

1. UVOD .....	1
1.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA.....	1
1.2. NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA.....	1
1.3. HIPOTEZE.....	2
1.4. PREGLED OBJAV IN DRUGIH VIROV .....	2
1.4.1. KROŽENJE DUŠIKA V OKOLJU.....	2
1.4.2. NITRATI V OKOLJU.....	4
1.4.3. NITRATI V PODZEMNIH VODAH .....	5
1.4.4. NITRATI V PODZEMNIH VODAH SAVINJSKE REGIJE .....	6
1.4.5. VIRI IN POMEN DUŠIKA ZA RASTLINE .....	10
1.4.6. GNOJENJE .....	11
1.4.7. GNOJENJE HMELJA Z DUŠIKOVIMI GNOJILI.....	12
1.4.8. ZAKONSKE PODLAGE IN PREDPISI.....	13
2. MATERIALI IN METODE DELA.....	15
2.1. TLA V POSKUSU .....	15
2.2. PREDMET RAZISKAV .....	15
2.2.1. HMELJ (SORTA AURORA).....	15
2.2.2. GNOJEVKA.....	15
2.2.3. MINERALNO GNOJILO KAN .....	16
2.3. POSTAVITEV POSKUSA.....	16
2.4. VREMENSKE RAZMERE V LETU 2012.....	18
2.5. VZORČENJE TAL .....	19
2.6. ANALIZA VZORCEV TAL NA Nmin.....	21



2.7. OBDELAVA PODATKOV.....	24
3. REZULTATI Z DISKUSIJO .....	25
3.1. VSEBNOST HRANIL V GNOJEVKI .....	25
3.2. Nmin V TLEH.....	26
4. SKLEPI.....	33
5. VIRI IN LITERATURA .....	34

## KAZALO SLIK

Slika 1: Kroženje dušika v tleh .....	4
Slika 2: Povprečne letne vrednosti nitratov v podzemni vodi v Savinjski kotlini od leta 1998 do leta 2011 .....	7
Slika 3: Povprečne letne vrednosti nitratov v podzemni vodi bolj obremenjenih vodnih teles v letih od 1998 do 2011 .....	8
Slika 4: Vsebnost nitrata v podzemni vodi na merilnih mestih v Sloveniji v letu 2011 .....	9
Slika 5: Kakovost podzemne vode na merilnih mestih v Sloveniji v letu 2012 .....	10
Slika 6: Gnojila delimo na mineralna in organska .....	12
Slika 7: Skica postavitve poskusa po obravnavanjih .....	17
Slika 8: Tretje dognojevanje z gnojevko v poskusu (3. julij 2012) .....	17
Slika 9: Prikaz uporabljenega gnojila KAN in posode za izvajanje dognojevanja v poskusu (2. julija 2012) .....	18
Slika 10: Količina padavin in povprečne dekadne temperature v rastni sezoni hmelja 2012 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem – merilna postaja IHPS Žalec .....	19
Slika 11: Sonda, kladivo, vedri – pripomočki za vzorčenje tal za analizo Nmin .....	20
Slika 12: Ločevanje vzorcev po globini pri jemanju talnih vzorcev za analizo Nmin .....	20
Slika 13: Vrečke z vzorci pri jemanju talnih vzorcev za analizo Nmin .....	21
Slika 14: Tehtanje vzorca pri določanju vsebnosti dušika po metodi Nmin .....	22
Slika 15: Filtracija vzorca pri določanju vsebnosti dušika po metodi Nmin .....	22
Slika 16: Merjenje koncentracije $\text{NO}_3^-$ ionov po metodi Nmin .....	23
Slika 17: Merjenje koncentracije $\text{NH}_4^+$ ionov po metodi Nmin .....	23

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 28. aprila 2012 v poskusu glede na obravnavanje .....	26
Graf 2: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 7. junija 2012 v poskusu glede na obravnavanje.....	27
Graf 3: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 27. junija 2012 v poskusu glede na obravnavanje.....	28
Graf 4: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 6. avgusta 2012 v poskusu glede na obravnavanje.....	29
Graf 5: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 29. avgusta 2012 v poskusu glede na obravnavanje.....	30
Graf 6: Rastlinam dostopni dušik (NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 26. novembra 2012 v poskusu glede na obravnavanje .....	31

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovna analiza tal (po metodi AI) pred postavitvijo poskusa z gnojevko v poskusnem hmeljišču pomladi 2010 .....	15
Preglednica 2: Sestava goveje gnojevke za drugo in tretje dognojevanje v letu 2012 .....	25
Preglednica 3: Rezultati analize tal na rastlinam dostopni dušik (Nmin: NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N) glede na globino vzorčenja (0 do 30 cm, 30 do 60 cm), datum vzorčenja in obravnavanje (1, 2, 3, 4, 1L, 5L) v letu 2012 .....	32

## 1. UVOD

### 1.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

V okviru obstoječega poljskega poskusa smo v hmeljišču Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (v nadaljevanju IHPS) v letu 2012 zastavili raziskavo, s katero smo želeli preučiti, kakšna je količina mobilnih oblik dušika (amonijske in nitratne oblike) v tleh glede na način dognojevanja hmelja, čas meritve in glede na globino tal. Z meritvami smo pričeli v začetku sezone (po rezi hmelja), nadaljevali pa do začetka zime v letu 2012. Tla smo v ustreznih časovnih intervalih vzorčili do globine 60 cm, kjer je večina koreninskega sistema hmelja. V vzorcih iz dveh globin (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) smo merili vsebnost amonijske in nitratne oblike dušika. Nitratna oblika dušika je namreč v tleh zelo mobilna, in če ga rastline ne zajamejo s svojim koreninskim sistemom, se ta lahko spere v podtalje ali izhlapi v zrak. Vsekakor je na ta način izgubljen iz sistema tla-rastlina, po drugi strani pa pomeni obremenjevanje okolja. Amonijska oblika dušika v tleh sicer ni tako zelo mobilna kot nitratna, vendar se dokaj hitro pretvarja v nitratno obliko (Čeh 2009).

Nitrati so za okolje velika obremenitev. Zaradi svoje mobilnosti in slabe obstojnosti so nevarnost za kakovost voda, zraka in kmetijskih pridelkov, posledično pa smo ogroženi tudi ljudje in živali. Človeško zdravje je potencialno ogroženo zaradi povečane količine nitratov v pitni vodi in hrani, najbolj pa so izpostavljeni majhni otroci. Povečana količina nitratov povzroči tudi eutrofikacijo v stoječih in počasi tekočih vodah. V teh vodah dušik in fosfor stimulirata rast alg, kar povzroča spremembe v ekosistemih, s tem pa je posledično ogroženo tudi vodno živalstvo (Verbič 2006). Neustrezno gnojenje z dušikovimi gnojili pomeni pomemben vir vnosa nitratov v okolje. Savinjska dolina sodi med kmetijsko najintenzivnejša območja v Sloveniji. Je ena izmed regij, kjer slabo kakovost talne vode povezujejo tudi s prekomernim gnojenjem hmelja z dušikom (Lampič 1999).

Hmelj v Sloveniji pridelujejo na 1557 ha, v glavnem na tleh prodnatega rečnega nanosa Savinje, ki so nemalokrat tudi plitva in skeletna (Knapič in Simončič v Čeh 2010, str. 56). Glede na podatke monitoringa je povišana koncentracija nitrata v podzemni vodi Savinjske regije že leta nad standardom kakovosti, ki je 50 mg NO<sub>3</sub>/L (ARSO 2012), kar upravičeno vzbuja skrb. Dejstvo je, da hmelj v razmeroma kratkem času potrebuje dovolj razpoložljivega dušika, saj razvije vso nadzemno maso v dobrih štirih mesecih. Gnojenje z dušikovimi gnojili mora biti zato preudarno in skrbno, upoštevati pa je treba tudi načela varovanja okolja.

### 1.2. NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA

Cilj diplomskega dela je ugotoviti vsebnost mobilnih oblik dušika (amonijske in nitratne oblike) v tleh hmeljišč med sezono glede na način dognojevanja hmelja z dušikom. Predvsem nas zanima količina mobilnih oblik dušika, ki ostane v tleh po obiranju hmelja in pred zimo, saj v tem času lahko pomenijo prekomerne količine tega hranila neposredno nevarnost za obremenjevanje okolja (spiranje v globlje plasti tal, saj rastline pozimi ne absorbirajo hranila iz tal, v tleh pa je zelo mobilno). Preučiti smo želeli, kakšna oblika rastlinam dostopnega dušika v tleh prevladuje glede na način dognojevanja in globino tal.

### 1.3. HIPOTEZE

- V tleh pri obravnavanjih, kjer je dognojevanje hmelja opravljeno z gnojevko, bo večja vsebnost amonijske oblike dušika kot pri obravnavanjih, kjer gnojevke ne uporabljamo, ampak dognojevanje opravimo z mineralnim gnojilom KAN.
- Pri obravnavanjih, kjer gnojevko uporabljamo za tretje dognojevanje hmelja, bo po obiranju hmelja ostala v tleh večja vsebnost rastlinam dostopnega dušika kot pri obravnavanjih, kjer tretje dognojevanje opravimo s KAN-om, saj gnojevka vsebuje tudi organsko vezan dušik, ki se lahko sprošča kadarkoli v sezoni.
- Pred zimo bo v tleh pri obravnavanjih, kjer je vključeno dognojevanje z gnojevko za tretje dognojevanje, več rastlinam dostopnega dušika kot pri preostalih obravnavanjih.
- Če bo poletje sušno, bo v jesenskem času v tleh z obravnavanji z gnojevko manj rastlinam dostopnega dušika, saj ga bo hmelj zaradi vsebnosti vode v gnojevki lažje absorbiral.

### 1.4. PREGLED OBJAV IN DRUGIH VIROV

#### 1.4.1. KROŽENJE DUŠIKA V OKOLJU

Splošno priznana teorija o izvoru atmosferskega dušika geokemikov, kot so Hutchinson (1944, 1954), Sokolov (1959), Urey (1952), domneva, da je ta prvotno bil večinoma v obliki amonijaka, ki se je izločal iz notranjosti v zgodnjih fazah nastajanja planeta. Ko se je kasneje večal delež kisika, zaradi fotosinteze prvih rastlin in fotokemične disociacije vodne pare, je del reduciranega dušika postopoma oksidiral v elementarnega. Manjše dodatne količine dušika so v atmosfero prišle tudi po razpadu meteoritov med izgorevanjem v ozračju (Bartholomew in Clark 1965, str. 4).

Dušik je glavna sestavina zraka, saj ga vsebuje kar 78 %. Je brez barve in vonja in pri  $-196^{\circ}\text{C}$  kondenzira v brezbarvno tekočino. Nastopa v obliki dvoatomnih molekul ( $\text{N}_2$ ) in je slabo reaktiven. Razlog je močna vez med dušikovima atomoma (Slekovec 2010). Kljub visokemu deležu dušika v zraku rastlinam ta dušik ni dostopen. Dostopen jim je šele po tem, ko se v tleh spremeni v obliko soli amonija ( $\text{NH}_4^+$ ) ali nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ). Izjema so le stročnice (detelja, fižol, soja, grah ...), ki s posredovanjem posebnih bakterij lahko uporabijo dušik iz zraka. Posevek stročnic veže v enem letu od 150 do 250 kg zračnega dušika na hektar (Slekovec 2010).

Primarni vir dušika je torej atmosfera, od koder je prišel v tla predvsem z naravnimi procesi biološke fiksacije. Vsebnost skupnega dušika v tleh je v podtalju večinoma manjša od 0,02 %, medtem ko je njegova vsebnost v šotnih tleh do 2,5 %. Obdelana kmetijska tla vsebujejo od 0,006 do 0,5 % skupnega dušika (Slekovec 2010).

Skoraj 95 % vsega dušika v tleh je v organskih (večinoma nemobilnih) kombinacijah, ki so razporejene v rastlinski in živalski biomasi ter predvsem odmrli še nemineralizirani organski snovi v tleh (Mengušar 1996).

Plinska izguba je ena izmed načinov izgube dušika iz ekosistemov. Številne dušikove spojine iz tal in oceanov uidejo v atmosfero. Najbolj razširjen v spodnjih slojih je sicer  $\text{N}_2\text{O}$ , sta pa  $\text{NO}$  in  $\text{NO}_2$  pomembnejša glede onesnaževanja, ker imata bistveno vlogo pri tvorjenju

fotokemičnega smoga. Druga izguba dušika iz ekosistemov je izpiranje. Mobilnost dveh glavnih oblik mineralnega dušika v tleh (amonijska in nitratna oblika) se zelo razlikuje. Izpiranje amonijske oblike dušika je malo verjetno, ker je amonijska oblika dušika ujeta v tleh prek kationske izmenjave, fiksiranja v glinenih delcih in imobilizaciji zaradi mikrobov, hkrati pa se pod različnimi pogoji hitro nitrificira v nitratno obliko dušika. Nasprotno kot amonijska oblika se nitratna oblika dušika težko absorbira v koloide, ker ima praviloma negativen naboj. Nitratna oblika dušika je zato dovzetna za raztapljanje in transport v talnih vodah. Tretja izguba dušika iz ekosistemov je erozija. Za stabilnost ekosistema je erozija najbolj nevarna. Glede na mobilnost dušika gre sicer bolj za prerazporejanje iz enega dela ekosistema v drugega, manj pa za samo izgubo dušika (Haynes 1986, str. 17–23).

Za eksogeno dodajanje dušika v tla pod naravnimi pogoji je znanih več mehanizmov, a za dušikov cikel sta najpomembnejša fiksacija elementarnega dušika z biološkimi agensi ter povečevanje vsebnosti amonija in nitratov z deževnico. Mehanizmi so naslednji: biološka fiksacija (zelenomodre alge, proste bakterije, simbiotske bakterije), atmosferske padavine, nebiološka fiksacija, direktna absorpcija iz atmosfere (Bartholomew in Clark 1965, str. 8).

Ključni mikrobni procesi v kroženju dušika zajemajo: fiksacijo molekularnega dušika, mineralizacijo, nitrifikacijo in denitrifikacijo.

#### *Fiksacija*

Fiksacija dušika je eden najpomembnejših procesov, saj omogoča vračanje atmosferskega dušika v organsko obliko. Ta proces je izključno vezan na bakterije, ki proces lahko opravljajo v simbiozi, ali pa prostoživeče bakterije. Prostoživeči fiksatorji dušika živijo v neposredni okolici ali na površini korenin in listov višjih rastlin. Rastlina je tako deležna nekaj fiksiranega dušika, ki ga izločajo bakterije. Simbiotske bakterije prodrejo v korenine (izjemoma v steblo ali liste) rastlin in tvorijo posebne simbiotske organe – nodule, v katerih fiksirajo dušik, ki je neposredno dostopen rastlini gostiteljici (Hacin 1996). Najpomembnejše so simbiotske bakterije iz rodu *Rhizobium* (specifične so za vsako rastlinsko vrsto), ki živijo v simbiozi z metuljnicami in na njihovih koreninah tvorijo posebne gomoljčke, kjer poteče transformacija atmosferskega dušika v amino obliko. To porabijo rastline, v zameno pa tvorijo ogljikove hidrate, ki jih potrebujejo bakterije. Količina fiksiranega dušika iz zraka na leto je 50–300 kg/ha (Sušin 2010).

