

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2013-03/11



ZAKLJUČNO POROČILO CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V4-1058
Naslov projekta	Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih
Vodja projekta	4862 Janko Urbanc
Naziv težišča v okviru CRP	5.06.06 Možnosti in perspektive kmetovanja na vodovarstvenih območjih (VVO)
Obseg raziskovalnih ur	1360
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	10.2010 - 09.2013
Nosilna raziskovalna organizacija	215 Geološki zavod Slovenije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 148 Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije Kmetijsko gozdarski zavod Maribor 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava
Družbeno-ekonomski cilj	08. Kmetijstvo

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.05
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.05 Vede o zemlji in okolju

3. Sofinancerji

	Sofinancerji	
1.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Namen projekta Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih je bil priprava strokovnih izhodišč za trajnostno kmetovanje na območjih vodnih virov. Problematika kmetijstva na vodovarstvenih območjih je zelo kompleksna, saj se tu soočata dejavnosti, ki sta med seboj težko združljivi. Kmetijstvo je vir emisij onesnaževal, ki se pogosto odražajo tudi v poslabšanju kakovosti podzemne vode oziroma vodnih virov. V Sloveniji podzemna voda predstavlja kar 98 % vseh virov pitne vode za oskrbo prebivalcev, zato je učinkovita zaščita kakovosti podzemne vode izjemnega pomena.

Pri izvedbi naloge smo upoštevali zahteve in omejitve, ki se postavljajo v zvezi s kmetijsko dejavnostjo na vodovarstvenih območjih, tako s stališča varovanja vodnih virov kakor tudi varstva celotnega vodnega telesa v skladu z zahtevami evropskih direktiv. Cilj naloge je bil zato upoštevanje omejitev na način, da bo čim manj prizadeta proizvodnja kmetijskih produktov, katerih prodaja predstavlja osnovo preživetja kmetijske populacije. Zaradi tega je potrebno najprej strokovno in realno oceniti sedanje stanje na področju varovanja vodnih virov ter na tej osnovi ponuditi predloge za izboljšanje stanja, ki so izvedljivi ter strokovno utemeljeni.

Ker smo želeli ugotoviti dejansko stanje na terenu glede izvajanja ukrepov za zaščito vodnih virov, smo izbrali pilotno območje, na katerem smo izvedli tudi vrsto terenskih meritev. Kot pilotno območje smo izbrali vodonosnik Dravskega polja. V slovenskem Načrtu upravljanja z vodami je vodonosnik Dravskega polja opredeljen kot vodonosnik s slabim kakovostnim stanjem in s tveganjem, da do leta 2015 ne bo zadostil zahtevam evropske Okvirne vodne direktive.

Na območju vodonosnika so bile v okviru projekta opravljene številne kemijske ter izotopske analize tal in podzemne vode. Ugotovili smo, da trenutno predstavljajo glavni problem prekomerne koncentracije nitratov v podzemni vodi, ki vse bolj negativno vplivajo tudi na stanje virov pitne vode za oskrbo prebivalstva.

V okviru projekta smo dopolnili konceptualni model vodonosnika Dravskega polja, ki predstavlja osnovo za izdelavo podrobnejših modelov: agropedološki model SWAT, hidrokemijski bilančni model ter hidravlični model Modflow. Opisani modeli nam omogočajo kvantitativni opis stanja v vodonosniku ter načrtovanje ukrepov za izboljšanje stanja.

Poleg realne ocene stanja je ključna komponenta projekta je tudi predlog ukrepov, kako stanje izboljšati. Trudili smo se najti takšne rešitve, ki so ob tem, da so učinkovite, tudi sprejemljive oziroma realno izvedljive. Rezultati projekta jasno kažejo, da je tudi z relativno majhnimi finančnimi sredstvi možno doseči ambiciozne cilje, kakršno je npr. izboljšanje kakovosti podzemne vode oziroma vodnih virov na Dravskem polju.

V projektni skupini so zastopani strokovnjaki različnih strok: varstva podzemnih vod in vodnih virov, kmetijske stroke skupaj s kmetijsko – svetovalno službo ter strokovnjaki za hidrogeologijo in kemijo podzemnih vod.

ANG

The project Farming possibilities in water protection areas was aimed at

preparing expert bases for sustainable agricultural practice in water resource areas. Farming in water protection areas is a very complex issue, because this segment joins two quite incompatible activities; agriculture is a source of pollutants which are often reflected also in the deterioration of groundwater resources and consequently of groundwater quality. Groundwater represents as much as 98% of the total drinking water supply, therefore an effective protection of groundwater quality is of utmost importance.

In project realization all demands and restrictions related to agricultural activities in water protection areas were taken into account, as well from the point of view of water resource protection as also of the entire water body protection, in accordance with European directives. Thus the aim of the project was to respect the restrictions in a way which would least adversely affect the production of agricultural products, the sale of which represents the basis of the agricultural population's income. To reach this goal, a scientific and realistic evaluation of the present situation in water resource protection must first be made. On this basis, feasible and expert-based suggestions for improvement should be proposed.

In order to establish the state of the art situation regarding the execution of water protection measures in Slovenia, a pilot area was selected. The Dravsko polje aquifer, which was selected as the pilot area, is identified in the Slovenian Water Management Plan as an aquifer with a poor quality status with the risk that it may not fulfil the European Water Framework Directive by the year 2015.

Numerous chemical and isotopic analyses of soil and groundwater were performed within the project in the area of the aquifer. It was established that the main problem at present are excessive nitrate concentrations in groundwater, which increasingly influence also the status of drinking water supply resources.

The conceptual model of the Dravsko polje aquifer was supplemented, which represents the basis for the elaboration of more detailed models: agropedological model SWAT, hydrochemical balance model, and the hydraulic model Modflow. These models enable a quantitative description of aquifer status and the planning of remedial measures.

Beside a realistic evaluation of the situation, a key component of the project is also a proposal of improvement measures. We strived to find solutions which are not only effective, but also acceptable and realistically feasible. Project results clearly show that ambitious goals such as groundwater quality improvement in the Dravsko polje aquifer can be achieved also with a relatively small financial input.

Experts from different fields were included in the project group: groundwater and water resource protection experts, agricultural experts together with advisory services, and experts in hydrogeology and groundwater chemistry.

5. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Osnovni namen projekta Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih je strokovno in realno oceniti sedanje stanje na področju varovanja vodnih virov ter na tej osnovi ponuditi predloge za izboljšanje stanja, ki so strokovno utemeljeni ter izvedljivi.

Ker smo želeli ugotoviti dejansko stanje na področju upoštevanja ukrepov za zaščito vodnih virov v Sloveniji, smo izbrali pilotno območje, na katerem smo izvedli tudi vrsto terenskih meritev oziroma analiz. Kot pilotno območje smo izbrali vodonosnik Dravskega polja, in sicer iz več razlogov:

- Na medzrnskem vodonosniku Dravskega polja imamo sedem črpališč pitne vode z vzpostavljenimi vodovarstvenimi območji, na katere so priključeni vodovodni sistemi.
- Na vodonosniku Dravskega polja najdemo tako območja intenzivne in razpršene poselitve kot izrazito kmetijska območja
- V slovenskem Načrtu upravljanja z vodami je vodonosnik Dravskega polja opredeljen kot vodonosnik s slabim kakovostnim stanjem, za katerega obstaja tveganje, da do leta 2015 ne bo zadostil zahtevam evropske Okvirne vodne direktive.

V nadaljevanju povzemamo najpomembnejše ugotovitve v zvezi ugotavljanjem dejanskega stanja na vodovarstvenih območjih ter predloge ukrepov za izboljšanje stanja.

Meritve talnih parametrov

- Za pridobitev verodostojnih podatkov o vplivu kmetijske dejavnosti na podzemno vodo so bili vzpostavljeni trije raziskovalni poligoni oziroma testne kmetijske površine.
- Raziskovalni poligoni so bili opremljeni s sistemi za zajem prenikajoče vode pod kmetijsko površino, opravljene so bile podrobne pedološke analize ter vgrajeni TDR sistemi za zvezno spremljanje količine vode v tleh.
- Povprečne koncentracije nitratov v infiltrirani prenikajoči vodi krepko presegajo največjo dovoljeno koncentracijo 50 mg/l.

Nenasičena cona vodonosnika

- Hitrost prehoda onesnaževala preko nenasičene cone vodonosnika je bila ocenjena na osnovi sledilnega poizkusa v lizimetru Selniška Dobrava. Prvo onesnaženje bi doseglo gladino podzemne vode v 22 dneh. Najvišja koncentracija onesnaženja pa bi pri dominantni hitrosti 0,023 m/d prispela do podzemne vode približno v enem letu.
- Podatki o hitrostih prehoda onesnaževal do podzemne vode nam kažejo, da se vsakokratna onesnaženja v podzemni vodi odrazijo s precejšnjim zamikom. Zaradi tega moramo računati s tem, da ukrepi ne bodo učinkovali takoj, ampak v daljšem časovnem obdobju.