#### *Mineralizacija*

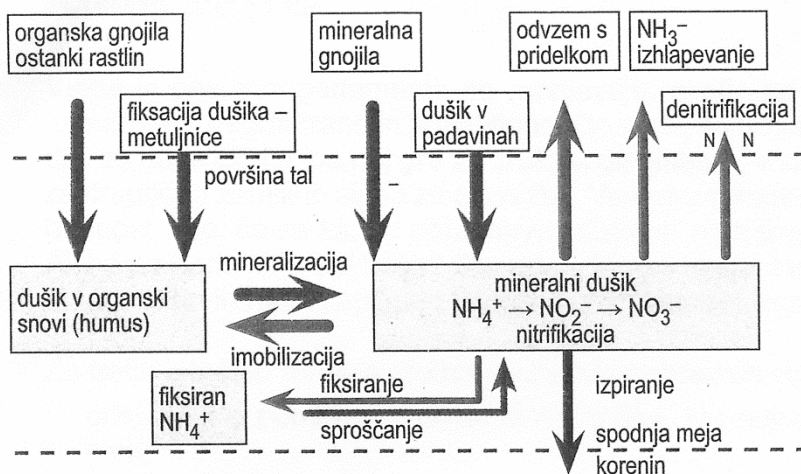
Večina dušika v tleh je vezanega v organski snovi (95 %). Skladiščen je v humusu in znaša (glede na različno humoznost zemlje) od 2.000 do 12.000 kg/ha N. Ta dušik je slabo dostopen rastlinam. Dostopnost organsko vezanega dušika je odvisna predvsem od mikroorganizmov, ki se hranijo z organsko snovjo. Iz dušika vezanega v organskih snoveh se sprosti amonij ( $\text{NH}_4^+$ ) (Leskošek, 1993). Da proces mineralizacije poteka, je pomembno razmerje med ogljikom (C) in dušikom (C/N razmerje). Pri "ozkem" C/N razmerju (< 20–25) poteka mineralizacija; sprošča se  $\text{CO}_2$ , kar relativno povečuje vsebnost dušika v tleh. Pri "širokem" C/N razmerju poteka obraten proces, ki mu pravimo *imobilizacija* (biološka vezava dušika) (Sušin 2010). V primeru imobilizacije bodo talni mikrobi porabili ves dušik zase in rastlinam le-ta ne bo na razpolago. Proces imobilizacije je nezaželen v času, ko rastline potrebujejo dušik, zaželen pa v času po žetvi in pozimi, ko ni rasti. Če mineralizacija teče v obdobju, ko ni odvzema dušika, se v tleh nakopiči nitratni dušik. Ker je nitrat zelo dobro topen v vodi, se ob presežku vode zelo hitro izpira v podalnico, kar posledično povzroči onesnaževanje pitne vode in okolja (Mihelič idr. 2010).

### Nitrifikacija

Nitrifikacija je aerobni proces biološke oksidacije amonijske oblike dušika do nitrata (slika 1). Oksidacija amonijevega iona do nitrita in nitrata pomeni spremembo pozitivnega naboja v negativni naboj produktov. Produkte nitrifikacije rastline sprejemajo in asimilirajo v novo organsko snov. Nitrifikacija poteka s pomočjo avtotrofnih bakterij v dveh stopnjah. Amonijski ion se najprej oksidira do nitrita, to omogoča podskupina nitritacijskih bakterij iz rodu *Nitrosomonas*. Podskupina nitratacijskih bakterij iz rodu *Nitrobacter* omogoča oksidacijo nitrita do nitrata (Mahne 1996). Dva ključna dejavnika za nitrifikacijo sta pH vrednost (nevtralen do rahlo kisel) in dostopnost kisika.

### Denitrifikacija

Proces redukcije nitratov do elementarnega dušika imenujemo denitrifikacija. Proces poteka pod vplivom nekaterih heterotrofnih bakterij v anaerobnih pogojih, zato je izrazit v slabo zračnih zamočvirjenih tleh (Slekovec 2010). Da proces nitratnega iona v nitritnega ter naprej do plinaste oblike  $N_2O$  in  $N_2$  steče, so pomembni rodovi bakterij *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Agrobacter* in *Alcaligenes*. Ti  $NO_3^-$  uporabljajo kot vir kisika pri anaerobnem dihanju. Ključni dejavniki pa so poleg naštetih bakterij tudi primerna vlažnost, nevtralen pH, založenost z organsko snovjo in temperature tal (Mahne 1996).



Slika 1: Kroženje dušika v tleh  
Vir: Podgoršek, 2011

### 1.4.2. NITRATI V OKOLJU

V zadnjih 20 letih se je problem onesnaževanja z nitrati razširil iz lokalnega pojava na težavo regionalnih razsežnosti, če pa se ne bo resno omejilo vnosa v podtalnico, bomo kmalu lahko govorili o onesnaženju kontinentalnih razsežnosti, tako sladkovodnih kot morskih voda (Burt idr. 1993, str. 3–4). Onesnaženje z nitrati je predvsem posledica človekovega poseganja, onesnaženja in prevelikega izkoriščanja virov. Vpliva na kakovost rastlinskih pridelkov, hkrati pa obremenjuje okolje in posledično vpliva na zdravje ljudi in živali. Glavni vzrok je ta, da so nitrati v okolju zelo slabo obstojni. Spremenijo se lahko v plinske oblike (toplogredni plin  $N_2O$  in amonijak  $NH_3$ ) in tako zelo obremenjujejo zrak. Nitratna oblika dušika je zelo mobilna in to je tudi razlog, da se izpira v tla in tako onesnažuje vodne vire (Sušin 2008).



Do povečanja nitratov v rastlinah pride, če je dostopnost nitratov v tleh večja od možnosti presnove tega hranila od rastlin. Če so prisotne še neugodne vremenske razmere (premalo svetlobe in toplote), se lahko količina nitratov v rastlinah poveča do te mere, da so škodljive za prehranjevanje ljudi in živali (Leskošek 1996).

Methemoglobinemija je najbolj znan pojav škodljivega učinka nitratov na zdravje. Methemoglobinemija nastane kot posledica oksidacije hemoglobina (nitrati se spremenijo v nitrite), saj ta ne more prenašati kisika po telesu. Najbolj so ogroženi dojenčki do šest mesecev starosti, saj prehajanje nitratov v materino mleko škoduje neposredno otroku. Ogroženi so tudi odrasli, vendar manj kot otroci. Z zaužito zelenjavo, sadjem in živili, kjer so dodani konzervansi, in pitno vodo, se v telo vnese različna količina nitratov. Nitrati, ki se z zaužitjem pretvorijo v nitrite, tvorijo v določenih okoliščinah skupaj z amini nitrosamine; ti se uvrščajo med rakotvorne snovi (Verbič 2006).

### 1.4.3. NITRATI V PODZEMNIH VODAH

Podzemna voda je uskladiščena v sedimentih in kamninah, ki so zmerno do visoko prepustne. Imenujejo se vodonosniki in so lahko blizu zemeljskega površja ali več sto metrov pod zemeljskim površjem. Vodonosnik v večji meri vpliva na kakovost podzemne vode, prav tako vplivajo dejavnosti na zemeljskem površju. Idealne razmere za intenzivno kmetijstvo so v ravninskih rečnih dolinah, kjer prevladujejo vodonosniki z medzrnsko poroznostjo (območje SZ Slovenije). Poselitev in prometna infrastruktura v teh dolinah sta gostejši kakor na pogozdenih in hribovitih območjih Slovenije, ti dejavniki pa pomenijo veliko tveganje za onesnaženje podzemne vode. V kraških vodonosnikih so obremenitve manjše, saj je velik del površine nad vodonosniki poraščen z gozdovi, ki so naravna zaščita podzemne vode (Ambrožič idr. 2008).

Kameninska sestava je skupaj z geološkimi procesi v Sloveniji ustvarila tri pomembnejše tipe plitvejših vodonosnikov (ARSO 2012):

- vodonosniki z medzrnsko poroznostjo (najpomembnejši med temi so aluvialni vodonosniki karbonatnega ali silikatnega tipa) v ravninskih delih rečnih dolin;
- razpoklinski vodonosniki (pretežno v dolomitnih plasteh);
- kraški vodonosniki v plasteh apnenca na Krasu, Notranjskem, Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah.

Nitrati so najpogostejši onesnaževalec podzemnih voda. Večinoma je dušik vezan v nitratni obliki  $\text{NO}_3^-$ , prisoten pa je tudi kot amonij  $\text{NH}_4^+$ , nitrit  $\text{NO}_2^-$ , dušik  $\text{N}_2$ , dušikov oksid  $\text{N}_2\text{O}$  in kot organski dušik. Povzročitelji tega onesnaževanja so različni, predvsem povečana uporaba anorganskih gnojil, podiranje večjih površin travišč in odlaganje organskih odpadkov (kmetijski gnoj, kanalizacija) na ali pod zemeljsko površino (Burt idr. 1993, str. 214).

Onesnaževanje podtalnice z nitrati se običajno pojavlja tam, kjer je kmetijstvo najbolj razvito. Vendar kmetijstvo ni edini onesnaževalec podtalne vode z nitrati. Povzročitelji onesnaženja so še neurejena kanalizacija, greznice in preobremenjene čistilne naprave (Mihelič idr. 2010).

Onesnaženje podtalnice je odvisno tudi od določenih dejavnikov, na katere človek nima vpliva ali pa je ta vpliv majhen (Verbič idr. 2006). Ti dejavniki so:

- vrsta tal: za onesnaženje so nevarna predvsem lahka prepustna tla;

- kmetijska rastlina: na travinju je izpiranje nitratov bistveno manše kot na njivah;
- količina padavin in izhlapevanje vode: velik pretok vode zagotavlja hitro obnovo podtalnice in s tem redčenje nitratov v podtalnici. Glede onesnaženja podtalnice z nitrati 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 nitratov v podtalnici.

Državni monitoring kakovosti podzemne vode (izvaja se od leta 1987) je sistematično spremljanje vsebnosti različnih fizikalnih in kemijskih parametrov v podzemnih vodah na celotnem ozemlju Slovenije. Skladno z zakonskimi predpisi za podzemno vodo Agencija RS za okolje vsako leto pripravi program državnega monitoringa kakovosti podzemne vode in vodi vse faze. Pooblaščenim laboratorijem skladno s programom na vseh merilnih mestih dva- do štirikrat na leto v vzorcih podzemne vode analizirajo okrog 150 različnih parametrov. Reprezentativna mreža merilnih mest je osnova za zanesljivo oceno kemijskega stanja, na katerih se vzorči podzemna voda. Merilna mesta na aluvialnih vodonosnikih so vodnjaki in vrtine, na kraških in razpoklinskih vodonosnikih pa izviri in vodnjaki (Ambrožič idr. 2008).

Samočistilne sposobnosti območij s podzemno vodo so odvisne od geografskih lastnosti (debelina vodonosnika, izdatnost podtalnice, globina podtalnice, smer in hitrost toka, prepustne krovne plasti ter pedološka in vegetacijska odeja). Debelina vodonosnika, izdatnost podtalnice in globina podtalnice so najpomembnejše, saj te najbolj ščitijo podtalnico pred onesnaževanjem podzemnih vod z nitrati. Podzemna voda je v Sloveniji pomemben vir pitne vode za približno 95 % prebivalcev. Njena kakovost je približno v tretjini dovolj dobra, da se dovaja v naravnem stanju brez vsakršne obdelave (ARSO 2012). Če je v pitni vodi več kot 50 mg NO<sub>3</sub>/L, je po naši zakonodaji pitna voda onesnažena (Mihelič idr. 2010).

#### **1.4.4. NITRATI V PODZEMNIH VODAH SAVINJSKE REGIJE**

Zaradi geografskih danosti se je v Savinjski regiji močno razvilo kmetijstvo. Pokrajina ni le kmetijska, ampak tudi urbanizirana, industrijska in prometna. Vse naštetje dejavnosti močno vplivajo na onesnaževanje okolja in obremenjujejo podzemne vode z nitrati.

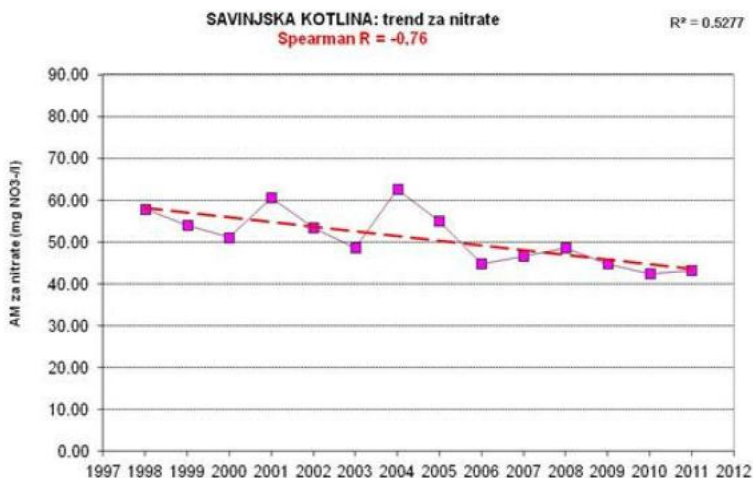
Savinjska kotlina je na območju aluvialnega prodnega zasipa Savinje med Letušem in Celjem. Zapolnjena je z rečnimi peščeno prodnimi nanosi kvartarne starosti. V manjši meri so v njej zastopani sedimenti terciarne starosti. Vodno telo je v vodonosniku z medzrnsko poroznostjo kvartarne starosti. Sestavljajo ga peščeno prodni zasipi Savinje in njenih površinskih pritokov. Podlago kvartarnega aluvialnega nanosa tvorijo neprepustne plasti terciarne starosti. Savinjska kotlina vključuje tudi pomembno prostornino podzemne vode aluvialnega zasipa reke Bolske na zahodni strani kotline in aluvialnega zasipa Voglajne na vzhodnem koncu kotline (ARSO 2009).

Debelina vodonosnika v Savinjski regiji je največ do 5 m, zato je manjša tudi količina vode v podtalju. Nitrati v podzemni vodi so najboljši pokazatelj onesnaževanja in prav globina podzemne vode je odločilna (Lampič 1999).

Podatki iz monitoringa kemijskega stanja podzemnih voda v Sloveniji za leto 2011 kažejo, da je v Savinjski kotlini 5 od 11 merilnih mest čezmerno obremenjenih z nitrati. Že več let so nad

standardom kakovosti merilna mesta v Orli vasi, Šempetru, Levcu VČ-1772, Levcu AMP-1 in črpališče pitne vode v Medlogu (vodnjak A) (ARSO 2012).