Ocena stanja onesnaženja v vodonosniku

- V južnem sektorju vodonosnika so koncentracije nitratov najvišje. Takšne rezultate interpretiramo z dejstvom, da v srednjem sektorju vodonosnika prihaja do zmanjševanja koncentracij onesnaževal v podzemni vodi zaradi vpliva zatekanja vod z območja Pohorja, kjer so koncentracije onesnaževal izrazito nižje. Južni sektor vodonosnika torej predstavlja posebej občutljivo območje vodonosnika (hot spot) za onesnaženje z nitrati ter ostalimi onesnaževali podzemne vode.
- Pomemben pokazatelj kakovostnega stanja podzemne vode je kemijsko stanje vodnih virov, ki se uporabljajo za oskrbo prebivalcev. Pregled koncentracij nitratov v plitvih vodnjakih črpališča Skorba kaže, da v izčrpani pitni vodi pogosto prihaja do prekoračitev najvišje dovoljene koncentracije nitratov v podzemni vodi. Naraščajoči trend koncentracij nitratov v globokih vodnjakih črpališča Skorba kaže na povečevanje koncentracij nitratov tudi v spodnjem pliocenskem vodonosniku.

Modeli

- Za kvantitativno oceno sedanjega stanja vodonosnika ter predvidevanje učinkov posameznih ukrepov za izboljšanje stanja, so bili v okviru projekta izdelani trije tematski modeli: Model SWAT za modeliranje procesov v sistemu rastlina – tla, hidrokemijski bilančni model za predvidevanje kemijske sestave podzemne vode ter hidravlični model Modflow za modeliranje pretoka podzemne vode ter prenos onesnaževal v vodonosniku.

Model SWAT

- Primerjava osnovnih kolobarjev iz prakse je pokazala, da imajo tehnologije pridelovanja z večjim vnosom N v tla negativne posledice na bilanco N, ki se pokaže z večjim izpiranjem. Ista tehnologija ni primerna za vse tipe tal. Kot kaže primer tehnologije pridelovanja iz Maribora, ki je primerna za relativno globoka tla v okolici Letališča Maribor, lahko le-ta na plitvih tleh v Dobrovcih povzroči dva do trikrat večje izpiranje N.
- Primerjava osnovnih kolobarjev s preurejenimi gnojilnimi normami je pokazala, da na lokacijah Ptuj in Maribor v povprečju gnojijo bolj kot so gnojilne norme za povprečen pridelek po smernicah MKO in da organska gnojila povzročijo presežek N v bilanci.
- Predlagamo, da se na območju Dravskega polja oblikujejo reprezentativne poskusne ploskve na kmetijskih površinah. Na njih bi ugotavljali vpliv kmetijsko-okoljskih ukrepov na vodovarstvenih območjih na rast rastlin, pridelek, izpiranje dušika in pesticidov in to še pred njihovo uvedbo. Te ploskve bi lahko služila tudi za izobraževanje kmetov.
- Zelo pomembno je tudi povečati nadzor nad izvajanjem obstoječih ukrepov, ki jih prepisujeta Uredbi za vodna telesa vodonosnikov na Dravsko-ptujskem polju in Program razvoja podeželja RS.
- Vrtnarska pridelava na prostem na plitvih in peščenih tleh ni optimalna raba kmetijskih zemljišč s stališča varstva voda.
- Ekološko poljedelstvo se je iz vidika izpiranja N izkazalo za primerljivo trenutni praksi. Vsekakor je potrebno pri promociji ekološkega kmetijstva zagotoviti, da ne bo prihajalo do bilančnih presežkov N iz živinskih in ostalih organskih gnojil.
- Traviška raba se je skozi vse alternativne scenarije po smernicah MKO izkazala z izredno ugodno bilanco N v tleh.
- Pri modeliranju trajnega travnika s povprečno tehnologijo pridelave se je izkazalo, da obdelovalci v povprečju trikrat letno nanesejo gnojevko ter dodajajo še mineralna gnojila. Tak način rabe povzroči na lokaciji Dobrovce zaradi lastnosti tal velike izgube N, ki so primerljive tistim na njivah.
- Učinkovitost ukrepov VVO je močno povezana z lastnostmi tal. Ukrepi VVO I režima so ustrezni, saj občutno zmanjšajo izpiranje N in nimajo večjih vplivov na pridelek, ki ostaja stabilen.
- Ukrepi VVO II in III režima imajo na njivah minimalne učinke kar pomeni, da obdelovalci praktično kmetujejo brez resnejših omejitev. To ima za posledico tudi nespremenjeno bilanco N, ki ostaja enaka povprečnemu stanju izven VVO območij. Glede na to, da VVO I režim zajema le manjši del polja je učinek teh ukrepov na kakovost podtalnice minimalen. Glede na sprejete zaveze vodne direktive glede doseganja dobrega kakovostnega stanja podzemne vode na celotnem telesu podzemne vode je potrebno pristopiti k dopolnitvi sedanjih vodovarstvenih režimov.
- Predlagamo, da se v prihodnosti ukrepi oz. režim VVO oblikuje tudi glede na tip in lastnosti tal.

Hidrokemijski model

- Da bi lahko kvantitativno ocenili masni tok dušika v podzemni vodi, smo izdelali hidrokemijski masno – bilančni model. V modelu smo upoštevali tako obremenitve podzemne vode, kakor tudi rezultate dejanskih meritev koncentracije nitratov v podzemni vodi. Na ta način smo lahko dokaj realno opredelili dejansko stanje onesnaženja vodonosnika ter kvantificirali potrebno znižanje vnosov dušika, da bi dosegli dobro kemijsko stanje telesa podzemne vode.
- Učinki kmetovanja na podzemno vodo v Sloveniji so lahko izrazito različni, v odvisnosti od območja, na katerem se odvija kmetijska dejavnost. Presežek dušika 80 kg/ha se bo na vodonosniku Sorškega polja odrazil s koncentracijo nitrata 41 mg/l medtem ko bi enak presežek na vodonosniku Dravskega polja povzročil koncentracijo 94 mg/l. Iz tega sledi, da lokacija območja in hidrogeološke razmere lahko ključno vplivajo na ekološke učinke kmetovanja, kar bi bilo potrebno upoštevati tudi pri načrtovanju kmetijskih okoljskih programov.
- Na območju celotnega vodonosnika Dravskega polja imamo 64 % potencialnih virov dušika kmetijskega izvora.
- Na osnovi podatkov o potencialnih virih dušika ter podatke o dejanskih vnosih dušika v vodonosnik, smo ocenili skupne izgube dušika na poti od povzročiteljev do podzemne vode. Te znašajo od 27 do 41 % količin vseh potencialnih virov dušika, ki se nahajajo na vodonosniku Dravskega polja.
- Severni in srednji sektor vodonosnika Dravskega polja imata na letnem nivoju približno še enkrat večjo stopnjo obnavljanja količine podzemne vode, kot pa južni sektor vodonosnika. Ta gre predvsem na račun dotokov s Pohorja, ki v vodonosnik prihajajo z njegove zahodne strani. Zaradi tega prihaja v severnem in srednjem segmentu vodonosnika do učinka razredčenja onesnaževal podzemne vode, kar pa ni primer na južnem segmentu vodonosnika.
- Letno v vodonosnik Dravskega polja dospe približno 1627 t novega dušika, kar pomeni, da znaša realizirani presežek dušika 60 kg/ha. Skupna količina dušika v celotnem vodonosniku pa znaša 5579 ton.
- Če želimo na vodonosniku Dravskega polja vzpostaviti dobro kemijsko stanje, je dobro kemijsko stanje potrebno doseči v prvi vrsti v južnem sektorju vodonosnika. Tu ima podzemna voda koncentracijo nitratov v povprečju preko 70 mg/l, kar je občutno nad najvišjo dovoljeno mejo 50 mg/l.
- Za doseg dobrega kemijskega stanja v južnem sektorju vodonosnika Dravskega polja bi se moral znižati sedanji dejanski vnos dušika kmetijskega izvora z 821 ton na 532 tone oziroma za 289 ton.

Hidravlični model

- V okviru projekta je bil dopolnjen hidravlični model vodonosnika Dravskega polja v programskem orodju Modflow z novimi geološkimi ter hidrogeološkimi podatki.
- Z modulom MT3DMS za simulacijo transporta snovi v vodonosniku so bili obdelani različni scenariji vnosov dušika v vodonosnik: scenariji kmetijske rabe tal, ki so bili modelirani z modelom SWAT ter scenariji, ki izhajajo iz hidrokemijskega bilančnega modela vodonosnika Dravskega polja.
- Rezultati modeliranja transporta nitratov v vodonosniku se dobro ujemajo z dejansko izmerjenimi vrednostmi. Na osnovi dobljenih

rezultatov ocenjujemo, da je hidravlični model Modflow učinkovito orodje za simulacijo tako sedanjega stanja kot napovedovanje učinkov različnih ukrepov za izboljšanje stanja v vodonosniku.

Predlogi ukrepov za izboljšanje stanja podzemne vode

Ukrep: Opredelitev posebno ranljivih območij vodonosnikov v Sloveniji

Ukrep: Dodatna pomoč kmetom na posebej ranljivih območjih vodonosnikov v Sloveniji za izvajanje dodatnih ukrepov za zaščito podzemne vode oziroma vodnih virov

Ukrep: Ukinitev sistema oddaje odvečnih gnojil drugim kmetijskim gospodarstvom s pogodbami na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja

Ukrep: Izvedba raziskovalno – demonstracijskih projektov za testiranje predlaganih ukrepov.