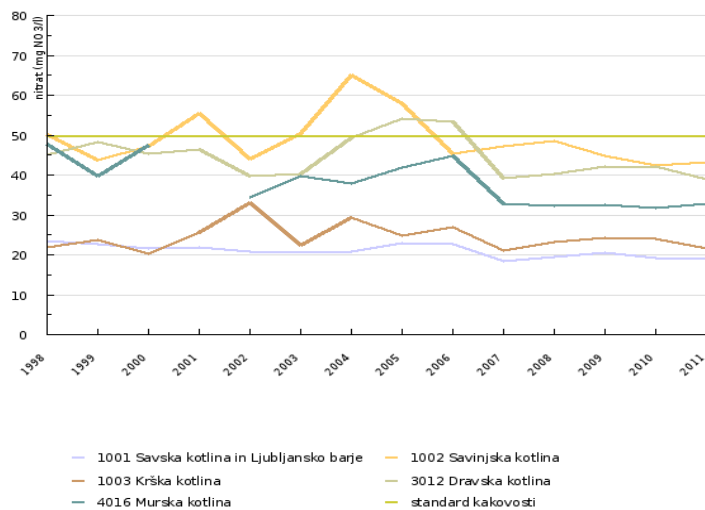
Kljub visokim koncentracijam vsebnosti nitrata od leta 1998 lahko iz slike 2 razberemo, da je po rezultatih državnega monitoringa v Savinjski kotlini zaznati trend upadanja vsebnosti nitratov v podzemni vodi.



Slika 2: Povprečne letne vrednosti nitratov v podzemni vodi v Savinjski kotlini od leta 1998 do leta 2011

Vir: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje – ARSO, 2012

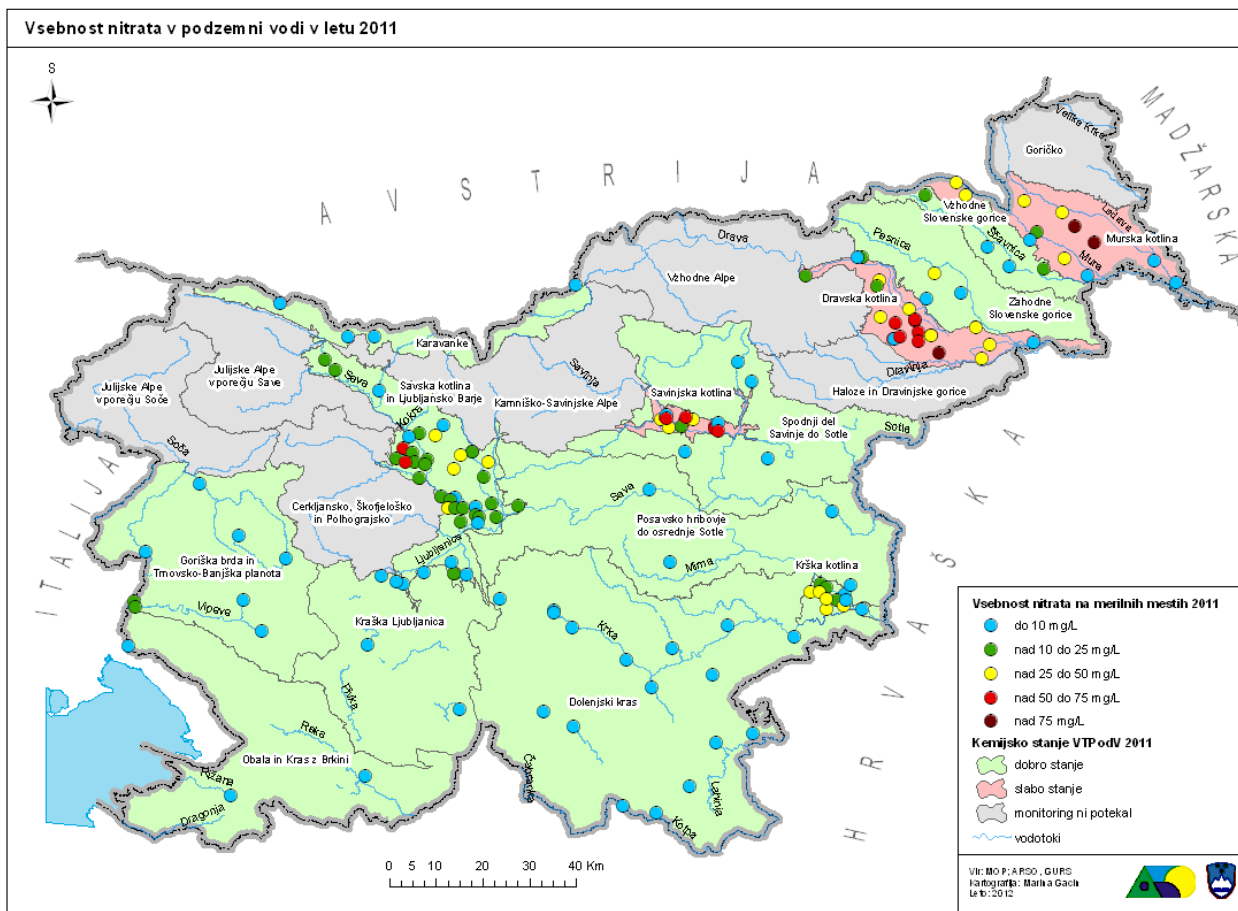
Iz slike 3 lahko ugotovimo, da je bila v primerjavi z nekaterimi bolj obremenjenimi vodnimi telesi v Sloveniji v Savinjski kotlini najvišja koncentracija nitratov v podzemni vodi leta 2004 visoko nad standardom kakovosti, ki je 50 mg NO<sub>3</sub>/L. Razlog v tako visoki koncentraciji nitratov v podzemni vodi leta 2004 je lahko posledica napak posameznih kmetov, točkovna onesnaženja iz nekmetijskih virov, vremenske razmere ali več teh dejavnikov skupaj. Po tem letu se je koncentracija nitratov sicer nižala, vendar vsebnost nitratov v podzemni vodi še vedno vzbuja skrb.



Slika 3: Povprečne letne vrednosti nitratov v podzemni vodi bolj obremenjenih vodnih teles v letih od 1998 do 2011

Vir: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje – ARSO, 2012

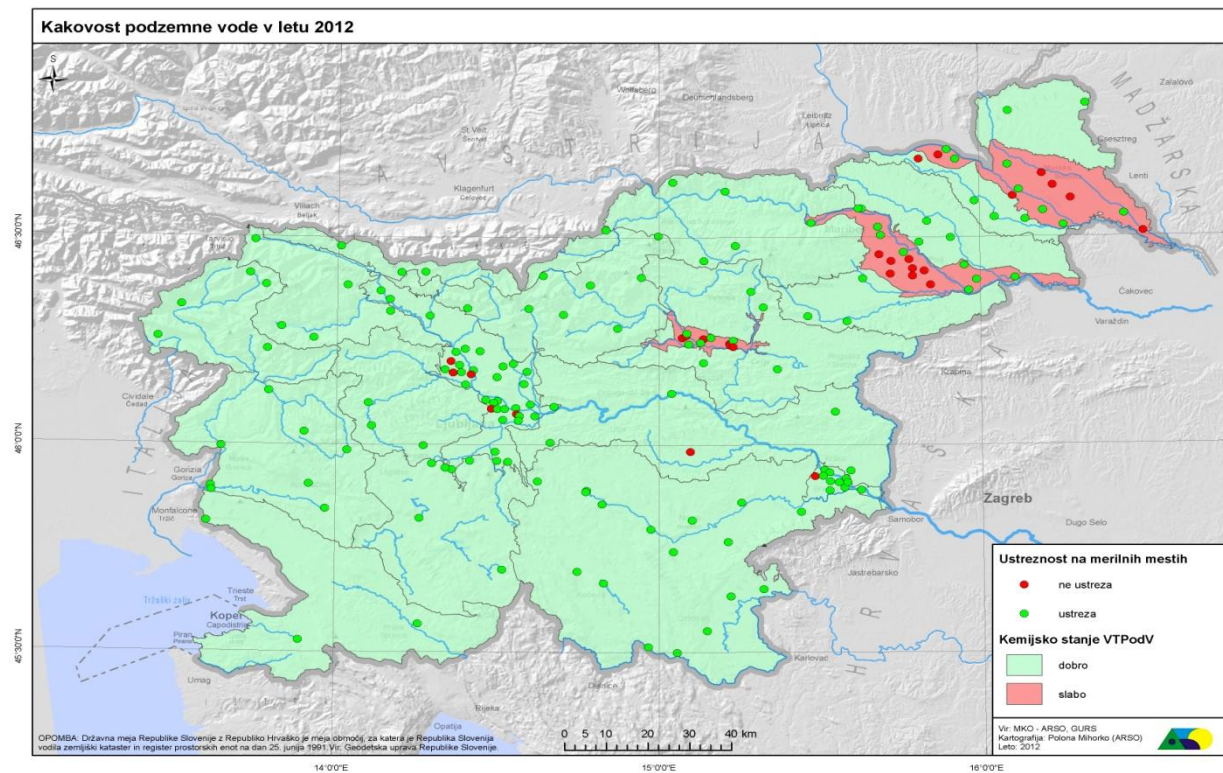
Najbolj obremenjene podzemne vode so po podatkih državnega monitoringa v osrednjem in severovzhodnem delu Slovenije. Na teh predelih so pretežno vodonosniki z medzrnsko plastjo, ki so v ravninskih predelih rečnih dolin Savinje, Save, Drave in Mure. Z nitraty niso obremenjeni kraški in razpoklinski vodonosniki zaradi geografskih danosti, manj je kmetijskih površin in manjša je poseljenost. Na tem delu Slovenije so povprečne letne vrednosti okoli 10 mg NO<sub>3</sub>/L (slika 4).



Slika 4: Vsebnost nitrata v podzemni vodi na merilnih mestih v Sloveniji v letu 2011

Vir: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje – ARSO, 2012

Tako kot v preteklih letih je bilo kemijsko stanje podzemnih voda tudi v letu 2012 slabo v Murski, Dravski in Savinjski kotlini (slika 5). Neustrezna kakovost podzemne vode v letu 2012 je bila tudi na merilnih mestih v Krški kotlini in na Ljubljanskem barju.



Slika 5: Kakovost podzemne vode na merilnih mestih v Sloveniji v letu 2012  
Vir: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje – ARSO, 2013

#### 1.4.5. VIRI IN POMEN DUŠIKA ZA RASTLINE

Kot vsi organizmi tudi rastline potrebujejo dušik za razvoj in razmnoževanje, saj je ta osnovni gradnik vseh beljakovin, encimov, številnih kemičnih posrednikov v sintezi in prenosu energije ter celo v DNK (Bartholomew in Clark 1965, str. 503).

Rastline lahko koristijo mineralni dušik (amonijski in nitratni), ki ga je v tleh le 1–2 %. Amonijska oblika dušika ( $\text{NH}_4^+$ ) hitro izhlapeva s površine tal, hkrati se bolje veže na talne delce. Amonijska oblika dušika je fiziološko kislila oblika in dognojevanje s takšnimi gnojili znižuje pH vrednost tal. Amonijska oblika dušika se v procesu nitrifikacije hitro spremeni v nitratno obliko  $\text{NO}_3^-$ , zato ga rastline v takšni obliki sprejemajo v manjših količinah (Podgoršek 2011).

Gnojenje z dušikom je treba skrbno načrtovati. Upoštevati je treba parametre, kot so: zahteve posamezne gojene rastline po dušiku, vrsta tal, pH vrednost tal, vremenske razmere in vrsta gnojila (amonijska, nitratna, amidna ... oblika dušika). Predvsem je treba upoštevati vrednost pH tal. Če je ta visoka, je smiselno uporabiti gnojila, ki vsebujejo nitratni dušik, saj se iz amonijevih gnojil pri povišani pH vrednosti lahko sprošča amonijak, ki je za rastline škodljiv (Slekovec 2010).

Nenačrtovano in neustrezno gnojenje rastlin z dušikovimi gnojili lahko povzroči, da gojene rastline poležejo, ker rastline ne razvijejo opornega celičja, večja je dovzetnost za pojav

škodljivcev in boleznih rastlin. Nenačrtovano in neustrezno gnojenje se odraža v povečanju vsebnosti nitratov v podtalnici in površinskih vodah (eutrofija), v ozračju pa se pretirano gnojenje z dušikovimi gnojili kaže v izhlapevanju  $\text{NH}_3$  iz gnojevke in povečuje učinek tople grede zaradi povečane vsebnosti  $\text{CO}_2$  in  $\text{NO}_x$ , ki deloma nastanejo pri denitrifikaciji (Leskošek 1993).

Pomanjkanje dušika se na rastlinah hmelja kaže v tem, da so listi bledi, svetlo rumeni, včasih se pojavijo rdečkasti toni, starejši listi predčasno odpadejo. Rastline so majhne in slabo razrasle. Pri prekomernem gnojenju z dušikom so rastline temno zelene in imajo široke liste (intenzivna rast). Pojavijo se tipične morfološke spremembe (skrajšanje koreninskega sistema, povečanje listov, gostota listov se zmanjša, listi se povesejo, steblo se daljša) (Čerenak idr. 2002).

#### 1.4.6. GNOJENJE

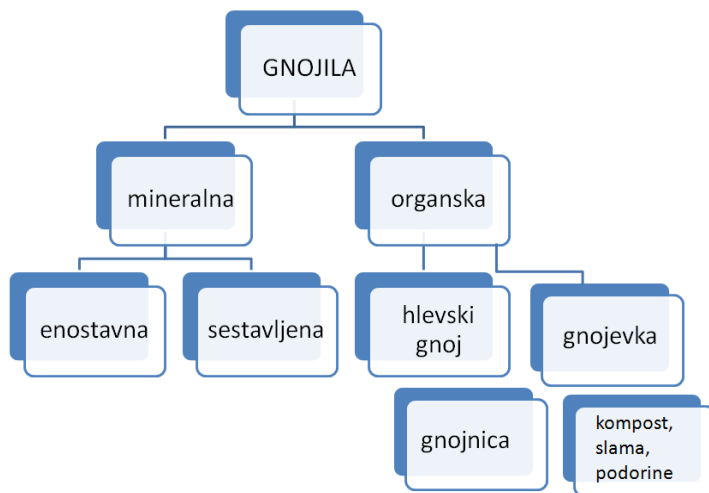
Uporaba gnojil je bistvena za povečevanje pridelka, vendar lahko zaradi želje po večjem pridelku in s prekomernim gnojenjem ali napačnem izboru gnojila kaj hitro onesnažujemo tudi okolje.

Z odvzetimi pridelki s polja odvezamo tudi določeno količino hranil. Hranila je treba vračati, da se razmerje med hranili v tleh ne poruši, tlom pa tako povrnemo iz tal odvzeta rastlinska hranila. Glavna hranila ali makrohranila so: dušik, fosfor, kalij, kalcij, žveplo, magnezij. Rastline jih potrebujejo največ in jih dodajajo z gnojenjem. Hranila, ki jih rastline potrebujejo v manjših količinah, imenujemo mikrohranila, to so: železo, bor, mangan, baker, cink in molibden. Natrij, klor in silicij so koristni elementi, vendar jih vse rastline ne potrebujejo (Čeh idr. 2012).

Gnojenje z enim elementom ne omogoča večjega pridelka, hkrati pa se ioni v rastlinah lahko nakopičijo do toksičnih količin zlasti pri pretiranem gnojenju z dušikom. Zato mora biti gnojenje opravljeno na podlagi analize tal in glede na predviden posevek, pri čemer upoštevamo stanje v tleh in potrebe določenega posevka. Da z gnojenjem dodamo rastlinam optimalno količino gnojil, je potrebna analiza tal, ki se opravi pred setvijo, presajanjem, sajenjem ... in v času rasti. Analiza tal nam pove, kakšen je potencial tal glede oskrbe rastlin s hranili. V času rasti je analiza tal pomembna z vidika kontrole vsebnosti rastlinam dostopnih oblik dušika, ki so v tleh in posledično dostopna rastlinam (Podgoršek 2011).

Mineralna gnojila delimo na enostavna in sestavljena (slika 6). Enostavna mineralna gnojila vsebujejo le eno hranilo. Sestavljena mineralna gnojila so kombinirana gnojila (NPK, PK ...), ki vsebujejo več hranil v različnih razmerjih. Organska gnojila delimo na hlevski gnoj, gnojevko, gnojnico, kompost, slamo in podorine (slika 6). Z organsko snovjo se izboljšuje struktura tal, poveča se kapaciteta za zadrževanje vlage, uravnava se temperatura in zračnost tal. Organska snov veže nase hranila v izmenljivi obliki, ki omogoča preskrbo mikroorganizmov in rastlin s hranili (Čeh idr. 2012).





Slika 6: Gnojila delimo na mineralna in organska  
Vir: Čeh, 2012

#### 1.4.7. GNOJENJE HMELJA Z DUŠIKOVIMI GNOJILI

Z dušikovimi gnojili lahko najbolj natančno gnojimo po metodi Nmin. Pri hmelju je za naše razmere narejena metoda za dognojevanje sorte Aurora, in sicer se v začetku sezone izmeri količino rastlinam dostopnega dušika v tleh do globine 60 centimetrov. V rastni sezoni pa se pognoji razlika med ciljno vrednostjo in izmerjeno količino dušika v začetku sezone. Ciljna vrednost je glede na vremenske razmere med 200 in 230 kg/ha N (Čeh 2009).

Hmelj potrebuje v razmeroma kratkem času veliko dušika, ker oblikuje vso nadzemno maso v dobrih štirih mesecih. Ker je dušik izredno mobilan in se pri prekomernemu gnojenju sprosti v zrak oziroma prehaja v globlje plasti tal, ter tako onesnažuje okolje, se gnojenje hmelja izvaja sprti med rastno sezono in se s tem hranilom ne gnoji na zalogo (Čeh 2012).

“Skupna letna količina dušika, ki se pognoji v polnorodnem nasadu hmelja za pridelek 1,8 t/ha, je največ 200 kg/ha. Od te količine je treba odšteti količino dušika, ki jo vnesemo v hmeljišča z amonsulfatom ali UAN-om z namenom odstranjevanja plevelov in spodnjih stranskih poganjkov, kakor tudi količino dušika, ki smo jo vnesli v hmeljišča z organskimi gnojili, in le razliko pognojiti z mineralnimi gnojili. Dušik se namreč v toplih in vlažnih tleh spomladi sprošča z mineralizacijo organske snovi v tleh v rastlinam dosegljivih oblikah. Če teh dodatno vnesenih količin dušika v hmeljišče pri odmerjanju mineralnih gnojil ne upoštevamo, je vnesena količina previsoka (Čeh idr. 2012, str. 68) ”.

Odmerki mineralnega gnojila se pri pridelovanju hmelja delijo na tri obroke v razmerju  $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ . Prvi obrok se aplicira okoli 20. maja, drugi pred začetkom hitre rasti hmelja, to je okoli 10. junija, in tretji obrok v začetku cvetenja, to je najpozneje 5. julija. Upoštevati je treba lastnosti tal, potrebe rastlin in vremenske razmere. Za dognojevanje hmelja z dušikom se uporabljajo: KAN, ki vsebuje hitro delujočo nitrarno obliko dušika in počasi delujočo amonijsko obliko dušika in se lahko uporablja za vsa tri dognojevanja, UREA, ki je primerna za drugo dognojevanje, saj vsebuje amidno obliko dušika in pri uporabi za tretje dognojevanje lahko povzroči preveliko vsebnost nitrato v storžkih, v času prvega dognojevanja pa je mogoče, da



so tla še prehladna. UAN je tekoče dušikovo gnojilo, primerno za dognojevanje v oblačnem, vlažnem in ne prevročem vremenu (Čeh 2012). Za prvi dve dognojevanji se uporabljajo tudi gnojila s počasno sproščujočimi oblikami dušika, za tretje dognojevanje pa tudi foliarna gnojila po B. Čeh (osebni stik, 28. januar 2013).

#### **1.4.8. ZAKONSKE PODLAGE IN PREDPISI**

Onesnaženje površinskih in podzemnih voda s presežki hranil (predvsem nitrati) je velik problem v Evropi. Kmetijstvo je eden glavnih akterjev onesnaževanja okolja, poleg prekomernega gnojenja je problem tudi neurejenost skladiščnih kapacitet za živalska gnojila. V Sloveniji so leta 2012 inšpektorji ugotovili kar 85 nepravilnosti pri 277 pregledih urejenosti skladiščnih kapacitet za živalska gnojila. Po izvedenih 41 pregledih so kmetijski inšpektorji v letu 2012 izdali tudi štiri odločbe o prekrških zaradi gnojenja v bližini vodotokov, kjer po zakonu o vodah ni dovoljeno gnojenje in na račun gnojenja na snežni odeji, na zamrzjenih tleh, na tleh, nasičenih z vodo, in velikih strminah (RS Ministrstvo za kmetijstvo in okolje 2013).

Da bi povečali nadzor in okolje zaščitili pred škodljivimi vplivi gnojenja, so kmetje dolžni dosledno spoštovati uredbe in predpise, ki določajo čas in količino gnojenja. V evropskem prostoru je gnojenje urejeno z Nitratno direktivo (Direktiva sveta 91/676/EEC). Vsaka štiri leta so države članice Komisiji dolžne pripraviti poročilo. V poročilu je treba poročati o monitoringu stanja površinskih in podzemnih voda ter o izvajanju ostalih zahtev in omejitev, ki izhajajo iz te direktive (RS Ministrstvo za kmetijstvo in okolje 2013).

Nitratna direktiva je bila prenesena v slovenski pravni red z Zakonom o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 41/2004). Uredbo o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/2009) in Pravilnikom za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (Ur. l. RS, št. 130/2004). Poleg naštetih je nitratna direktiva posredno vnesena tudi v nekatere druge pravne akte, ki spremljajo in vrednotijo izvajanje nitratne direktive v praksi. Nitratna direktiva je posredno vnesena tudi v predpise s področja ekološke in integrirane pridelave, saj sta oba načina kmetovanja zasnovana tudi na načelih dobre prakse gnojenja.

##### **Nitratna direktiva**

Nitratna direktiva (Direktiva sveta 91/676/EEC) je bila v Evropski uniji sprejeta leta 1991 in se nanaša na varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati kmetijskega izvora (Council Directive, 91/676/EEC). Direktiva ima dva cilja: zmanjšati onesnaževanje voda, ki ga povzročajo nitrati iz kmetijskih virov, in preprečiti nadaljnje onesnaževanje take vrste. Od držav članic EU Nitratna direktiva zahteva, da evidentira vode, ki so že prizadete zaradi onesnaževanja, in vode, ki bi lahko postale onesnažene z nitrati. Direktiva zahteva, da se vpeljejo operativni programi in predpisani ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti z nitrati iz kmetijstva (Direktiva sveta, Ur. l. EU, št. 15/Zv. 2.).

Glede na skrb zbujajoče rezultate takratnega državnega monitoringa onesnaženosti voda z nitrati je Slovenija leta 2001 celotno ozemlje države razglasila za ranljivo območje, kar pomeni, da smo dolžni na celotnem območju Slovenije izvajati zahteve Nitratne direktive (Sušin 2008).

##### **Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla**

Uredba določa mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla pri vnašanju blata iz čistilnih naprav, komposta ali mulja iz rečnih strug in jezer ter mejne vrednosti vnosa nevarnih

snovi in gnojil v tla ali na tla pri namakanju rastlin in pri gnojenju, načine vnašanja, stopnje zmanjševanja vnosa ter druge ukrepe v zvezi z vnosom nevarnih snovi in gnojil v tla. Namen te uredbe je zmanjšati in preprečiti onesnaženje voda, ki ga povzročajo nitrati iz kmetijskih virov, in urediti uporabo blata iz čistilnih naprav, komposta ali mulja tako, da se preprečijo škodljivi učinki na tla, rastline, živali in ljudi ter tako spodbuditi pravilno uporabo teh (Ur. I. RS, št. 84/2005, 1. člen).

#### **Uredba o kakovosti podzemne vode**

Uredba o kakovosti podzemne vode določa parametre za ugotavljanje kemijskega stanja podzemnih voda, mejne vrednosti parametrov za podzemne vode dobrega kemijskega stanja in merila za ugotavljanje dolgoročnih trendov ter čezmerne onesnaženosti teles podzemnih voda (Ur. I. RS, št. 11/2002).

#### **Uredba o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov**

Uredba določa mejne vrednosti vnosa dušika iz kmetijskih virov v tla ali na tla in ukrepe za zmanjšanje in preprečevanje onesnaževanja voda, ki ga povzročajo nitrati iz kmetijskih virov (Ur. I. RS, št. 113/2009, 1. člen).

#### **Pravilnik za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju**

Ta pravilnik ureja pravila ravnanja za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju tal z gnojili, ki vsebujejo rastlinska hranila, tako da lahko rastline v največji meri izkoristijo hranila, se pri pridelavi čim bolj preprečijo izgube hranil in zmanjša vnos hranil v vode ter druga ravnanja v zvezi s tem. Z upoštevanjem teh pravil se zagotavljajo mejne vrednosti letnega vnosa rastlinskih hranil v tla v skladu z uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Ur. I. RS, št. 130/2004, 1. člen).

#### **Uredba o stanju podzemnih voda**

Uredba določa postopek za določanje vrednosti praga za kakovost podzemne vode, parametre kemijskega in količinskega stanja, standarde kakovosti podzemne vode, vrednosti praga za kakovost podzemne vode, pogoje za dobro količinsko in kemijsko stanje, merila za ugotavljanje in obračanje pomembnih in stalno naraščajočih trendov onesnaženja, merila za določitev obremenjenosti vodnega telesa podzemne vode, ko je treba začeti izvajati ukrepe zaradi nedoseganja ciljev, ki se nanašajo na podzemne vode, in dodatne zahteve za pripravo programa ukrepov za podzemne vode (Ur. I. RS, št. 25/2009, 1. člen).

#### **Pravilnik o monitoringu podzemnih voda**

Pravilnik določa način in obseg izvajanja monitoringa podzemnih voda, pogostost vzorčenja, analiz ali meritev ter pogoje za izvajalce monitoringa podzemnih voda (Ur. I. RS, št. 31/2009).

#### **Kazalci okolja**

pomenijo ključne smeri razvoja okoljskih in z okoljem povezanih pojavov ter ga na ARSO pripravljajo skladno s 106. členom Zakona o varstvu okolja (ARSO 2013).

Pomembni kazalci okolja s področja povezanega z diplomskim delom so iz tematskih skupin kmetijstva in vode:

- bilanca dušika v kmetijstvu,
- nitrati v podzemni vodi in kmetijstvu,
- poraba mineralnih gnojil,
- kakovost podzemne vode in
- nitrati v podzemni vodi.

## 2. MATERIALI IN METODE DE LA

### 2.1. TLA V POSKUSU

Tla v hmeljišču, kjer je potekal poskus, so obrečna rjava tla ali hipoglej, do 40 cm globine tekstura GI (glinasta ilovica) (IHPS 2012). Pred postavitvijo poskusa v letu 2010 je bil odvzet vzorec tal za osnovno analizo (preglednica 1). Tla so bila ekstremno preskrbljena s fosforjem in dobro preskrbljena s kalijem.

Preglednica 1: Osnovna analiza tal (po metodi AI) pred postavitvijo poskusa z gnojevko v poskusnem hmeljišču pomladi 2010

Globina (cm)	pH v KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g tal)	K <sub>2</sub> O (mg/100 g tal)
0–25	7,0	46,0	22,6

Vir: IHPS, 2012

### 2.2. PREDMET RAZISKAV

#### 2.2.1. HMELJ (SORTA AURORA)

Hmelj (*Humulus lupulus* L.) je uvrščen v družino konopljev (Cannabaceae) in red Urticales (koprivovke). Hmelj izhaja iz divje rastočih hmeljev Evrope in zahodne Azije, je zelnata trajnica in dvodomna rastlina. Moška in ženska rastlina se razlikujeta po zgradbi generativnih organov. Pridelek pri hmelju so storžki, ki so dozorelo žensko socvetje. V hmeljiščih gojijo ženske rastline, moške rastline se uničujejo zaradi nezaželenosti opraitve ženskih rastlin. Nasadi hmelja imajo življenjsko dobo okoli petnajst let, nekateri tudi več kot dvajset let. Rastlina hmelja je sestavljena iz podzemnih vegetativnih delov (korenika ali štor, glavna korenina, vlaknaste korenine in nadomestne korenine), nadzemnih vegetativnih delov (steblo, stranski poganjki in listi) in generativnih organov. Na koncu vsake rastne sezone nadzemni deli propadejo, podzemni deli hmelja pa prezimijo (Čeh idr. 2012).

Osnovne lastnosti, ki opredeljujejo sorto hmelja, so pridelovalne lastnosti, količina grenčice in kakovost arome. Sorta Aurora je vodilna sorta hmelja v Sloveniji, saj jo pridelujejo na več kot 60 % slovenskih hmeljišč. Odlikuje jo dobra prilagojenost, odpornost na bolezni in visoko kakovosten pridelek (Čeh idr. 2012).

#### 2.2.2. GNOJEVKA

Gnojevka je mešanica živalskih izločkov blata in seča. Poleg makrohranil vsebuje gnojevka tudi mikrohranila, vodo in organsko snov. Ob pravilni aplikaciji se dušik iz gnojevke izkoristi 60- do 70-odstotno (Čeh idr. 2012). V 1 m<sup>3</sup> gnojevke je približno 5 kg dušika. Gnojevka vsebuje okoli 50 % amonijskega dušika, preostali del je organsko vezan dušik in se z mineralizacijo organske snovi sprošča kasneje. Zaradi velikega deleža amonijskega dušika v gnojevki je treba rastline s tem gnojilom gnojiti takrat, ko rastlina dušik potrebuje, torej za dognojevanje. Hranila, ki se vnesejo v hmeljišče z gnojevko, je treba odšteti od skupne letne potrebe hmelja po hranilih in le razliko pognojiti z mineralnimi gnojili. Pomembno je, da se z

gnojvko ne gnoji, ko so tla suha ali zasičena z vodo in ne v sončnem ter vročem vremenu. V teh primerih pride namreč do prevelike izgube hranil, hkrati pa se onesnažuje okolje (Čeh 2010). Ker je lahko vsebnost hranil v gnojvki zelo različna (glede na čas v letu, krmljenje in vrsto živali ...) smo dali v analizo v laboratorij IHPS vzorec gnojvke, ki smo jo uporabili za drugo dognojevanje in vzorec gnojvke, ki smo jo uporabili za tretje dognojevanje hmelja. Vzorca so analizirali v laboratoriju IHPS in določili vrste parametrov po naslednjih metodah: vlaga in sušina (SIST-TS CEN ISO/TS 17892-1:2004 - Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 1. del: Ugotavljanje vlažnosti);  $\text{NH}_4\text{-N}$  v sveži gnojvki (M. L. Jakson; Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall, 1958); N – celokupni dušik (ISO 11261, Soil quality: Determination of total nitrogen; Modified Kjeldahl method); pH v sveži gnojvki, P – celokupni fosfor, K – celokupni kalij, Ca – celokupni kalcij, Mg – celokupni magnezij (Hodnik A., Univerza v Ljubljani, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologije, Kemične analize talnih vzorcev, rastlinskih vzorcev in odcednih vod, Ljubljana 1988) (IHPS 2013).