Ukrep: Uporaba GIS aplikacije podpora odločitvam gospodarjenja z vodonosnikom pri delu inšpekcijskih služb ter kmetijsko svetovalne službe

Ukrep: Kontrolne analize N-min, K in P za ugotavljanje pregnojenosti kmetijskih površin prioriteto na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja

Ukrep: Namestitev GPS sledilnih naprav na cisterne za razvoz gnojnice in gnojevke na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja

Ukrep: Ločevanje trdne in tekoče frakcije gnojevke, kompostiranje trdne frakcije, odvoz tekoče frakcije, izpust v kanalizacijo ali omejena raba tekoče frakcije na lastnih proizvodnih površinah (brez pogodb o oddaji)

Ukrep: Oddaja gnojevke in gnojnice v lastno ali pogodbeno bioplinarno, ki ima urejeno kompostiranje trdne frakcije digestata ali pripravo suhih organskih gnojil iz digestata

Ukrep: Finančna pomoč za gradnjo in delovanje manjših bioplinarn s kompostiranjem digestata na nivoju posameznih kmetij ali naselij.

Ukrep: Finančna pomoč za odvoz viškov gnojil na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja v bioplinarne s kompostiranjem oziroma na čistilne naprave

Ukrep: Dodatne subvencije oziroma podpore za kmete, ki bi prostovoljno želeli izvajati dodatne ukrepe za zaščito podzemne vode na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja.

6.Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Raziskovalni program je bil izveden v celoti, zastavljeni cilji so bili doseženi.

7.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

V toku izvajanja projekta ni prišlo do bistvenih sprememb oziroma odstopanj od prvotno

zastavljenega programa.

8. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	6820217	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izpiranje nitratov z njivskih površin za pridelavo zelenjave nad plitvim vodonosnikom v Sloveniji
		ANG	Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia
	Opis	SLO	V iskanju novih tehnologij kmetovanja, ki bi zagotavljale zadovoljiv pridelek ob čim manjših vplivih na okolje, so bile preizkušene različne metode namakanja, gnojenja ter pridelave povrtnin s kratko rastno periodo. Rezultati raziskave potrjujejo, da je lahko fertigacija v kombinaciji z izboljšanim režimom namakanja zelo učinkovit način zmanjševanja izpiranja nitratov v tla, zato je takšna tehnologija še posebej primerna za pridelavo zelenjave v vodovarstvenih območjih vodnih virov.
		ANG	In the search for new technologies that would ensure optimum yield and environmental sustainability, various irrigation, nitrogen and cropping system management strategies for the production of vegetables with a shorter growing period were assessed at a benchmark site in Slovenia. The results confirm that fertigation and improved irrigation scheduling can be an effective way of minimizing nitrate leaching, and should be considered for vegetable production in or close to groundwater protection zones.
	Objavljeno v	Elsevier; Agriculture, ecosystems & environment; 2011; Vol. 144, Issue 1; str. 167-174; Impact Factor: 3.004;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.782; A": 1;A': 1; WoS: AH, GU, JA; Avtorji / Authors: Zupanc Vesna, Burnik Šturm Martina, Lojen Sonja, Kacjan-Maršič Nina, Adu-Gyamfi Joseph, Bračič-Železnik Branka, Urbanc Janko, Pintar Marina	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	24907303	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv načina gnojenja ter namakanja na možnost onesnaženja podzemne vode z dušikom pri pridelavi belega zelja
		ANG	Quality of white cabbage yield and potential risk of ground water nitrogen pollution, as affected by nitrogen fertilisation and irrigation practices
	Opis	SLO	Raziskovali smo vpliv različnih režimov gnojenja (založno gnojenje z NPK in fertigacija) in namakanja (razprševanje in kapljično namakanje) na količino pridelka, vsebnost nitrata v belem zelju (Brassica oleracea var. capitata L.) in izpiranje nitrata iz peščenoilovnatih tal v podzemno vodo. Največji pridelek in vsebnost nitrata v zelju smo določili pri založnem gnojenju in namakanju z razprševanjem, kjer je bila bilanca N negativna. Zelo pomemben je tudi režim namakanja: najmanjši pridelek smo dosegli ob 50 % namakanju, pri čemer so bile izgube nitrata največje.
		ANG	The effect of fertilisation (broadcast solid NPK application and fertigation) and irrigation (sprinkler vs. drip irrigation) on yield, the nitrate content in cabbage (Brassica oleracea var. capitata L.) and the cabbage N uptake was studied, in order to assess the N losses by cultivation on sandyloam soil. The highest yield and nitrate content were found in treatments with broadcast fertilisation and sprinkler irrigation, where negative N balance was found. On plots with 50 % drip irrigation, the lowest yield was detected at the positive N balance, showing the highest potential for N losses.
		Blackwell Scientific Publications; Journal of the Science of Food and Agriculture; 2012; Vol. 92, issue 1; str. 92-98; Impact Factor:	

	Objavljeno v		1.759; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.832; A': 1; WoS: AH, DW, JY; Avtorji / Authors: Kacjan-Maršič Nina, Burnik Šturm Martina, Zupanc Vesna, Lojen Sonja, Pintar Marina	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID		7041145	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Možnosti, pomanjkljivosti, priložnosti ter pasti pri modeliranju tal in vode z modelom SWAT	
		ANG	Strengths, weaknesses, opportunities and threats of catchment modelling with soil and water assessment tool (SWAT) model	
	Opis	SLO	Namen tega poglavja je predstaviti prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti modela povodij, Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Prilagodljiv okvir, ki omogoča simulacijo kmetijskokoljskih ukrepov in najboljših praks upravljanja je glavna prednost modela SWAT. Obstajajo številne priložnosti, ki nudijo modelu SWAT in modelarjem edinstveno priložnost za nadgradnjo in spremembo modela v prihodnosti. Številni okoljski problemi zaradi industrije, rudarjenja in politike rabe zemljišč imajo za posledico strožje zakonodaje v državah po vsem svetu (ZDA Clean Aater Act, EU WFD).	
		ANG	The aim of this chapter is to present strengths, weaknesses, opportunities and threats of the catchment model, Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Flexible framework that allows simulation of agrienvironmental measures and best management practices is essential strength of the SWAT model. There are many opportunities outside the SWAT model that provide unique possibility for growth and change of the model in future. Numerous environmental problems due to industrial, mining and land use policy resulted in stricter government legislations around the world (USA – Clean Water Act, EU WFD) encouraging the use of the models like SWAT.	
	Objavljeno v		InTech; Water resources management and modeling; 2012; Str. 39-64; Avtorji / Authors: Glavan Matjaž, Pintar Marina	
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
4.	COBISS ID		7057017	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Cilji varstva voda ter ohranjanje značilnosti pokrajine Izkušnja iz povodja reke Axe	
		ANG	Water quality targets and maintenance of valued landscape character - Experience in the Axe catchment, UK	
	Opis	SLO	Okvirna vodna direktiva (WFD) (Direktiva 2000/60/ES) zahteva nove ekološke standarde za reke, jezera in obalne vode do leta 2015. Za namene te raziskave smo uporabili model Soil and Water Assessment Tool (SWAT2005). Z modelom smo testirali tri različne scenarije okoljskih ukrepov, ki so vsi ohranjali klasično podobo krajine povodja. Rezultati raziskave kažejo, da lahko obstajajo temeljna neskladja med pričakovanimi cilji WFD v in ohranjanju vitalnih kmetijskih sistemov, potrebnih za ohranjanje značilne krajine, ki je zelo cenjena zaradi svoje estetske, rekreacijske in gospodarske vrednosti.	
		ANG	The Water Framework Directive (WFD) (Directive 2000/60/EC) requires new ecological standards for rivers, lakes and coastal waters by 2015. For the purpose of this research the Soil and Water Assessment Tool (SWAT2005) was used. Three different mitigation scenarios, designed to maintain the landscape of the catchment, were then tested. The results of this study suggest that there may be a fundamental incompatibility between the delivery of WFD targets and the maintenance of viable agricultural systems necessary to maintain landscapes which are highly	

			valued for their aesthetic, recreational and economic value.
	Objavljeno v		Academic Press; Journal of environmental management; 2012; Vol. 103; str. 142-153; Impact Factor: 3.057; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.077; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Glavan Matjaž, White Sue, Holman Ian Paul
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	7473785	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prostorska analiza slovenskih vodnih virov za trajnostno rabo vode v kmetijstvu
		ANG	Geospatial analysis of water resources for sustainable agricultural water use in Slovenia
	Opis	SLO	Namen tega poglavja je predstaviti nov in globalno uporabljen pristop za identifikacijo kmetijskih zemljišč, ki so v nevarnosti zaradi suše. Prostorska analiza razpoložljivih vodnih virov in njihove količine za namen trajnostnega namakanja kmetijskih zemljišč je ključ do učinkovite strategije integriranega upravljanja z vodami. Poznavanje prostorske porazdelitve, dostopnosti, možne nabire in razpoložljivost vodnih virov je pomemben element nacionalne varnosti, v zvezi s proizvodnjo zadostnih količin kakovostne hrane. Ocenjevanje vodnih virov je še posebej pomembno v luči empiričnih podatkov in rezultatov meteoroloških podnebnih modelov, ki kažejo jasne spremembe v razporeditvi padavin in njihovih sezonskih vzorcev.
		ANG	The purpose of this chapter is to present a novel and globally applicable approach for identification of agricultural lands that are at risk for drought. Spatial analysis of available water resources and their quantities for the sustainable irrigation of agricultural land is the key to an efficient integrated water management strategy. Knowing the spatial distribution, accessibility, abundance and availability of water resources is an important element of national security, with regards to the production of sufficient quantities of quality food. Assessing water resources is especially critical in the light of empirical meteorological data and climate model results showing clear changes in the allocation of precipitation and in seasonal patterns.
	Objavljeno v		InTech; Current perspectives in contaminant hydrology and water resources sustainability; 2013; Str. 199-219; Avtorji / Authors: Glavan Matjaž, Cvejić Rozalija, Tratnik Matjaž, Pintar Marina
	Tipologija		1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

9. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

			Družbeno-ekonomski dosežek
1.	COBISS ID	1950549	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Varovanje virov pitne vode v Sloveniji
		ANG	Protection of drinking water resources in Slovenia
			V prispevku je predstavljen celovit pogled na problematiko varovanja vodnih virov v Sloveniji. Podzemne vode v bilanci vodnih virov Slovenije predstavljajo izrazito prevladujoč delež javne oskrbe s pitno vodo. V sistemu oskrbe s pitno vodo prevladujejo večinoma medzrnski vodonosniki ter vodonosniki s kraško – razpoklinsko poroznostjo. Evropska okvirna vodna direktiva (WFD) zahteva, da država na vseh površinskih in podzemnih vodnih telesih vzpostavi dobro kemijsko in

	Opis	SLO	količinsko stanje. Na treh pomembnih medzrnskih vodonosnikih (Savinjska kotlina, Dravsko – Ptujsko polje ter Murska kotlina) obstaja nevarnost, da do leta 2015 ne bodo izpolnjene zahteve Okvirne vodne direktive. Največji problem za kakovost podzemnih vod in s tem vodnih virov na teh ogroženih vodonosnikih predstavljajo prekoračene koncentracije nitratov ter sredstev za zaščito rastlin. V prispevku so predstavljeni tudi dopolnilni ukrepi, ki so vsebovani v osnutku slovenskega Načrta upravljanja z vodami, katerih namen je vzpostavitev dobrega kakovostnega stanja tudi na teh najbolj onesnaženih vodonosnikih.	
		ANG	An extensive study of drinking water resources protection problematics in Slovenia is presented. Groundwater has a prevailing share in the balance of Slovenia's water resources and in the public drinking water supply. Most aquifers in the drinking water supply system are of the intergranular and karst fissure type. The European Water Framework Directive (WFD) demands that the state establishes a good chemical and quantity status in all surface and ground water bodies. Three important intergranular aquifers (Savinjska kotlina, Dravsko – Ptujsko polje and Murska kotlina) are in the danger of not achieving the WFD demands by 2015. The biggest problem for the quality of groundwater and consequently for the water resources in these endangered aquifers are exceeded concentrations of nitrates and pesticides. The article presents also supplementary measures contained in the draft of the Slovenian Water Management Plan, intended to establish a good quality status also in these heavily polluted aquifers.	
		Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
		Objavljeno v	Fit media; Upravljanje voda v Sloveniji; 2011; Str. 76-84; Avtorji / Authors: Urbanc Janko, Mali Nina, Prestor Joerg	
		Tipologija	1.17 Samostojni strokovni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
2.	COBISS ID	5856865	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Opredelitev možnosti rabe podzemnih vod kot virov za namakanje kmetijskih površin v Sloveniji	
		ANG	Estimation of possibility for use groundwater as the agricultural fields irrigation in Slovenia	
	Opis	SLO	Po novem Zakonu o kmetijskih zemljiščih je eden od pogojev za določitev trajnovarovanih kmetijskih zemljišč bližina vodnih virov, primernih za namakanje. Da bi pripomogli k oblikovanju predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč (KZ), je bil razvit in uporabljen algoritem alokacije, s katerimi so bili na študijskem območju KZ, potencialno primernih za namakanje, ki ležijo na območju Slovenije, preučeni potenciali za rabo vode iz vodotokov, zadrževalnikov, podzemne vode in prečiščene odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav. Na tej podlagi izdelan zemljevid potencialov za rabo vodnih virov prikazuje območja najmanj ugodne in območja najugodnejše lege trajno varovanih KZ z vidika bližine in primernosti vodnih virov za namakanje. Podoba zemljevida je močno odvisna od učinkov upravljanja voda, zlasti upravljanja povpraševanja po vodi, administracije rabe vodnih virov, namenskega upravljanja vodne infrastrukture in gradnje novih vodnih virov.	
		ANG	To aid the formation of the suggested areas of permanently protected agricultural land, an allocation algorithm was developed and used to establish the irrigation water use potential of surface waters streams, reservoirs, groundwater and treated municipal wastewater, with the case study area of Slovenia. The result is a map of the irrigation water use potential, regarding the location and water source use suitability for irrigation. The map shows areas where the permanent protection of	

		agricultural land would be either most suitable either least suitable. The appearance of the map depends on several water management aspects, i.e. water demand management, water use administration, the targeted management of water infrastructure and the development of new water sources
	Šifra	F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev
	Objavljeno v	Zveza geodetov Slovenije; Geodetski vestnik; 2012; Letn. 56, št. 2; str. 308-324; Impact Factor: 0.367; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.26; WoS: KU; Avtorji / Authors: Cvejić Rozalija, Tratnik Matjaž, Meljo Jana, Bizjak Aleš, Prešeren Tanja, Kompore Karin, Steinman Franci, Mezga Kim, Urbanc Janko, Pintar Marina
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	2126421 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv geoloških dejavnikov na kvaliteto pitne vode
		ANG Influence of geological factors on the drinking water quality
	Opis	SLO Vabljen predavanje je bilo izvedeno v sklopu seminarja Monitoring pitne vode, inšpekcijski nadzor in aktualna vprašanja oskrbe, ki je potekal dne 31. 1. 2013 v Ljubljani. Namen predavanja je bil usposobiti upravljalce vodovodov za bolj učinkovito preprečevanje onesnaženj virov pitne vode v različnih litoloških tipih vodonosnikov, ki se v Sloveniji uporabljajo za vodooskrbo.
		ANG An invited lecture was carried out within the seminar »Drinking Water Monitoring, inspection, and current water supply issues«, which took place on 31.10.2013 in Ljubljana. The purpose of the lecture was to enable water supply network operators to more effectively prevent the pollution of drinking water resources in different lithological types of aquifers used for water supply in Slovenia.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	2013; Avtorji / Authors: Urbanc Janko
	Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa
4.	COBISS ID	2106709 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Pregled novih organskih onesnaževal v podzemni vodi v Sloveniji
		ANG Overview of emerging organic pollutants in the Slovenian groundwater
	Opis	SLO V članku je podan pregled raziskav evidentiranja novo nastalih organskih spojin (EOC) v svetu ter pregled slovenskih študij, ki so se ukvarjale z določitvijo širokega spektra prisotnosti EOC v podzemni in odpadni vodi. EOC so spojine iz skupine ostankov zdravil, snovi izdelkov za osebno nego, pesticidov, veterinarskih izdelkov, dodatkov v prehrani, nano materialov, industrijskih in drugih spojin, ki so bile šele pred kratkim določene kot onesnaževala, in tiste, ki so na novo razvite in odkrite v okolju. Opisani so njihovi glavni viri, njihova prisotnost v podzemni vodi, poti in mogoči vplivi (tveganja) na živa bitja in rastline.
		ANG The article provides an overview of emerging organic pollutants (EOC) detection research in the world and the review of Slovenian studies dealing with the determination of wide spectrum of EOC presence in groundwater and waste water. These compounds are drug residues, substances originating from personal care products, pesticides, veterinary products, food additives, nanomaterials, industrial and other compounds which have been only recently determined as pollutants, and substances which have been newly developed or discovered in the environment. The article describes the main sources and the presence of

		EOC in groundwater, pathways and potential impacts (risks).
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Geološki zavod; Slovensko geološko društvo; Geologija; 2012; 55, št. 2; str. 243-262; Avtorji / Authors: Koroša Anja, Mali Nina	
Tipologija	1.02	Pregledni znanstveni članek

10. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Članek projektne skupine "Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia" je bil razglašen kot izjemen dosežek slovenske znanosti na področju geologije v letu 2011:

ZUPANC, Vesna, BURNIK ŠTURM, Martina, LOJEN, Sonja, KACJAN MARŠIČ, Nina, ADUGYAMFI, Joseph, BRAČIČ ŽELEZNIK, Branka, URBANC, Janko, PINTAR, Marina. Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia. Agric. ecosyst. environ.. [Print ed.], 2011, vol. 144, issue 1, str. 167-174, ilustr. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.014>

Razvit je bil enostavnejši in cenejši prototip tip mini lizimetra za vzorčenje prenikajoče vode s kmetijskih površin. Prednost novega tipa lizimetra je, da ne potrebuje globokega vkopa za vzorčevalni sistem, tako da ga je možno vgraditi brez uporabe gradbene mehanizacije. S tem sistemom bo možno pridobiti kvantitativne merske podatke o vnosih dušika in pesticidov v tla tudi z drugih kmetijskih površin v Sloveniji, kar bo omogočalo boljšo kontrolo ter izvajanje ukrepov za zmanjšanje obremenjevanja podzemnih vod s kmetijskimi onesnaževali.