### 2.2.3. MINERALNO GNOJILO KAN

Kalcijev amonitrat ali KAN vsebuje 27 % dušika in je v granulirani obliki. KAN vsebuje amonij in nitrat. Ko se zrnca raztopijo, se amonij veže v tleh in je rastlinam dostopen šele z nitrifikacijo. Nitrati se v talni vlagi raztopijo hitro in so rastlinam takoj dostopni (Leskošek 1993). Za dognojevanje hmelja je mineralno gnojilo KAN zelo primerno, saj deluje hitro. Vsekakor je treba dognojevati ob pravem času in z ustrežno količino, saj je nitratni del zelo podvržen izpiranju, s tem pa so ogrožena tudi tla in posledično tudi podtalnica (Čerenak idr. 2002).

## 2.3. POSTAVITEV POSKUSA

Diplomsko delo je bilo zastavljeno v okviru poljskega poskusa na IHPS. Poskus so zastavili v letu 2010, v letih 2011 in 2012 pa so ga nadaljevali z istimi obravnavanji na istih parcelah. Namen poskusa je bil ugotoviti možnost uporabe gnojvke za a) tretje dognojevanje hmelja in hkratno defoliacijo spodnjega dela rastlin, b) uporabe gnojvke za drugo dognojevanje hmelja, c) uporabe gnojvke za drugo in tretje dognojevanje hmelja ter d) uporabe gnojvke kot gnojila za podsevke (v letu 2010 in 2011 so na IHPS po zadnjem osipanju v juliju posejali podsevek oljna redkev, tega ukrepa pa zaradi suše v letu 2012 niso izvedli, zato tudi po obiranju hmelja v tem letu nismo aplicirali gnojvke).

Poljski poskus je bil zaradi različne zgodovine njive (obdelave in uporabe) zastavljen na poskusnem posestvu IHPS kot bločni poljski poskus s petimi obravnavanji v treh ponovitvah. Na eni poljini (desno) in kot bločni poskus z dvema obravnavanjema (kontrola in obravnavanje 5) v treh ponovitvah na drugi poljini (slika 7). Rezultate smo zato primerjali med seboj ločeno na levi poljini (obravnavanji 1L in 5L) in na desni poljini (1, 2, 3, 4). Velikost osnovne parcele je bila  $235 \text{ m}^2$ , to je pet vrst hmelja na medvrstni razdalji 2,8 m (14 m) in okoli 16,8 m v dolžino.

Kot obravnavanja so vključena:

1 = kontrola (brez gnojvke, vsa tri dognojevanja s KAN-om v količini 50 + 70 + 50 kg/ha N, glede na vremenske razmere na okvirne termine 20. maj, 10. junij in 5. julij), defoliacija klasična;

- 2 = prvo in drugo dognojevanje kot pri kontroli; tretje dognojevanje z gnojevko v količini 26 m<sup>3</sup>/ha, obenem defoliacija spodnjega dela rastlin, hmelj osipamo po aplikaciji gnojevke;
- 3 = prvo in tretje dognojevanje kot pri kontroli, drugo dognojevanje z gnojevko v odmerku 26 m<sup>3</sup>/ha, gnojevko takoj zakultiviramo v tla, defoliacija klasična;
- 4 = prvo dognojevanje kot pri kontroli, drugo in tretje dognojevanje z gnojevko (26 m<sup>3</sup>/ha); po drugem dognojevanju gnojevko zakultiviramo v tla, pri tretjem dognojevanju obenem z aplikacijo defoliacija, potem hmelj osipamo;
- 5 = dognojevanje kot pri kontroli (s KAN-om), v letih 2010 in 2011 aplikacija gnojevke po obiranju hmelja v odmerku 26 m<sup>3</sup>/ha (za podsevek), v letu 2012 zaradi sušnih razmer setve podsevka nismo izvedli.

1L	2
	1
5L	4
	3
5L	2
	1
1L	4
	3
1L	4
	3
5L	2
	1

Slika 7: Skica postavitve poskusa po obravnavanjih  
Vir: IHPS, 2012

Drugo dognojevanje hmelja smo z gnojevko v letu 2012 izvedli 14. junija, in sicer smo parcele pod ustreznimi obravnavanji (parcele obravnavanj 3 in 4) pognojili z gnojevko v količini 26 m<sup>3</sup>/ha s pomočjo traktorja. Tretje dognojevanje hmelja z gnojevko smo na enak način opravili 3. julija. Takrat smo prav tako z gnojevko v količini 26 m<sup>3</sup>/ha pognojili parcele obravnavanj 2 in 4 (slika 8).



Slika 8: Tretje dognojevanje z gnojevko v poskusu (3. julij 2012)  
Vir: Avtor, 2012

Z mineralnim gnojilom KAN smo v poskusu 15. maja strojno pognojili vsa obravnavanja, in sicer v količini 50 kg/ha dušika (prvo dognojevanje hmelja). Drugo dognojevanje z gnojilom KAN smo izvedli 11. junija (drugo dognojevanje hmelja). Glede na plan poskusa smo ročno pognojili parcele obravnavanj 1, 2 in 5 v predvidenem odmerku dušika 70 kg/ha, s tem da smo si pred tem izračunali in natehtali potrebno količino gnojila glede na potreben hektarski odmerek in površino posamezne parcele. Pri tretjem dognojevanju smo ročno pognojili 2. julija z gnojilom KAN, parcele obravnavanj 1, 3 in 5 (slika 9). Predviden odmerek dušika je bil 50 kg/ha.



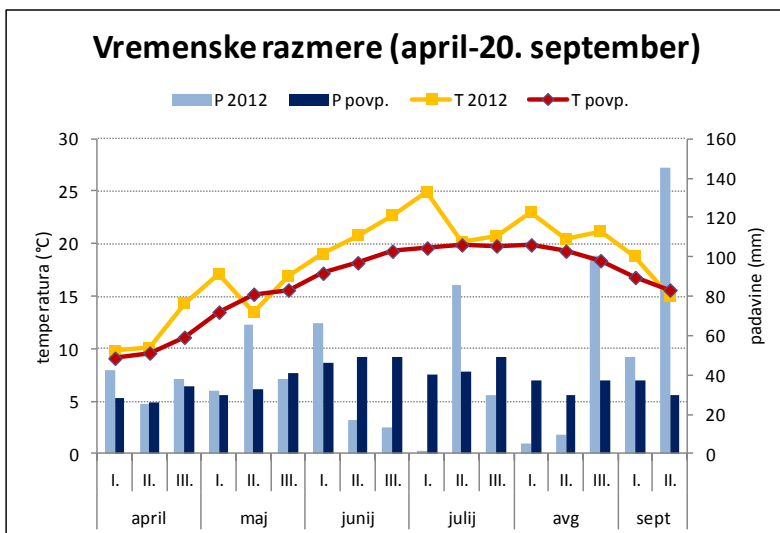
Slika 9: Prikaz uporabljenega gnojila KAN in posode za izvajanje dognojevanja v poskusu (2. julija 2012)

Vir: Avtor, 2012

## 2.4. VREMENSKE RAZMERE V LETU 2012

V aprilu, maju in juniju 2012 je bila povprečna dnevna temperatura zraka višja od vrednosti dolgoletnega povprečja do 2,2 °C. Najtoplejši sta bili zadnja dekada aprila in prva dekada maja, ko so v Žalcu povprečne dnevne temperature odstopale od dolgoletnega povprečja za 3,2 °C in 3,5 °C. Zelo topla je bila tudi druga polovica druge dekade junija, ko so maksimalne dnevne temperature presegle 30 °C (slika 10). Od aprila do junija je padlo 338 mm dežja. Pomanjkanje padavin se je začelo v zadnji dekadi junija in se je nadaljevalo tudi v juliju in avgustu. V Žalcu so od 15. junija do 12. julija zaznali le 13 mm dežja. V tem obdobju so imeli tudi nadpovprečno visoke temperature. Avgust je bil suh in vroč, vročina pa se je nadaljevala tudi v prvi dekadi meseca septembra. V zadnji dekadi avgusta je v Žalcu padlo 100,8 mm padavin. V vseh treh mesecih je bila povprečna dnevna temperatura zraka višja od vrednosti dolgoletnega povprečja; julija za 2,1 °C, avgusta za 2,6 °C in do 20. septembra za 1,4 °C (slika 10) (IHPS 2012).

Zaradi občutnega pomanjkanja padavin smo hmeljišče v času od 2. julija 2012 do 10. julija 2012 vsak drugi dan kapljično namakali v količini 10,6 L/1 m/4 ure.



Slika 10: Količina padavin in povprečne dekadne temperature v rastni sezoni hmelja 2012 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem – merilna postaja IHPS Žalec  
Vir: IHPS, 2012

## 2.5. VZORČENJE TAL

Do obiranja hmelja (21. 8. 2012) smo tla vzorčili po posameznih parcelah 28. aprila, 7. junija, 27. junija in 6. avgusta ter po obiranju hmelja še 29. avgusta in 26. novembra.

Za vzorčenje tal v hmeljišču za analizo na N<sub>min</sub> (mineralni dušik) smo potrebovali sondo z zarezo 60 cm, kladivo, dve vedri, hladilno torbo in vrečke za vzorce tal (slika 11). Vzorčili smo do globine 60 cm. Na vsaki parceli smo vzeli po 20 podvzorcev (cikcak po parceli, v vrstah hmelja in v medvrstnem prostoru). Izvlečen podvzorec zemlje smo razdelili na dva dela: podvzorec iz globine 0 do 30 cm in drugega iz globine 30 do 60 cm. V eno vedro smo zbirali podvzorke do globine 0 do 30 cm, v drugega podvzorke z globine 30 do 60 cm (slika 12). Po nabranih dvajsetih podvzorcih smo le-te stresli v vrečko, na katero smo napisali oznako parcele, datum jemanja vzorca in globino jemanja vzorca (slika 13). Vrečko z vzorci smo takoj shranili v hladilno torbo. Po končanem vzorčenju smo vzorce zemlje takoj prenesli v hladilnik.





Slika 11: Sonda, kladivo, vedri – pripomočki za vzorčenje tal za analizo Nmin  
Vir: Avtor, 2012



Slika 12: Ločevanje vzorcev po globini pri jemanju talnih vzorcev za analizo Nmin  
Vir: Avtor, 2012





Slika 13: Vrečke z vzorci pri jemanju talnih vzorcev za analizo Nmin  
Vir: Avtor, 2012

## 2.6. ANALIZA VZORCEV TAL NA Nmin

Vzorci tal so lahko v hladilniku največ eno noč, najbolje pa je, da se analizirajo takoj. V našem poskusu smo jih analizirali naslednji dan, in sicer po metodi Nmin za vsako globino in vsako parcelo posebej (posebej na vzorcih iz globine od 0 do 30 cm in posebej na vzorcih tal iz globine 30 do 60 cm). Le pri prvem vzorčenju smo analizirali vzorce iz celotne globine vzorčenja (0 do 60 cm).

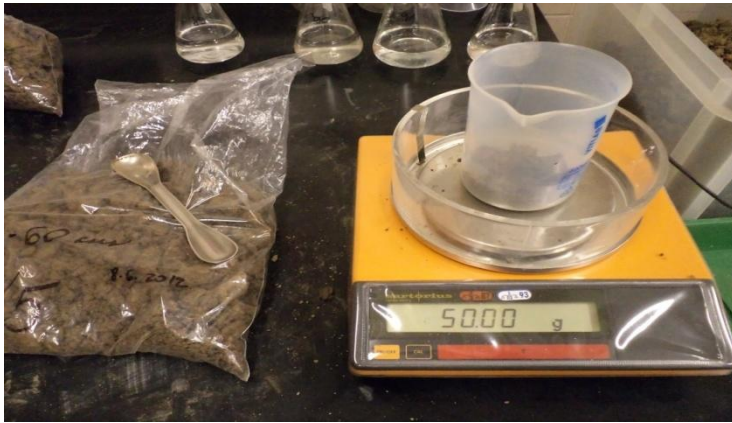
Metoda Nmin temelji na izmenjavi mineralnih oblik dušika iz sorptivnega dela tal ter talne raztopine v ekstrakcijsko raztopino, v kateri s pomočjo priročnega terenskega aparata RQ-fleks izmerimo vsebnost Nmin (mineralni dušik). Kot ekstrakcijsko raztopino uporabljamo kalcijev klorid dihidrat ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (Sušin idr. 2000).

Za analizo potrebujemo (Sušin idr. 2000):

1. MATERIAL IN REAGENTI: čaša, steklena palčka za mešanje, lij, merilni valj (200 ml), filter papir (modri trak), 100 ml plastenke, žlica, tehtnica, testni lističi za merjenje nitrata, testni lističi za merjenje amonija, aparat RQ-flex;
2. REAGENTI: destilirana voda, kalcijev klorid dihidrat ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### PRIPRAVA VZORCA IN MERITEV NITRATNEGA IN AMONIJEVEGA IONA:

v čašo zatehtamo 50 g vzorca (slika 14). Zatehtamo 1.47 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  in ga s puhalko speremo v bučko z liter destilirane vode. Raztopino dobro premešamo in prelijemo 200 ml na vsak 50 g zatehtan vzorec zemlje. Vzorce nato premešamo s stekleno palčko. Vsakih pet minut vzorce ponovno premešamo in po 30 minutah izvedemo filtracijo (slika 15). Ekstrat filtriramo prek filtra in prve kapljice zavržemo.



Slika 14: Tehtanje vzorca pri določanju vsebnosti dušika po metodi Nmin  
Vir: Avtor, 2012



Slika 15: Filtracija vzorca pri določanju vsebnosti dušika po metodi Nmin  
Vir: Avtor, 2012

Ko je filtracija zaključena, najprej izmerimo vsebnost nitratnih ionov ( $\text{NO}_3^-$ ): v aparat vstavimo kodo, ki je priložena, in pritisnemo start. V okencu aparata se pojavi napis 60 sekund. Testni listič nato pomočimo za 2 sekundi v filtrat ter ga dobro otresemo. Na aparatu še enkrat pritisnemo tipko start, s čimer se začne odštevanje sekund. Po 54 sekundah listič vstavimo v merilni del aparata, kjer se po 60 sekundah pojavi rezultat v  $\text{mg NO}_3^-/\text{L}$  (slika 16). Rezultat zapišemo v zvezek.