Sodelavci projektne skupine vsebine in rezultate projekta uspešno vključujejo tudi v predmete rednega ter podiplomskega študija na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani ter Fakultete za znanosti o okolju Univerze v Novi Gorici:

prof.dr. Marina Pintar Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

prof.dr. Andrej Udovč Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

doc.dr. Sonja Lojen Fakulteta za znanosti o okolju Univerze v Novi Gorici

doc.dr. Nina Kacjan Maršič Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

asist. dr. Matjaž Glavan Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

11. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

11.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

V okviru izvajanja projekta Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih smo za ugotavljanje stanja v vodonosniku uporabili številne sodobne znanstvene metode:

- Za kvantifikacijo fizikalno kemijskih procesov v tleh smo uporabili Time Domain Reflectometry (TDR – metoda za zvezne meritve količine vode v tleh) ter lizimetre za meritve količine ter odvzem vzorcev prenikajoče vode. Kompleksne procese v sistemu rastlina – tla – voda v tleh smo kvantificirali z agro-pedološkim modelom SWAT.

- Za ugotavljanje hitrosti prenosa onesnaževal v nenasičeni coni vodonosnika smo izvedli sledilne poizkuse v 5-metrskem profilu lizimetra. Kot sledilo smo uporabili nitrat ter devterirano vodo.

- Za študij procesov migracije onesnaževal smo uporabili stabilne izotope kisik-18, ogljik-13 ter dušik-15.

- Za kvantifikacijo transporta onesnaževal smo uporabili hidravlični model Modflow v kombinaciji z modulom MT3DMS za simulacijo migracije snovi v podzemni vodi.

Integracija rezultatov naštetih znanstvenih orodij nam je omogočila celovito interpretacijo zelo kompleksnih procesov na obravnavanem pilotnem vodonosniku, v katere so vpleteni tako antropogeni dejavniki (urbani vplivi, kmetijska dejavnost, industrija, infrastrukturni objekti) kot naravni dejavniki (klima, vegetacija, geološka in hidrogeološka zgradba). Ocenjujemo, da bodo uporabljena metodologija ter dobljeni rezultati predstavljali vzorec za raziskave tudi na drugih

vodonosnikih oziroma vodnih telesih, ki se soočajo s slabim kemijskim stanjem podzemne vode oziroma virov pitne vode.

ANG

Several modern scientific methods were used to determine aquifer status within the project Farming possibilities in water protection areas:

- For the quantification of physical and chemical processes in the soil the Time Domain Reflectometry method (method for continuous measurements of water quantity in the soil) was used, along with lysimeters for the sampling and measuring of the quantity of seepage water. The complex processes in the plant-soil-water system were quantified with the agro-pedological model SWAT.
- To determine the velocity of pollutant transfer in the unsaturated zone of the aquifer, tracing experiments in a 5-metre profile of the lysimeter were performed. Nitrate and deuterated water were used as tracers.
- To study migration processes of pollutants stable isotopes oxygen-18, carbon-13, and nitrogen-15 were used.
- For the quantification of pollutant transport the hydraulic model Modflow in combination with the MT3DMS module for the simulation of substance migration in groundwater were used.

The integration of results obtained by the above scientific tools enabled a comprehensive interpretation of very complex processes in the pilot aquifer. These processes comprise antropogenic factors (urban influences, agriculture, industry, infrastructural objects) as well as natural factors (climate, vegetation, geological and hydrogeological composition). It is estimated that the applied methodology and obtained results will present a example for investigations also in other aquifers and in water bodies facing a bad chemical status of groundwater and drinking water resources.

11.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Projekt odgovarja na zelo aktualna vprašanja, s katerimi se soočamo v Sloveniji pri varovanju vodnih virov:

- kakšno je dejansko stanje onesnaženja,
- kvantitativna opredelitev virov onesnaženja, opredelitev deleža virov onesnaženja iz kmetijske dejavnosti glede na ostale vire – urbane ter industrijske,
- na kakšen način bi lahko zmanjšali emisije onesnaževal iz kmetijstva do sprejemljive stopnje, ne da bi s tem usodno prizadeli kmetijstvo oziroma pridelavo hrane.

Pri usklajevanju interesov kmetijstva ter varstva vodnih virov smo imeli v Sloveniji dosedaj kar nekaj težav. Vse prevečkrat sta se uveljavila dva skrajna pristopa, ki imata oba zelo slabe posledice.

Prvi napačni pristop je uveljavljanje pretirano strogih in neživiljenjskih omejitev za zaščito vodnih virov. Vsi vemo, da so vodni viri osnova vsakega življenja, vendar pa zaradi njihove zaščite večinoma ni potrebno onemogočiti vseh ostalih dejavnosti na nekem območju. V večini primerov pa je možno najti strokovno utemeljene kompromisne rešitve, ki ob dopuščanju nadzorovanega razvoja še vedno ohranjajo kakovost pitne vode. Seveda pa takšen pristop v prvi vrsti zahteva dobro strokovno poznavanje problematike, ki omogoča kvantitativno vrednotenje učinkov posameznih dejavnosti na kemijsko stanje podzemne vode.

Drugi negativen pristop pa je ignoriranje oziroma zanikanje negativnih vplivov, ki jih povzročajo posamezni onesnaževalci. Običajno se pri tem kaže s prstom na druge povzročitelje. Tudi takšna stališča so zelo škodljiva, saj onemogočajo normalen družbeni dialog o problemih, s katerimi se soočamo, ampak tiščimo glavo v pesek in se delamo, kot da problemov ni.

Zaradi navedenih dejstev je bil osnovni namen projekta strokovno in realno oceniti sedanje stanje na področju varovanja vodnih virov ter na tej osnovi ponuditi predloge za izboljšanje stanja, ki so strokovno utemeljeni ter izvedljivi.

Osnovna funkcija vodovarstvenih območij je ohranitev kakovosti pitne vode v vodnih virih, ki so namenjeni za oskrbo prebivalcev s pitno vodo. Z vstopom Slovenije v Evropsko Unijo ter implementacijo evropske Okvirne vodne direktive (Water Framework Directive - 2000/60/EC) ter iz nje izhajajoče Direktive o podzemni vodi (Groundwater Directive, 2006/118/EC) je Slovenija sprejela obvezo, da bo na vseh podzemnih in površinskih vodna teles vzpostavljeno dobro količinsko in kemijsko stanje. Na ta način predstavljajo vodovarstvena območja tudi enega od mehanizmov za vzpostavitev dobrega kakovostnega stanja teles podzemne vode

oziroma vodonosnikov.

Omenjeni evropski direktivi vsebujeta več pomembnih zahtev v zvezi s kakovostjo podzemnih vod, ki jih je Slovenija dolžna upoštevati:

- Kemijsko stanje podzemnih vod je potrebno spremljati z monitoringom na reprezentativnih opazovalnih mestih. Rezultati monitoringa predstavljajo osnovo za načrtovanje in izvajanje ukrepov za izboljšanje stanja
- Vsa vodna telesa morajo doseči dobro kemijsko ter količinsko stanje najkasneje do leta 2015. Dobro kemijsko stanje pomeni, da v telesu podzemne vode ne prihaja do prekoračitev najvišjih dovoljenih koncentracij posameznih onesnaževal.
- Na vodnih telesih ne sme biti opaznih negativnih trendov, ki bi kazali na poslabševanje kakovosti vode oziroma naraščanje koncentracij posameznih relevantnih onesnaževal.
- Voda v vodnjakih oziroma črpališčih za oskrbo prebivalcev mora imeti dober kemijski status kar pomeni, da ni potrebna dodatna priprava vode (filtracija, mešanja vod ipd.)
- Kemijsko stanje podzemne vode ne sme negativno vplivati na ekosisteme, povezane s podzemno vodo.

Ocenjujemo, da predstavlja projekt Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih zelo dobro strokovno osnovo za bodoče aktivnosti v zvezi z zaščito virov zdrave pitne vode v Sloveniji ter istočasno tudi za izpolnjevanje obveznosti evropskih direktiv v zvezi z varovanjem vodnih teles podzemnih in površinskih vod.

ANG

The project responds to very acute issues which are faced with in water resource protection in Slovenia:

- what is the actual state of pollution,
- a quantitative assessment of pollution sources, assessment of the share of pollution from agricultural activity in relation to other sources – urban and industrial,
- in which way emissions of pollutants from agriculture could be reduced to an acceptable level without important affect on agriculture or food production

There have been quite some difficulties in the coordination of the interests of agriculture and water resource protection so far. All too often two radical approaches were exercised, which both resulted in very bad consequences.

The first approach which is wrong is the enforcement of too rigorous and impractical restrictions for the protection of water resources. It is well known that water resources are the foundation of life, yet to protect them it is not necessary to disable all other activities in a certain area. In most cases expert-based compromise solutions can be found which, allowing for controlled development, still preserve the quality of drinking water. Of course such approach primarily requires a good expert knowledge of the problematic issues, which in turn enables a quantitative evaluation of effects of individual activities on the chemical status of groundwater. The second negative approach is ignoring or denying the negative influences caused by certain polluters. Usually in this case the finger is pointed at other polluters. Such views also have a very harmful effect, since they hinder normal social dialogue about problems. In this way we bury our heads in the sand and pretend that the problems do not exist.

Because of the above facts the main goal of the project was to professionally and realistically assess the present status in the field of groundwater protection, and to offer expert-based and feasible suggestions for improvement of the situation.

The basic function of water protection areas is the maintenance of drinking water quality in those resources which are intended for the population's drinking water supply. By joining the EU and with the implementation of the Water Framework Directive - 2000/60/EC and of the proceeding Groundwater Directive, 2006/118/EC, Slovenia has accepted the obligation to establish a good quantitative and chemical status of all ground- and surface water bodies. In this context the water protection areas also represent one of the mechanisms for establishing a good quality status of groundwater and aquifers.

The European directives mentioned contain several important requirements related to the quality of groundwater which Slovenia is obliged to respect:

- Chemical status of groundwater has to be monitored on representative observation points. Monitoring results represent the basis for the planning and execution of remedial measures
- All water bodies have to achieve a good chemical and quantitative status by the year 2015. A good chemical status means that the maximum allowable concentrations of individual pollutants in a water body are not exceeded.
- Water bodies must not show any negative trends which would indicate a deterioration of water

quality or an increase in the concentration of individual relevant pollutants.
- Water in wells and pumping stations, intended for drinking water supply, must have a good chemical status which means that additional preparation of water (filtration, mixing of waters and similar) is not necessary.
- Groundwater chemical status must not adversely affect ecosystems connected with groundwater.
We estimate that the project Farming possibilities in water protection areas provides a very good expert basis for future activities related to the protection of healthy drinking water resources in Slovenia, and at the same time also for the fulfilling of obligations resulting from European directives related to the protection of ground- and surface water bodies.

12. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine.

12.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ v domačih znanstvenih krogih
- ☒ pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹²

Raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije so že izrazili interes za rezultate projekta, saj projekt deloma posega tudi na območja gozdnih površin. V tej zvezi so posebej zanimive emisije dušika, ki se izpirajo v podzemno vodo iz depozicije dušika s padavinami ter pronicanjem vode v tla pod drevesnimi sestoji.

12.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ v mednarodnih znanstvenih krogih
- ☐ pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹³

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹⁴

13. Izjemni dosežek v letu 2012¹⁵

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe

ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS

- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Geološki zavod Slovenije

Janko Urbanc

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	29.10.2013
-----------	------------

Oznaka prijave: ARRS-CRP-ZP-2013-03/11

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 8 in 9 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

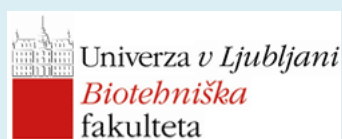
¹³ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/> [Nazaj](#)

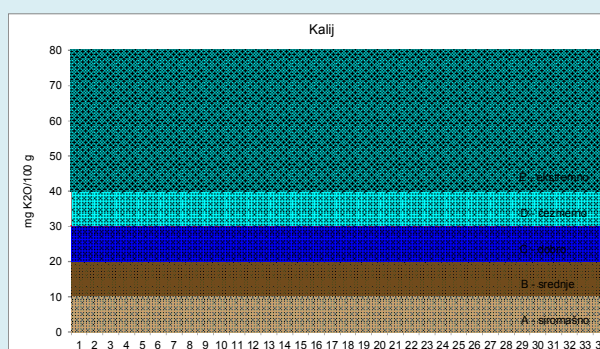
Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2013-03 v1.00

94-89-12-E8-DB-16-3D-D3-71-22-62-E3-CE-00-C1-71-7F-81-93-48



Geološki zavod Slovenije

MOŽNOSTI KMETOVANJA NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH



ZVEZEK II

Ljubljana, oktober 2013

ZAKLJUČNO POROČILO PROJEKTA

MOŽNOSTI KMETOVANJA NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH

VSEBINA:

Zvezek 1

1. UVOD	I-5
2. IZHODIŠČE RAZISKAVE	I-7
3. OPIS OBMOČJA VODONOSNIKA DRAVSKEGA POLJA	I-9
4. VODOVARSTVENA OBMOČJA	I-14
5. MERITVE IN ANALIZE ZA PODROBNEJŠO OPREDELITEV STANJA	I-21
5.1. Tla	I-21
5.1.1. Spremljanje talnih parametrov na opazovalnih poligonih	
5.1.2. Kontrolne meritve parametrov onesnaženja tal na kmetijskih površinah	
5.1.3. Meritve koncentracij nitratov v prenikajoči vodi pod kmetijskimi površinami	
5.2. Nenasičena cona vodonosnika	I-55
5.2.1. Meritve hitrosti prehoda onesnaževal preko nenasičene cone vodonosnika	
5.3. Podzemna voda	I-69
5.3.1. Spremljava nivojev podzemne vode	
5.3.2. Značilnosti kemijske sestave podzemnih vod Dravskega polja	
5.3.3. Značilnosti izotopske sestave podzemne vode	
5.4. Ocena potenciala vnosa dušika v tla – obdelava podatkov v GIS	I-161

Zvezek 2

6. MODELIRANJE PROCESOV V VODONOSNIKU	II-4
6.1 Model SWAT (Matjaž)	II-4
6.2 Hidrokemijski bilančni model vodonosnika	II-95
6.3 Hidravlični model vodonosnika Modflow	II-108
6.4 Sistem za podporo odločitvam v obliki spletne GIS aplikacije	II-129
7. ZAKLJUČKI IN PREDLOGI UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE STANJA	II-145
7.1 Povzetek zaključkov projekta	II-145
7.2. Predlogi ukrepov za izboljšanje stanja podzemne vode	II-151

6. MODELIRANJE PROCESOV V VODONOSNIKU

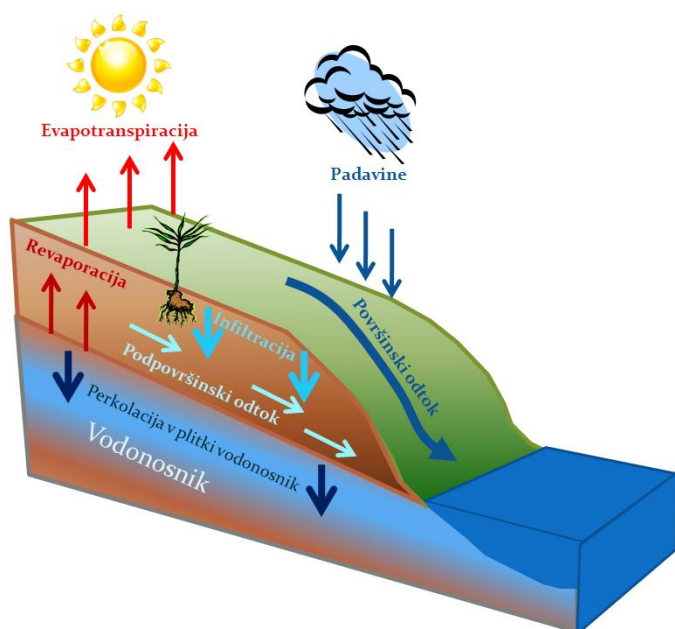
6.1. Model SWAT

Izdelava konceptualnega modela - Postavitev modela procesov v nenasičeni coni

Procese v nenasičeni coni smo modelirali z modelom SWAT. Na podlagi merjenih podatkov smo postavili model, ga umerili na dnevno merjeno količino vode v tleh, ki smo jo spremljali s pomočjo, v talni profil vgrajenih, sond. Za nadzor delovanja modela smo uporabili tudi koncentracijo pronicajočega nitratnega dušika pod območjem korenin, katerega meritve je s pomočjo lizimetrov izvajal Geološki zavod Slovenije.

Vodni krog

Vsebnost vode v tleh nam v kombinaciji z vremenskimi podatki poda informacijo o tem, koliko vode ob padavinah odteče, se infiltrira, ali pronica (perkolira) v vodonosnik. Ob odsotnosti padavin pridobimo informacijo o izgubah vode v obliki evapotranspiracije (Slika 6.1). Z vsem tem je močno povezano tudi gibanje hranil v profilu tal.



Slika 6.1: Vodni krog

Netočkovni viri hranil ter poti prenosa so močno povezane z vodnim krogom, ki deluje pod vplivom vode in energije sonca. Padavine ob stiku s tlemi lahko sledijo različnim preferenčnim potem, s katerimi prenašajo tudi onesnažila in sediment. Te poti so: površinski odtok (prenos N, P) in plitek podpovršinski odtok (prenos N, P) in vertikalno izpiranje v plitki

vodonosnik (prenos N). Najpomembnejša pot prenosa hranil v talnem profilu je njihovo izpiranje s padavinami ali namakalno vodo. Intenzivnost izpiranja je lahko zelo različna in je odvisna predvsem od lastnosti substance (topnosti, kemične stabilnosti, adsorpcijsko-desorpcijskih lastnosti, razpolovne dobe in/ali transformacijskih lastnosti); lastnosti okolja (talnega profila, padavinskega režima v povezavi z vodnima režimom tal) in tehnologije kmetovanja. Na razgradnjo dušika dodatno vplivajo mineralizacija organske snovi in nadaljnji transformacijski procesi. Razkroj organske snovi tal se dogaja skozi vse leto, če to dopuščajo temperature, a topni produkti tega procesa niso izprani, dokler večje padavine (nevihte) ne premaknejo vode skozi tla ter povzročijo desorpcijo in izpiranje, s čimer povzročijo višanje vsebnosti v vodnih telesih. Razumevanje procesov izpiranja hranil je osnova za razvoj modelov napovedovanja učinkov spremembe tehnologije kmetijskega pridelovanja.