Slika 16: Merjenje koncentracije  $\text{NO}_3^-$  ionov po metodi Nmin  
Vir: Avtor, 2012

Po meritvah nitratnega iona izmerimo še vsebnost amonijevih ionov ( $\text{NH}_4^+$ ):  
v aparat vstavimo kodo in pritisnemo tipko start. V okencu aparata se pojavi napis 480 sekund. Testno posodico speremo z vzorcem, nato jo do oznake 5 ml napolnimo z vzorcem. Dodamo 10 kapljic reagenta  $\text{NH}_4$ -1 in pomešamo, nato dodamo še 1 zvrhano žličko reagenta  $\text{NH}_4$ -2 ter zopet pomešamo. Testni listič vstavimo v raztopino za 8 minut in na aparatu pritisnemo tipko start (začne se odštevanje sekund) (slika 17). Po 470 sekundah listič vzamemo iz raztopine, ga otresemo in vstavimo v merilni del aparata. Po 480 sekundah se na zaslonu pokaže rezultat v mg  $\text{NH}_4^+$ /L. Rezultat zapišemo.



Slika 17: Merjenje koncentracije  $\text{NH}_4^+$  ionov po metodi Nmin  
Vir: Avtor, 2012

## 2.7. OBDELAVA PODATKOV

Rezultati, ki smo jih dobili pri meritvah nitratnih in amonijevih ionov, so izraženi v mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L in mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, nas pa je zanimal podatek, kakšna je vsebnost dušika v tleh v kg/ha. Rezultate meritev smo zato vpisali v program Excel in s pomočjo formule za preračun rezultata merjenja nitratnih ionov:

$$\text{NO}_3\text{-N} = \text{NO}_3^- * f_{\text{raz}} * 14/62 * F * G * 1000/\text{SS} * C$$

ter formule za preračun rezultata merjenja amonijevih ionov:

$$\text{NH}_4\text{-N} = \text{NH}_4^+ * f_{\text{raz}} * 14/18 * F * G * 1000/\text{SS} * C$$

naredili preračun.

Posamezne oznake v formuli pomenijo naslednje (Sušin idr. 2000):

NO<sub>3</sub>-N vsebnost nitratnega dušika v vzorcu tal (kg N/ha suhe snovi).

NH<sub>4</sub>-N vsebnost amonijskega dušika v vzorcu tal (kg N/ha suhe snovi).

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> meritev na RQ-flexu (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l).

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> meritev na RQ-flexu (mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l).

f<sub>raz</sub> razmerje med maso vzorca ter volumnom ekstrakcijske raztopine.

14/62 faktor preračuna nitratnega iona v nitratni dušik (razmerje med atomsko maso dušika in molekulsko maso NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

14/18 faktor preračuna amonijskega iona v amonijski dušik (razmerje med atomsko maso dušika in molekulsko maso NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

F gostota neporušenega vzorca tal (g/cm<sup>3</sup>).

G globina, iz katere je bil odvzet vzorec: za vsakih 10 cm je G=1.

SS vsebnost suhe snovi v vzorcu tal. Faktor preračuna vsebnosti nitratnega in amonijskega dušika iz svežega vzorca na suho snov.

C faktor, ki upošteva delež skeleta v tleh. Skelet so vsi delci v tleh, ki so večji od 2 mm.

Vsebnost N<sub>min</sub> v tleh smo dobili s seštevkom nitratnega in amonijskega dušika (N<sub>min</sub> (kg N/ha ss) = NO<sub>3</sub>-N (kg N/ha SS) + NH<sub>4</sub>-N (kg N/ha SS)). Podatke smo zapisali posebej po globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) in za celotno globino 0 do 60 cm skupaj, za vsako obravnavanje in vsako vzorčenje.

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili program SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Tabelo z rezultati, izdelano v programu Excel, smo morali najprej preurediti, da je ustrezala temu statističnemu programu. Ko smo tabelo vnesli v statistični program SPSS, smo najprej uredili spremenljivke, in sicer smo določili, ali so numerične ali ordinalne, koliko decimalnih številik imajo ter vpisali naše oznake oziroma njihov pomen. Glede na temo diplomskega dela in postavljenih hipotez smo izbrali analizo razlik variance (one-way ANOVA), ki je pokazala, ali obstajajo med našimi obravnavanji statistično značilne razlike v količini rastlinam dostopnih oblik dušika. V primeru statistično značilnih razlik smo opravili še test Homogeneous Subsets (test Homogenosti), s katerim smo ugotovili, med katerimi obravnavanji je prišlo do statistično značilnih razlik.

### 3. REZULTATI Z DISKUSIJO

#### 3.1. VSEBNOST HRANIL V GNOJEVKI

Goveja gnojevka za drugo dognojevanje je vsebovala 12,3 % suhe snovi (preglednica 2). V 1 toni je vsebovala 4,7 kg N, 0,7 kg P (1,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in 3,5 kg K (4,2 kg K<sub>2</sub>O). S 26 m<sup>3</sup>/ha smo pri drugem dognojevanju aplicirali okoli 122 kg/ha N, 18,2 kg/ha P (42 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in 91 kg/ha K (110 kg/ha K<sub>2</sub>O), kar je nekoliko drugačna sestava, kot je predvidena v literaturi (vsebnost dušika je približno enaka, vsebnost fosfata nekaj nižja, zlasti vsebnost kalija pa je manjša od pričakovane). Po podatkih dr. Leskovška (Leskošek 1993, str. 56) 1 m<sup>3</sup> goveje gnojevke vsebuje približno 5 kg N, 2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 7 kg K<sub>2</sub>O. Z drugim dognojevanjem smo s količino 26 m<sup>3</sup>/ha vnesli na njivo 122 kg/ha dušika, od tega ga je bilo rastlinam dostopnega 28 % (amonijska oblika), torej 35 kg/ha. To je bilo 35 kg/ha rastlinam dostopnega dušika manj kot pri obravnavanju 1 (kontroli s KAN-om).

Gnojevka za tretje dognojevanje je vsebovala 8,6 % suhe snovi (preglednica 2). V 1 toni je vsebovala 4,2 kg N, 0,8 kg P (1,8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in 4,4 kg K (5,3 kg K<sub>2</sub>O). S 26 m<sup>3</sup>/ha smo tako pri tretjem dognojevanju aplicirali okoli 109 kg/ha N, 47 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 138 kg/ha K<sub>2</sub>O. S 26 m<sup>3</sup>/ha gnojevke smo pri tretjem dognojevanju vnesli na njivo 109 kg/ha dušika, od tega je bilo rastlinam dostopnega 31 % (amonijska oblika), torej 33 kg/ha NH<sub>4</sub>-N. To je 17 kg/ha rastlinam dostopnega dušika manj kot pri obravnavanju 1 (kontroli s KAN-om).

Preglednica 2: Sestava goveje gnojevke za drugo in tretje dognojevanje v letu 2012

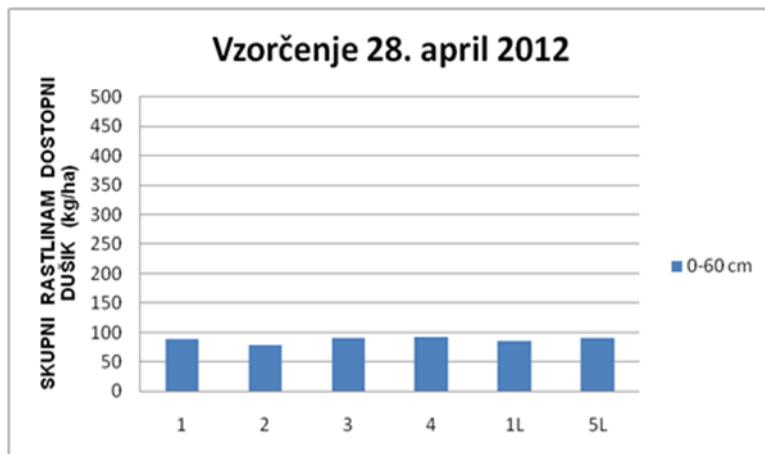
VRSTA PARAMETROV GNOJEVKE ZA DOLOČANJE	ENOTA	ČAS DOGNOJEVANJA			
		DRUGO DOGNOJEVANJE		TRETJE DOGNOJEVANJE	
		V suhem vzorcju	V svežem vzorcju	V suhem vzorcju	V svežem vzorcju
Vlaga	%	-	87,7	-	91,5
pH v sveži gnojevki	-	-	6,5	-	6,8
NH <sub>4</sub> -N v sveži gnojevki	mg/kg	-	1344,5	-	1288
P – celokupni fosfor	%	0,55	0,07	0,65	0,08
K – celokupni kalij	%	2,85	0,35	3,54	0,44
Ca – celokupni kalcij	%	1,17	0,14	1,54	0,19
Mg – celokupni magnezij	%	0,56	0,07	0,73	0,09
N – celokupni dušik	%	2,75	0,34	2,32	0,29
Sušina	g/kg	-	122,9	-	85,5

Vir: IHPS, 2012

### 3.2. Nmin V TLEH

Rezultati analize tal na Nmin (amonijska in nitratna oblika dušika) so predstavljeni v preglednici 3 in na grafih 1 do 6.

Spomladi (28. aprila 2012) med obravnavanji ni bilo statistično značilnih razlik v vsebnosti nitratnega in amonijskega dušika v tleh na globini 0 do 60 cm (preglednica 3, graf 1), kar je najbrž posledica tega, da se je že od jeseni leta 2011 stopnjevalo pomanjkanje padavin, ki se je pozimi in spomladi le še nadaljevalo. Po podatkih z merilne postaje v Žalcu (IHPS) je od januarja do maja padlo kar za 154 mm manj padavin v primerjavi s 40-letnim povprečjem (IHPS 2013). Zaradi pomanjkanja vlage v tleh se hranila najbrž niso mogla sproščati iz morebitno večje zaloge organske snovi v večji meri pri obravnavanjih, kjer je bila v prejšnjih letih aplicirana gnojevka. Sicer je bilo v tem času v tleh 78 do 92 kg/ha rastlinam dostopnega dušika (amonijska in nitratna oblika), kar je za ta letni čas relativno veliko. Predvidoma zaradi suše je to hranilo ostalo nakopičeno v tleh.

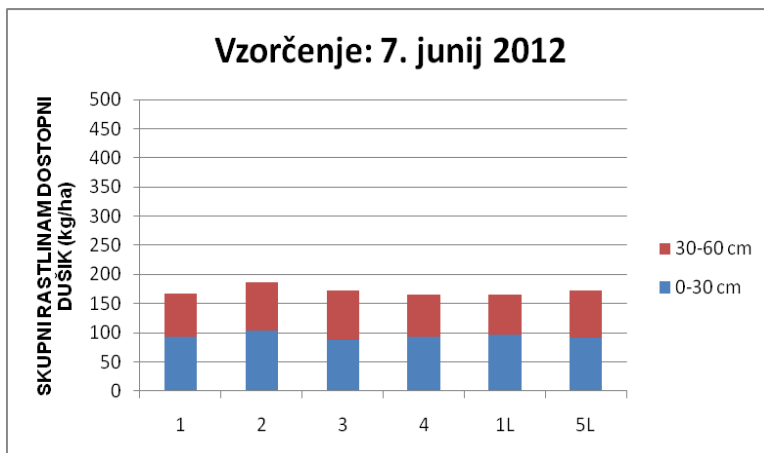


Graf 1: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 28. aprila 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

Naslednje vzorčenje tal smo izvedli 7. junija 2012, pred drugim dognojevanjem hmelja. Razlike med obravnavanji so se sicer nakazovale (preglednica 3, graf 2), vendar v vsebnosti nitratnega in amonijskega dušika nismo mogli dokazati statistično značilnih razlik. Tudi skupni rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$  na obeh globinah skupaj /0–60 cm/) se ni značilno razlikoval med obravnavanji. Če bi se nakazale razlike, bi bilo to posledica različnega načina dognojevanja v preteklih letih, saj smo v tem letu do tega vzorčenja izvedli le prvo dognojevanje hmelja, ki pa se je izvajalo pri vseh obravnavanjih enako. Največ rastlinam dostopnega dušika se je sicer nakazalo pri obravnavanju 2 (prvo in drugo dognojevanje s KAN-om, tretje dognojevanje z gnojevko) na globini 0 do 30 cm, torej se ga je najbrž nekaj več sprostil iz organske snovi iz gnojevke, uporabljene v prejšnjih letih za tretje dognojevanje. V tleh so bile za ta čas relativno visoke količine Nmin (165 do 187 kg/ha Nmin na globini 0 do 60 cm). V maju je sicer padlo približno toliko padavin kot v dolgoletnem povprečju, kar pa pomanjkanja v prejšnjih mesecih ni moglo pokriti. Padavin je bilo največ v drugi dekadi meseca maja, in sicer 65,2 mm, kar je 32,2 mm več od 40-letnega povprečja.



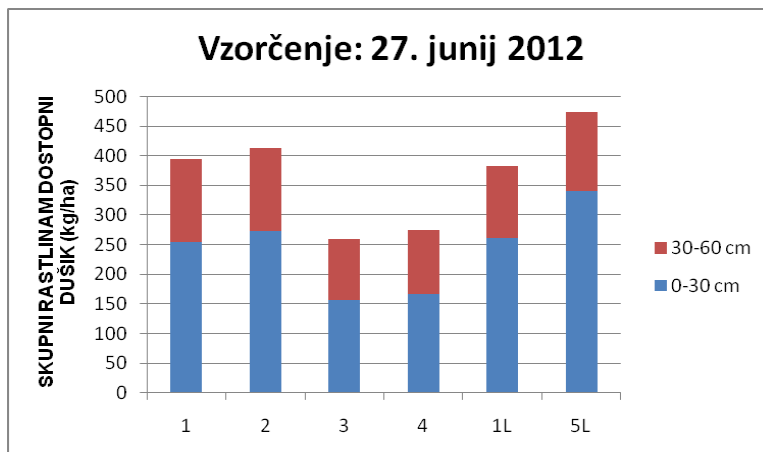
Skupaj je v maju padlo 135 mm padavin, to je 32 mm več v primerjavi s 40-letnim povprečjem (IHPS 2013).



Graf 2: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 7. junija 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

Statistično značilne razlike so bile pri vzorčenju tal pred tretjim dognojevanjem (27. junij 2012) (preglednica 3, graf 3). Povečala se je tako količina rastlinam dostopnega dušika po obravnavanjih kakor tudi na obeh globinah. Bistvene razlike so se pokazale pri  $\text{NO}_3\text{-N}$  na obeh globinah. Pri obravnavanjih 3 in 4 (drugo dognojevanje z gnojevko) je bilo v tleh manj rastlinam dostopnega dušika kakor pri obravnavanjih 1 in 2 (drugo dognojevanje s KAN-om). Razlike so verjetno a) posledica sušnih razmer v mesecu juniju. Največ padavin je padlo v prvi dekadi junija, in sicer 66,4 mm, v drugi in tretji dekadi je bilo padavin v povprečju samo 15 mm. Skupno je v juniju zapadlo 97 mm padavin, kar 45 mm manj od 40-letnega povprečja (IHPS 2013). Pri drugem dognojevanju smo obravnavanji 3 in 4 hmelj z gnojevko tudi zalili, zato je hmelj predvidoma lažje absorbiral dušik iz tal, in ga je bilo konec junija v tleh zato manj, KAN pa se je zaradi sušnega obdobja v tleh samo kopičil; b) Drugo dejstvo pa je, da je gnojevka za drugo dognojevanje vsebovala 35 kg/ha rastlinam dostopnega dušika manj, kot smo ga aplicirali s KAN-om pri obravnavanjih 1 in 2 (70 kg/ha).

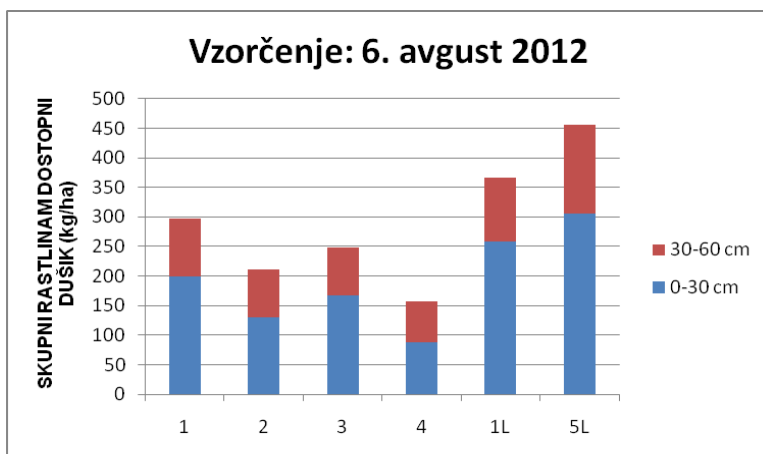
Statistično značilne razlike so se v tem času nakazale tudi na obeh globinah v količini  $\text{NO}_3\text{-N}$  pri obravnavanjih 1L in 5L (pri obeh obravnavanjih vsa tri dognojevanja kot pri kontroli s KAN-om, le da so pri 5L v prejšnjih letih po obiranju hmelja aplicirali gnojevko za podsevek, ki pa ga zaradi sušnih razmer v letu 2012 nismo niti posejali, zato tudi gnojevke po obiranju hmelja nismo aplicirali). Največ rastlinam dostopnega dušika smo ugotovili pri obravnavanju 5L na globini 0 do 30 cm, in sicer 333 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Gnojevka vsebuje namreč tudi organsko snov s hranili, ki se sproščajo iz nje postopoma, torej se je očitno v tem času pri obravnavanju 5L sprostil več rastlinam dostopnega dušika iz organske snovi. Če se iz organske snovi dušik sprošča med vegetacijsko dobo, je to običajno pozitivno, saj ga lahko absorbirajo rastline, če pa se sprošča zunaj vegetacijskega obdobja, pa lahko pomeni izgubo iz sistema tla – rastlina, kar pomeni obremenjevanje okolja.



Graf 3: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 27. junija 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

Statistična analiza je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike tudi med obravnavanji v količini  $\text{NO}_3\text{-N}$  na obeh globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) pri vzorčenju, ki smo ga izvedli sredi poletja (6. avgust 2012). Statistično značilnih razlik med obravnavanji v količini  $\text{NH}_4\text{-N}$  na obeh globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) pa ni bilo (preglednica 3, graf 4). Najmanj  $\text{NO}_3\text{-N}$  smo ugotovili pri obravnavanju 4 (prvo dognojevanje s KAN-om, drugo in tretje dognojevanje z gnojevko). V globini 0 do 30 cm je bilo 81 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$ , na globini 30 do 60 cm 60 kg/ha  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Sušno in vroče poletje se je nadaljevalo in predvidevamo lahko, da je gnojevka pri obravnavanju 4 omogočila hmelju boljše absorpcijo dušika iz tal (po podatkih IHPS je to obravnavanje doseglo tudi večji pridelek kot kontrola – obravnavanje 1). Največ  $\text{NO}_3\text{-N}$  je bilo pri obravnavanju 1 (kontrola – vsa tri dognojevanja s KAN-om) na globini 0 do 30 cm, in sicer 193 kg/ha, kjer se je gnojilo KAN očitno bolj kot ne le kopicilo. Po podatkih IHPS je bilo predvidoma zato tudi nekaj manj pridelka pri obravnavanju 1, in sicer 909 kg/suhe snovi na hektar, kot pri obravnavanju 4 (970 kg/ha) po B. Čeh (osebni stik, 8. april 2013). Na levi poljini se je več skupno rastlinam dostopnega dušika v tleh nakazalo pri obravnavanju 5L, kjer se je organsko vezan dušik očitno sproščal še iz organske snovi, aplicirane z gnojevko, po obiranju hmelja v letih 2010 in 2011, kot pri obravnavanju 1L (kontrola – vsa tri dognojevanja s KAN-om). V času od 2. julija do 10. julija se je vsak drugi dan hmeljišče sicer namakalo, vendar je bila količina vode takšna, da je nadomestila en deževen dan, kar na dogajanje v tleh ni bistveno vplivalo.

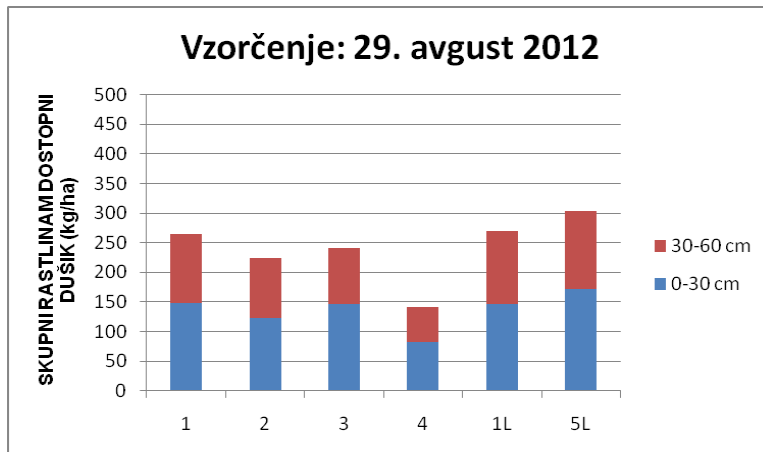




Graf 4: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 6. avgusta 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

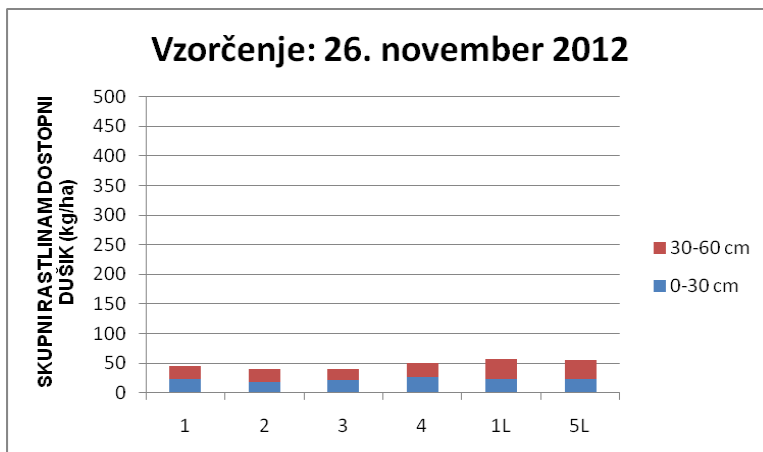
V primerjavi z vzorčenjem tal 6. avgusta 2012 se je do 29. avgusta povečala vsebnost  $\text{NO}_3\text{-N}$  na globini 30 do 60 cm v povprečju za 10 kg/ha. Vzrok za povečanje vsebnosti  $\text{NO}_3\text{-N}$  na globini 30 do 60 cm so bile predvidoma padavine, saj je po zelo sušnem obdobju v zadnji dekadi avgusta padlo 100,8 mm padavin in se je dušik spral globlje. Najmanj rastlinam dostopnega  $\text{NO}_3\text{-N}$  je bilo v tem času še vedno zaznati pri obravnavanju 4 (prvo dognojevanje s KAN-om, drugo in tretje dognojevanje z gnojevko) na obeh globinah.

Po obiranju hmelja (29. avgusta 2012) statistično značilnih razlik v količini  $\text{NH}_4\text{-N}$  na obeh globinah (0 do 30 cm in 30 do 60 cm) ni bilo. Prav tako ni bilo statistično značilnih razlik med obravnavanjema 1 (kontrola – vsa tri dognojevanja s KAN-om) in 3 (prvo in tretje dognojevanje s KAN-om, drugo dognojevanje z gnojevko) v količini  $\text{NO}_3\text{-N}$  na globini 0 do 30 cm (preglednica 3, graf 5). Statistične razlike so se pokazale med obravnavanjema 1L in 5L, kjer smo vsa tri dognojevanja opravili s KANom. Skupnega rastlinam dostopnega dušika je bilo pri obravnavanju 5L za 34 kg/ha več kakor pri obravnavanju 1L, kar je najbrž posledica zgodovine aplikacije gnojevke na parcelah 5L iz prejšnjih dveh let. Kljub predvidevanju, da bo po obiranju hmelja večja vsebnost rastlinam dostopnega dušika pri obravnavanjih, kjer smo gnojevko uporabljali za tretje dognojevanje (obravnavanje 2 in 4) kot pri ostalih obravnavanjih, se to ni izkazalo za točno. Iz rezultatov smo lahko ugotovili, da je večja vsebnost rastlinam dostopnega  $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$  pri obravnavanju 1 (kontrola – vsa tri dognojevanja s KAN-om) na obeh globinah. Pri obravnavanjih, kjer smo gnojevko uporabljali za tretje dognojevanje (2 in 4), je bilo celo najmanj rastlinam dostopnega dušika. Razlog je najverjetneje v sušnih razmerah v letu 2012, saj smo pri dognojevanju z gnojevko hmelj tudi sicer malo a vendarle zalili, zato je hmelj dušik iz gnojevke lažje absorbiral kot dušik iz granuliranega gnojila KAN in zato ga je bilo kasneje v tleh manj, poleg tega smo z gnojevko aplicirali manj dušika kot s KAN-om. Drugo hipotezo moramo torej na podlagi teh rezultatov zavrniti.



Graf 5: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 29. avgusta 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

Zadnje vzorčenje tal smo izvedli pred zimo (26. november 2012). Med obravnavanji na obeh globinah v količini  $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$  nismo ugotovili statistično značilnih razlik (preglednica 3, graf 6). Vsebnosti rastlinam dostopnega  $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$  so se na obeh globinah pri vseh obravnavanjih zelo zmanjšale v primerjavi z meritvijo 29. avgusta. Če primerjamo skupni rastlinam dostopni dušik po obravnavanjih 29. avgusta 2012 in skupni rastlinam dostopni dušik po obravnavanjih pred zimo, lahko iz rezultatov ugotovimo, da se je ta zmanjšal za povprečno kar 200 kg/ha. Vzrok pripisujemo dejstvu, da je bil september deževen, saj je padlo kar 203 mm padavin, to je kar 99 mm več kot v 40-letnem povprečju (IHPS 2013). To najbrž pomeni, da je dušik spralo v globlje plasti tal in posledično tudi v podtalnico in je bil tudi za hmelj v prihodnji sezoni izgubljen. Iz rezultatov lahko ugotovimo, da je ostalo pred zimo v tleh največ skupnega rastlinam dostopnega dušika pri obravnavanjih 1L in 5L, in sicer pri obravnavanju 1L 57 kg/ha, pri obravnavanju 5L pa 55 kg/ha. Predlog priporočene mejne vrednosti  $\text{NO}_3\text{-N}$  v tleh pred zimo je 50 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha (Mihelič idr. 2010), kar v našem primeru pomeni, da vrednosti  $\text{NO}_3\text{-N}$  v tleh niso bile presežene. Predvidevali smo, da bo v tleh pri obravnavanjih, kjer je vključeno dognojevanje z gnojevko za tretje dognojevanje, pred zimo več rastlinam dostopnega dušika kot pri preostalih obravnavanjih. Na podlagi statističnih rezultatov ni zaznani značilnih razlik v rastlinam dostopnih oblikah dušika med obravnavanji, kjer je vključeno dognojevanje z gnojevko za tretje dognojevanje in med preostalimi obravnavanji. Ker smo v tretji hipotezi predvidevali, da bo v tleh pri obravnavanjih, kjer je vključeno dognojevanje z gnojevko za tretje dognojevanje, več rastlinam dostopnega dušika kot pri preostalih obravnavanjih, lahko hipotezo z veliko verjetnostjo ovržemo. Razlog je predvidoma v veliki jesenski količini padavin, ki je močno vplivala na dogajanje v tleh po sušnih mesecih.



Graf 6: Rastlinam dostopni dušik ( $\text{NO}_3\text{-N}$  in  $\text{NH}_4\text{-N}$ ; v kg/ha) v tleh glede na globino vzorčenja 26. novembra 2012 v poskusu glede na obravnavanje  
Vir: Avtor, 2013

Da bo v tleh pri obravnavanjih z gnojevko večja vsebnost amonijske oblike dušika kot pri obravnavanjih, kjer gnojevke ne uporabljamo, se je nakazalo le pred tretjim dognojevanjem, in sicer na globini 30 do 60 cm. Pri vseh ostalih vzorčenjih se vsebnosti amonijske oblike dušika med obravnavanji statistično niso razlikovale, zato prve hipoteze ne moremo potrditi. Gnojevka vsebuje okoli 50 % amonijske oblike dušika, preostali del je organsko vezan dušik in se sprošča kasneje. Amonijska oblika dušika se takoj po dognojevanju veže na talne delce, vendar je pod različnimi pogoji hitro izpostavljena nitrifikaciji. Predvidevamo lahko, da se je amonijska oblika dušika, aplicirana z dognojevanjem hmelja z gnojevko, v toplih dneh in zaradi z gnojevko dodane vode hitro nitrificirala v nitratno obliko dušika, ki jo je hmelj zaradi prisotnosti (sicer manjše) količine vode lahko absorbiral iz tal. Posledično večje vsebnosti amonijske oblike dušika v primerjavi z obravnavanji, kjer gnojevke nismo uporabljali, ni bilo.

Na podlagi rezultatov lahko četrto hipotezo, če bo poletje sušno, bo v tleh obravnavanj z gnojevko manj rastlinam dostopnega dušika, potrdimo.