Infiltracija in podpovršinski tok

Infiltracija je proces vstopanja vode in raztopljenih hranil iz površine v profil tal. Padavine, ki jih sprejmejo tla, lahko ob majhni količini ostanejo vezane v kapilarah med talnimi delci (matrični potencial), a če količina padavin preseže poljsko kapaciteto tal, se začne voda infiltrirati skozi profil. Stopnja infiltracije je odvisna od fizikalnih lastnosti tal, rastlinskega pokrova, vsebnosti vode v tleh, temperature tal in intenzitete padavin. Manjša kot je vlažnost tal, večja je stopnja infiltracije (Wolfe, 2000). Površinska zaskorjenost lahko zmanjša infiltracijo. Lamande in sod. (2003) so raziskovali vpliv deževnikov na infiltracijo in zadrževalno sposobnost tal mezoporoznih tal (premer por 30 do 1.000 μm). Ugotovili so, da na strukturo in fizikalne lastnosti tal, ki so med seboj močno povezane, vplivajo tako načini obdelave tal kot deževniki.

Infiltracija je pomembna za prenos dušika, v določenih pogojih tudi fosforja. Vendar morata biti za začetek prenosa hranil izpolnjena dva pogoja. Vsebnosti NO_3^- ali PO_4^{3-} v talni raztopini morajo biti dovolj velike in gibanje vode navzdol po profilu mora biti dovolj veliko, da pride do premika dostopnih hranil do in pod območje korenin (Ritter, 2000). Prenos fosforja, se lahko pojavi v večini na peščenih tleh z zelo nizko adsorptivno sposobnostjo talnih delcev. Prekomerno gnojenje s fosforjem lahko poveča potencialne izgube na drenažnih sistemih, saj nobena tla nimajo neskončne sposobnosti za adsorpcijo fosforja in zadrževanje vode.

Perkolacija in podzemna voda

Perkolacija (pronicanje) je gibanje vode navzdol po profilu tal pod območje korenin do vodonosnika, matične podlage in naprej. Voda perkolira skozi tla podobno kot skozi gobo in se giblje iz prostora do prostora v matični podlagi (razpoke v skalah, med peski in prodniki, skozi kanale v apnencu). Podzemna voda in površinska voda sta med seboj povezani prek napajanja in odvajanja vode. Podzemna voda oz. podtalnica nastaja z gibanjem vode v tleh skozi vadozno nenasičeno območje do nasičenega območja ali do nepropustne plasti. Napajanje podzemne vode lahko poteka tudi preko površinskih vodnih teles. Odvajanje vode iz podzemne vode se dogaja preko izvirov, izvirskih jezer, mokrišč, dna strug vodotokov, oceanov in antropogenih vplivov (črpanje vode za pitno vodo in namakanje). Interakcije med

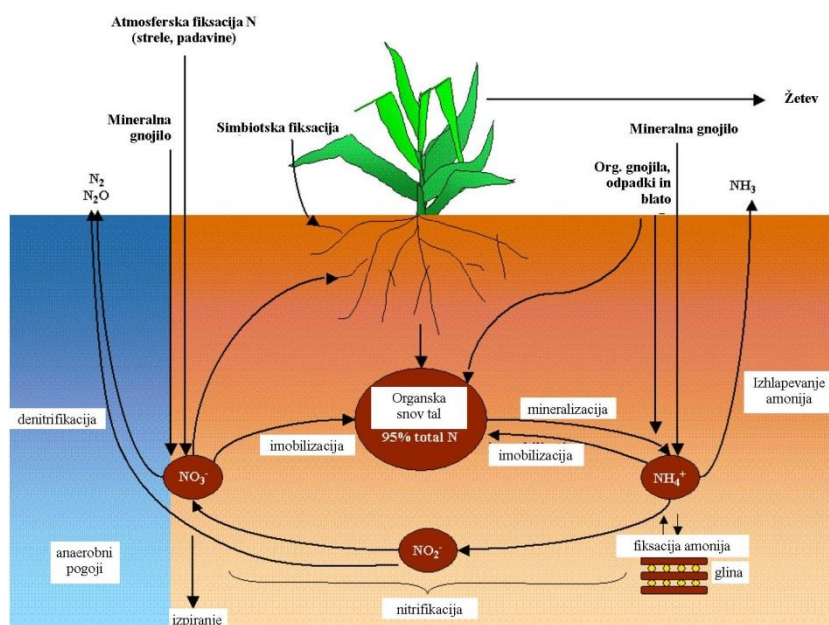
podzemno vodo, tlemi in površinsko vodo se odsevajo v problemu netočkovnih virov onesnažil.

Netočkovni viri dušika

Po letu 1940 se je površina ornih zemljišč in količina mineralnih gnojil po svetu in Evropi močno povečala. Intenzivnejša pridelava in večja gostota živali sta vzročno vplivali na večji vnos dušika na zemljišča in izpiranje v površinske vode. Že več kot 20 let je bil glavni cilj znanstvenikov širom Evrope ugotoviti bilanco in gibanje hranil iz kmetijskih površin in njihov učinek na vodna telesa širom Evrope. Dušik je glavno onesnažilo v podzemni vodi in je še posebno potrjen številnim analizam. Pretekle neprimerne odločitve so povzročile, da so mnogi viri pitne vode iz podzemne vode neprimerni za uporabo.

Dušik in še posebno vsebnost nitrata v vodah je postal resen problem, ko so odkrili vzročno povezavo med njim in methemoglobinemijo ali sindromom modrikastega dojenčka, ki nastane zaradi vezave dušika na mesto kisika v rdečih krvničkah, ki skrbijo za prenos kisika po telesu. V zadnjih letih se veliko piše tudi o nevarnosti nitrata za nastanek določenih vrst raka prebavil in bolezni reproduktivnih organov. Zato je večina držav, tudi v EU, sledila priporočilom Svetovne zdravstvene organizacije in upoštevala njeno priporočeno mejno vrednost 50 mg l^{-1} nitrata v pitni vodi. V ZDA je meja 44 mg l^{-1} nitrata (ekvivalent 10 mg l^{-1} nitratnega dušika).

Bilanca dušika v tleh in podtalnici je odvisna od številnih dejavnikov (biološki, klimatski, fizikalno-kemične lastnosti tal) (Slika 6.2). V naravni obtok posega človek z različnimi ukrepi (obdelava tal, gnojenje) s ciljem pridelati hrano. Dušik je lahko dostopno hranilo, ki je večini poljščin omejujoč faktor pridelave, vendar prevelika vsebnost nitrata v talni raztopini pomeni hitro izpiranje in izgubo hranil. Izpiranje dušika je v Sloveniji najintenzivnejše od aprila do julija, ko se v normalnih letih izpere $3/4$ celoletne dodane količine N (Lobnik in sod., 1995). Za večino tal velja, da je 98–99 % skupnega dušika vezano v organski obliki, od koder se pod vplivom mikroorganizmov počasi sprošča v amonijevi ali nitratni obliki. Dušik je v vodnih habitatih običajno za rast omejujoč faktor. Človek ga v vodne ekosisteme vnaša v različnih oblikah: kot mineralni ali organsko vezani dušik z različnimi gnojili, industrijskimi in komunalnimi odplakami, odpadki in plini.



Slika 6.2: Dušikov krog (Neitsch in sod., 2005)

Gnojenje je najmočnejši vir nitratov v naravi (Zahn in Grimm, 1993). Vsebnost nitrata v podtalnici na pogozdenih območjih južne Nemčije je bila v povprečju 21 mg l^{-1} ; na območjih, kjer se mešata vpliv naselij in kmetijstva, je prešla tudi preko 40 in 50 mg l^{-1} ; na območjih odlaganja odpadkov so izmerili vsebnosti preko 78 mg l^{-1} . Tudi meritve nitrata v različnih točkah podtalnice in površinskih vod Apaškega polja so pokazale, da je podtalnica bolj onesnažena kot površinske vode (Pintar, 1996). Vsebnosti so bile v vseh merskih točkah v jesensko zimskih mesecih v primerjavi s poletnimi meseci praviloma povišane, kar je značilno za Evropo v celinskem podnebnju. Nekaterе meritve kakovosti podtalnice v preteklosti so že nakazale, da voda v nekaterih predelih polja vsebuje nitrato v vsebnostih, ki močno presegajo mejo $10 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1} = 44 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$, ki predstavlja mejo naravnega pojavljanja nitrata. Podatki o izotopni sestavi dušika v nitratu so pokazali, da tudi naselja vplivajo na onesnaženje podtalnice na Apaškem polju. Kljub gnojenju z mineralnimi gnojili, nikoli niso izmerili vrednosti izotopske sestave dušika v nitratu, ki bi neposredno nakazovala mineralni vir nitrata (Lobnik in sod., 1995). Kreitler (1979) je opazil, da v času trajanja raziskave ni bilo direktnega spiranja mineralnih gnojil v podtalnico in da je aplikaciji gnojil vedno sledila frakcinacija, ki je spremenila izotopsko sestavo dušika. Tudi Wells in Krothe (1989) sta opazila, da kljub gnojenju površin večina vzorcev podtalnice še vedno kaže na onesnaženje iz odpadne vode urbanih območij.