Preglednica 3: Rezultati analize tal na rastlinam dostopni dušik (Nmin: NO<sub>3</sub>-N in NH<sub>4</sub>-N) glede na globino vzorčenja (0 do 30 cm, 30 do 60 cm), datum vzorčenja in obravnavanje (1, 2, 3, 4, 1L, 5L) v letu 2012

Datum vzorčenja	Obravn.	NO <sub>3</sub> -N (kg/ha)		NH <sub>4</sub> -N (kg/ha)		Skupni rastlinam dostopni N (kg/ha)
		0–60 cm		0–60 cm		0–60 cm
28. aprila 2012	1	73a*		15a		88a
	2	66a		12a		78a
	3	73a		19a		91a
	4	73a		20a		92a
	1L	73a		12a		85a
	5L	76a		15a		91a
		0–30 cm	30–60 cm	0–30 cm	30–60 cm	
Pred drugim dognojevanjem 7. junija 2012	1	85a	66a	8a	8a	167a
	2	96a	74a	7a	10a	187a
	3	79a	74a	9a	10a	172a
	4	87a	63a	6a	9a	165a
	1L	90a	62a	6a	8a	166a
	5L	85a	74a	6a	8a	173a
Pred tretjim dognojevanjem 27. junija 2012	1	243b	125b	12ab	15c	395b
	2	262b	122b	11ab	18c	413b
	3	137a	87a	20bc	16c	260a
	4	153a	93a	14b	14bc	274a
	1L	250b	111ab	11ab	10ab	382b
	5L	333c	125b	8a	8a	474c
6. avgusta 2012	1	193cd	90b	6a	8a	297cd
	2	122ab	73ab	8a	8a	211ab
	3	161bc	73ab	6a	8a	248bc
	4	81a	60a	7a	9a	157a
	1L	253de	98b	6a	9a	366d
	5L	300e	141c	6a	8a	455e
Po obiranju 29. avgusta 2012	1	139bc	104bc	10a	11a	264b
	2	115b	92bc	8a	9a	224b
	3	139bc	85b	8a	9a	241b
	4	73a	52a	9a	8a	142a
	1L	139bc	115bc	8a	8a	270b
	5L	164c	123c	8a	9a	304b
Pred zimo 26. novembra 2012	1	<14	<16	<9	<6	<45
	2	<14	<14	5	8	<41
	3	<14	<14	7	<5	<40
	4	<16	<17	10	8	<51
	1L	<14	25	9	9	<57
	5L	<14	22	9	10	<55

\*Enaka črka v stolpcu znotraj enega termina vzorčenja označuje, da razlika med obravnavanjema ni statistično značilna ( $p = 0,05$ , Duncan test mnogoterih primerjav).

Vir: Avtor, 2013

## 4. SKLEPI

Mineralno gnojilo KAN se za dognojevanje hmelja (sorta Aurora) v našem poskusu ni izkazalo kot bolj primerno v primerjavi z gnojevko. Dušik iz gnojila KAN se je skozi rastno sezono hmelja bolj kot ne le kopičil v tleh, vzrok pa je bil predvsem v vročem in suhem vremenu. Posledično je bil po podatkih IHPS v tem letu tudi majhen pridelek storžkov, še zlasti pri obravnavanjih, kjer smo dognojevali z gnojilom KAN, saj hmelj ni mogel absorbirati toliko hranil, kolikor bi jih lahko, če ne bi bilo sušno. V sušnih razmerah, kot so bile v letu 2012, se je gnojevka pokazala kot zelo ustrezno gnojilo za dognojevanje hmelja tako v smislu pridelka hmelja kot z okoljskega vidika. Z dognojevanjem z gnojevko smo hmelj namreč tudi zalili, zato je ta lažje absorbiral dušik iz tal, pridelek je bil po podatkih IHPS pri teh obravnavanjih nekoliko večji, v tleh pa je po obiranju ostalo manj dušika, ki bi obremenjeval okolje.

Hmelj je rastlina, ki potrebuje v kratkem obdobju dovolj razpoložljivega dušika za optimalen pridelek storžkov. Vendar na pridelek vplivajo tudi drugi dejavniki in med najpomembnejšimi sta količina in razporeditev padavin ter toplotne razmere. Pomlad 2012 je bila topla, saj so povprečne dnevne temperature odstopale od 40-letnega povprečja za kar 3,2 °C, poletje je bilo vroče, padavin je pa je bilo izjemno malo (od 15. junija do 12. julija je padlo le 13 mm dežja), temperatura zraka pa se je gibala od 1,4 °C do 2,6 °C nad 40-letnim povprečjem.

Ker hmelj med sezono zaradi pomanjkanja padavin ni mogel absorbirati ustreznih količin dušika iz tal, ta pa se zaradi istega razloga tudi ni pomikal v globlje plasti tal, je v tleh pri vseh obravnavanjih po obiranju hmelja ostala relativno velika količina mobilnih oblik dušika. To je okoljsko nesprejemljivo, obenem pa bi na tak način dognojevanja pridelovalec po nepotrebnem zapravil denar za gnojila in čas za aplikacijo. Po obiranju hmelja v letu 2012 namreč v našem poskusu na njivi ni bilo več rastlin, ki bi lahko zajele preostali dušik in bi ga vezale v svojo biomaso ter bi bil ta po zaoravanju in mineralizaciji organske snovi lahko na voljo za hmelj v prihodnjih sezonah. Tukaj se vidi pozitiven vpliv setve podsevkov v hmeljišča poleti, saj rastejo na njivi še jeseni, in lahko ta hranila vežejo v svojo biomaso in s tem preprečijo, da bi se sprala v globlje plasti tal. S tem hranila ne bi bila izgubljena za glavni posevek, hkrati pa ne bi povzročala obremenitev okolja.

Iz podatkov 40-letnega povprečja merilne postaje na IHPS Žalec (Količina padavin in povprečne dekadne temperature v rastni sezoni hmelja 2012) lahko sklepamo, da postajajo poletja vse bolj sušna in vroča. Morda bi bilo smiselno razmišljati o gnojevki kot o prioritetenem gnojilu za dognojevanje hmelja v mesecih, kadar ne bi bilo dovolj padavin, vsekakor pa je zelo dobrodošel ukrep namakanje. Smiselno pa bilo tudi uvesti redno vzorčenje in analiziranje tal v hmeljiščih na Nmin in s tem preverjati količino dušika v tleh med rastno sezono hmelja, saj hmeljarji prepogosto odmerjajo prekomerne količine dušika z željo po večjem pridelku, ki pa pogosto vodi prav v nasprotno smer. Obilne količine tega hranila povzročijo, da je kakovost hmelja nižja in se lahko celo zniža tudi pridelek po B. Čeh (osebni stik, 16. maj 2012). Če bi med sezono z analizo tal na Nmin ugotovili, da je v tleh še dovolj rastlinam dostopnih oblik dušika, bi se lahko dognojevanju v tistem času izognili in obenem prihranili denar, hkrati pa bi se zmanjšalo obremenjevanje okolja.

## 5. VIRI IN LITERATURA

1. Ambrožič, Š., Cvitanič, I., Dobnikar-Tehovnik, M., Gacin, M., Grbovič, J., Jesenovec, B., Kozak-Legiša, Š., Krajnc, M., Mihorko, P., Poje, M., Remec-Rekar, Š., Rotar, B., Sodja, E. (2008). Kakovost voda v Sloveniji: Podzemne vode. Ljubljana, Agencija RS za okolje, 72 str.
2. Bartholomew, W. V., Clark, F. E. (1965). Soil nitrogen. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy, 615 str.
3. Burt, T. P., Heathwaite, A. L. in Trudgill, S. T. (1993). Nitrate: Processes, Patterns and Management. West Sussex, John Wiley & Sons Ltd, 444 str.
4. Council Directive 91/676/EEC. Medmrežje: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0676:EN:HTML> (19. 11. 2012).
5. Čeh B., Čremožnik B., Knapič M. (2010). Dinamika količine rastlinam dostopnega dušika v tleh glede na obliko dušikovega gnojila in vključevanja podsevkov pri hmelju (*Humulus lupulus* L.) V: Novi izzivi v poljedelstvu 2010. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo, str. 56–63.
6. Čeh, B. (2009). Dušik v kmetijstvu. Medmrežje: [http://audio.ognjisce.si/oddaje/Kmetijski\\_nasvet/2009](http://audio.ognjisce.si/oddaje/Kmetijski_nasvet/2009) (5. 12. 2012).
7. Čeh, B. (2012). Hmelj in dušik. Kmečki glas. Ljubljana, št. 23, str. 10.
8. Čeh, B., Čerenak, A., Čremožnik, B., Ferant, N., Friškovec, I., Knapič, M., Košir, I. J., Leskošek, G., Livk, J., Majer, D., Naglič, B., Luškar, M., Pavlovič, M., Radišek, S., Cizej Rak, M., Rovar, A., Zmrzlak, M., Žolnir, M., Žveplan, S. (2012). Hmelj od sadike do storžkov. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 135 str.
9. Čeh, B., Čremožnik, B. (2009). Predstavitev poskusov na področju dognojevanja hmelja z dušikom v letu 2008. V: Zbornik seminarja: 46. seminar o hmeljarstvu z mednarodno udeležbo Portorož 2009. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, str. 61–70.
10. Čeh, B., Čremožnik, B. (2010). Vpliv dognojevanja z gnojivko na pridelek in kakovost hmelja (*Humulus lupulus* L.). Hmeljarski bilten. Žalec, št. 17, str. 20–26.
11. Čerenak, A., Dolinar, M., Ferant, N., Friškovec, I., Knapič, M., Knapič, V., Košir, I., Kovačevič, M., Majer, D., Pavlovič, M., Rode, J., Simončič, A., Šuštar-Vozlič, J., Virant, M., Zmrzlak, M., Žolnir, M. (2002). Priročnik za hmeljarje. Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec, 248 str.
12. DIREKTIVA SVETA – Nitratna direktiva (Ur. l. EU, št. 15/Zv. 2.). Medmrežje: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:02:31991L0676:SL:PDF> (20. 11. 2012).
13. Gacin, M., Mihorko, P. (2012). Ocena kemijskega stanja podzemnih voda v Sloveniji v letu 2011. Vsebnost nitrata v podzemni vodi v letu 2011. Medmrežje:

- [http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo\\_kemija\\_podzemne\\_10\\_10\\_2011.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo_kemija_podzemne_10_10_2011.pdf) (14. 11. 2012).
14. Haynes, R. J., Cameron, K. C., Goh, K. M. in Sherlock, R. R. (1986). Mineral nitrogen in the plant-soil system. London, Academic PRESS, INC, 483 str.
  15. Kakovost podzemne vode v letu 2012. (2013). Medmrežje: [http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Kemijsko\\_stanje\\_2012.jpg](http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Kemijsko_stanje_2012.jpg) (15. 2. 2013).
  16. Kakovost podzemne vode. (2009). ARSO. Medmrežje: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=178](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=178) (30. 10. 2012).
  17. Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. Medmrežje: <http://kazalci.arso.gov.si/> (13. 4. 2013).
  18. Količina padavin in povprečne dekadne temperature v rastni sezoni hmelja 2012 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. (Prejeto: 15. oktober 2012). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
  19. Krajnc, M., Zupan, M. (1996). Kako obremenjene so naše podtalnice in površinske vode z dušikom. V: Dušik – naravovarstvena paradigma. Ljubljana, ZTI – Zavod za tehnično izobraževanje, str. 41–52.
  20. Lampič, B. (1999). Agrarno obremenjevanje okolja Spodnje Savinjske doline z vidika presežkov dušika. Ljubljana, 46, št. 4, str. 13–20.
  21. Leskošek, M. (1993). Gnojenje: za velik in kakovosten pridelek, za izboljšanje rodovitnosti tal, za varovanje narave. Knjižica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana, ČPZ Kmečki glas, 197 str.
  22. Leskošek, M., Mihelič, R., Pintar, M. (1996). Strategija gnojenja z dušikom v kmetijski pridelavi Slovenije. V: Dušik – naravovarstvena paradigma. Ljubljana, ZTI – Zavod za tehnično izobraževanje, str. 53–59.
  23. Mahne, I. (1996). Kroženje dušika: segmenti in posebnosti. V: Dušik – naravovarstvena paradigma. Ljubljana, ZTI – Zavod za tehnično izobraževanje, str. 19–26.
  24. Mengušar, F. (1996). Globalni pogled na dušik. V: Dušik – naravovarstvena paradigma. Ljubljana, ZTI – Zavod za tehnično izobraževanje, str. 5–9.
  25. Metode za določitev vrste parametrov v gnojevki. (Prejeto: 11. junij 2013). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
  26. Mihelič, R., Čop, J., Jakše M., Štampar, F., Majer, D., Tojnko, S., Vršič, S. (2010). Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 182 str.
  27. Nitrati v podzemni vodi. Povprečne letne vrednosti nitratov v podzemni vodi bolj obremenjenih vodnih teles. (2012). ARSO. Medmrežje: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=457](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=457) (2. 11. 2012).

28. Nitrati v podzemni vodi. Savinjska kotlina, padajoč trend za nitrate. (2012). ARSO. Medmrežje: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=457](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=457) (2. 11. 2012).
29. Podgoršek, J. (2011). Vpliv izbora gnojil na varovanje okolja. Gospodarjenje z okoljem. Ljubljana, 20, št. 79, str. 17–20.
30. Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji v letu 2010. ARSO. Medmrežje: <http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/04%20Savinjska%20kotlina.pdf> (3. 11. 2012).
31. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 31/2009). Medmrežje: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200931&stevilka=1385> (17. 11. 2012).
32. Pravilnik za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (Ur. l. RS, št. 130/2004). Medmrežje: <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2004130&stevilka=5427> (14. 11. 2012).
33. Primerjava temperatur in padavin leta 2012 s 40-letnim povprečjem referenčne postaje v Žalcu (IHPS). (Prejeto: 11. marec 2013). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
34. Program spremljanja kemijskega stanja podzemnih voda za leto 2010. ARSO. Medmrežje: <http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/programi/PROGRAM%20GW%202010.pdf> (29. 10. 2012).
35. Rezultati sestave goveje gnojevke za drugo in tretje dognojevanje. (Prejeto: 3. december 2012). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
36. S pravilnim gnojenjem izboljšamo kakovost tal in varujemo okolje. (2013). RS Ministrstvo za kmetijstvo in okolje . Medmrežje: [http://www.mko.gov.si/si/medijsko\\_sredisce/novica/article/1328/6365/21eba934f3a5b17b0653562da4f08648/](http://www.mko.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/article/1328/6365/21eba934f3a5b17b0653562da4f08648/) (15. 4. 2013).
37. Skica poskusa. (Prejeto: 28. marec 2012). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
38. Slekovec, M. (2010). Splošna in anorganska kemija. Maribor, Univerza v Mariboru – Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, 261 str.
39. Sušin, J. (2008). Kmetijstvo in okolje. Gospodarjenje z okoljem. Ljubljana, 17, št. 66, str. 2–7.
40. Sušin, J. (2010). Dušik in fosfor, vpliv gnojenja na okolje. Predmet: Vplivi kmetijstva na okolje. Visoka šola za varstvo okolja.
41. Sušin, J., Kmecl, V. (2000). Navodila za uporabo RQ-flexa. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, 14 str.



42. Tla v poskusu. (Prejeto: 16. oktober 2012). Interni vir: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.
43. Uredba o kakovosti podzemne vode (Ur. l. RS, št. 11/2002). Medmrežje:  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200211&stevilka=463> (9. 11. 2012).
44. Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 84/2005). Medmrežje:  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200584&stevilka=3646> (8. 11. 2012).
45. Uredba o stanju podzemnih voda (Ur. l. RS, št. 25/2009). Medmrežje:  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200925&stevilka=1058> (17. 11. 2012).
46. Uredba o varstvu voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/2009). Medmrežje:  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2009113&stevilka=5147> (13. 11. 2012).
47. Verbič, J., Sušin, J., Simončič, A., Čergan, Z., Babnik, D., Jejčič, V., Poje, T., Knapič, M., Verbič, J., Dolničar, P., Majer, D., Ugrinović, K., Janža, R., Maljevič, J., Stopar, M., Zemljič, A. (2006). Svetovalni kodeks dobre kmetijske prakse. Varovanje voda, tal, zraka in ohranjanje biotske raznovrstnosti (Osnutek). Medmrežje:  
[http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/Publikacije/drugo/Kodeks\\_DKP.pdf](http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/Publikacije/drugo/Kodeks_DKP.pdf) (3. 11. 2012).