Večina nitrata se izgubi s spiranjem v podtalnico in manj s površinskim odtokom, a to je predvsem odvisno od geologije in vrste tal. Zato so površinske vode manj onesnažene z nitrati kot podtalnica. Za spiranje nitrata so v Sloveniji nevarna obdobja z več dežja v jeseni in pozimi, ko je nitrat, ki ostane v tleh po žetvi izpostavljen spiranju, skupaj z nitratom, ki se mineralizira iz žetvenih ostankov (Glavan in Pintar, 2010). V tem obdobju ni aktivnega sprejemanja N v rastline, evapotranspiracija je nizka in presežek vode večji (Nacionalni..., 2004; Rusjan, 2008). Zato priporočajo zgodaj jeseni posejati naknadni posevek, ki prepreči nekontrolirano sproščanje N v okolje. Drugo obdobje nevarnosti izpiranja v Sloveniji je v maju in prvi polovici junija, ko je dosežen padavinski maksimum in določene poljščine in vrtnine še

niso popolnoma prekoreninjene. Rejec Brancelj (2001) navaja, da kmetije večino dušika vnesejo z gnojem in več z mineralnimi gnojili kot z gnojevko. Izjema je območje Goriških Brd, kjer je delež dušika iz živinskih gnojil le 17 %. Izstopajo ravnine, kjer je delež dušika iz živinskih gnojil enakovreden mineralnim. V hribovskih in kraških območjih se uporaba dušika prevesi v korist živinskih gnojil in je 8 : 2 (živinska : mineralna). V povprečju velja, da v Sloveniji dve tretjini dušika vnesemo z živinskimi gnojili in eno tretjino z mineralnimi (Rejec Brancelj, 2001).

Model Soil and water assessment tool - SWAT

Model Soil and water assessment tool (SWAT) je bil razvit kot pomoč upravljavcem vodnih virov pri preučevanju vpliva kmetijskih dejavnosti v porečjih. Jedro modela je bilo razvito v začetku 90-ih let na podlagi 30 letnih izkušenj z modeliranjem, ki je potekalo v okviru ministrstva za kmetijstvo Združenih držav Amerike (USDA). Model je nastal z združitvijo treh že obstoječih modelov (CREAMS, EPIC, GLEAMS) in so ga v začetku imenovali SWRRB, ob nadgradnji so ga preimenovali v SWAT (Gassman in sod., 2007). SWAT je bil v osnovi razvit za porečja, ki niso pokrita s merilnimi postajami, vendar je za resno raziskovalno delo treba model kalibrirati, za kar potrebujemo dejanske meritve pretokov in vsebnosti hranil v vodotokih. Deluje z namenom napovedovanja vplivov načina gospodarjenja z zemljišči na vodnatost površinskih voda in na količine sedimenta ter iz kmetijstva izvirajočih kemičnih snovi (dušik, fosfor, pesticidi). Uporablja se lahko tudi za napovedovanje vpliva podnebnih sprememb na okolje. Model je prostorsko porazdeljen, zato se vplivi sprememb v rabi, obdelovanju tal ter vremenu z lahkoto modelirajo. ArcSWAT ArcGIS razširitev je grafični uporabniški vmesnik za SWAT (Arnold in sod., 1998), ki za učinkovito delovanje potrebuje podatke o rabi zemljišč, pedologiji, nagibih, vremenu, rabi voda, obdelovanju tal, podatke o kakovosti površinskih voda, itd. Model simulira pretok vodotokov in odtokov (površinskih, podpovršinski, drenaža, tok podzemne vode, lateralni tok, namakanje), procese v porečju (vreme, erozijo, rast rastlin, cikle hranil, dinamiko sredstev za varstvo rastlin, temperaturo tal, tehnologije pridelovanja iz kmetijstva in upravljanja urbanega prostora). Model lahko deluje na letni, mesečni ali dnevni (tudi urni) skali. Možno ga je povezati z modeli APEX, EPIC in ALMANAC.

Ob pregledu znanstvene literature lahko zasledimo, da se model SWAT obširno uporablja za modeliranje hidrologije v smislu količine vode (pretok, gibanje podzemne vode, voda v tleh, sneg in upravljanje z vodami), kakovosti voda (raba zemljišč, tehnologije pridelovanja, dobra kmetijska praksa, kmetijsko-okoljski ukrepi, kmetijstvo) in učinkov podnebnih sprememb (Krysanova in Arnold, 2008; Gassman in sod., 2007). Praktično vse raziskave se začno s kalibracijo in validacijo modela, mnoge tudi z analizo senzitivnosti. Uporaba modela širom po svetu je odkrila nove raziskovalne priložnosti v razreševanju pomanjkljivosti modela. Že kar nekaj let priznavajo kot glavno pomanjkljivost prostorske procese transporta voda, sedimenta in onesnažil. Dejstvo, da hidrološke odzivne enote (Hydrological response units – HRU) niso medsebojno povezane, je ohranjalo model preprost, a hkrati je omogočal izvedbo heterogenosti med tlemi in rabo znotraj podpovodij. A kot trdita Krysanova in Arnold (2008) je ne-prostorski aspekt HRU glavna slabost SWAT. Za razrešitev tega bo treba izvesti temeljite raziskave o gibanju vode in sedimenta preko pokrajine od vrhov hribov do dna dolin in

pridobiti dobre podatke s primerno zanesljivostjo, da bodo omogočali realistično simuliranje velikih porečij, izvorov onesnaževanja, varovalnih pasov in poplavnih ravnic.

SWAT se razvija v ZDA, kjer ga je Environmental Protection Agency vzela za svojega, zato so številni parametri uporabljeni v modelu prilagojeni tamkajšnjim razmeram. Tudi največjo razširjenost in uporabo je doživel prav tam. V EU se je model SWAT začel obširno uveljavljati kot pripomoček pri načrtovanju upravljanja vodotokov ob uveljavitvi okvirne vodne direktive (VD) v letu 2000, ki v ta namen zahteva orodja, kot je SWAT (Barlund, 2007). Evropska komisija je za potrebe zagotovitve končnemu porabniku primerne orodja, ki bi lahko zadovoljilo obstoječe evropske potrebe po harmonizaciji in transparentnosti količinske ocene izgub razpršenih virov hranil, z namenom olajšati uveljavljanje vodne direktive in nitratne direktive, finančno podprla projekt EUROHARP (Kronvang in sod., 2009a). V okviru projekta so primerjali devet različnih modelov porečij za simulacijo razpršenih virov onesnaževanja iz kmetijstva na številnih porečjih v Evropi, tudi SWAT. Pregled uporabe modela se bo dotaknil področij, ki predstavljajo glavne točke te raziskave: pedologija in voda tleh, prenos sedimenta, N in P, sprememba rabe zemljišč, podnebne spremembe in kmetijsko-okoljski ukrepi.

Pedologija in voda v tleh

Kot navajajo Bryant in sod. (2006) je hidropedologija veda, ki združuje znanje hidrologije in pedologije, katere cilj je ugotoviti pravilno razporejanje vode v sistemu tal, saj kalibracija modelov le na podatke o pretoku vodotokov vedno ne pokaže stanja na posameznih HRU-jih. Dejstvo je, da napovedovanje izpiranja N zahteva znanje o razporeditvi vode med infiltracijo in odtokom.

Evapotranspiracija (ET) je funkcija rasti rastlin, zato lahko le pravilna simulacija rasti in tehnologij pridelovanja zagotovi realistično modeliranje ET in izpiranja hranil v porečju. Infiltracija hranil v profil tal je odvisna od količine vode, ki vstopa in se premika skozi talni profil. Pravilno modelirana infiltracija lahko zagotovi točno simulacijo izpiranja hranil v vodno telo (podzemna voda, reka). Pred modeliranjem hranil je potrebno zagotoviti pravilno porazdelitev vode v naslednje tri faze: evapotranspiracija, površinski odtok in infiltracija s perkolacijo (Whitehead, 2006).

Fizikalni parametri tal v digitalni obliki so zelo pomemben vhodni podatek za modeliranje s hidrološkim modelom SWAT (Di Luzio in sod., 2004). Vedno, ko pri interdisciplinarnih raziskavah uporabljamo lastnosti tal, moramo biti izredno previdni in preveriti, ali so vsi predpogoji za uporabo izpolnjeni, saj lastnosti tal določajo tudi rast rastlin (biomasa) in pojavnost ter razporejenost rastlinstva in živalstva. Tla tudi regulirajo sproščanje hranil v atmosfero, površinske in podzemne vode, to pa zahteva visoke standarde pri kakovosti podatkov o tleh (Frede in sod., 2002; Bormann in sod., 2007; Silgram in sod., 2009). Frede in sod. (2002) na podlagi analize več modelov opozarjajo na veliko previdnost pri uporabi podatkov o lastnosti tal, če jih ne uporabljamo za namene, za katere so bili odvzeti vzorci tal. Tako se sprašujejo, ali je možno uporabiti le na nekaj vzorcih laboratorijsko izmerjeno hidravlično prevodnost tal do globine 2 m za obširna modelirana območja in ugotavljanje površinskega in podzemnega toka; ali je dolgoročno modeliranje pravilno, če modeli ne

upoštevajo sprememb, ki se dogajajo v okolju, a jasnih odgovorov zaradi kompleksnosti vprašanj ne ponudijo.

Modeliranje dušika

V projektu EUROHARP se je SWAT glede na rezultate izkazal za boljšega med modeli za simulacijo dušika (Schoumans in sod., 2009), saj se je uvrstil v zgornjo tretjino ob bok modeloma NL-CAT in TRK. Vendar raziskovalci opozarjajo, da sta modela SWAT in NL-CAT zelo zahtevna po številu podatkov in po interpretaciji (Silgram in sod., 2009). Študija EUROHARP je pokazala, da evropski modelarji še niso sposobni predlagati le enega najboljšega in najprimernejšega modela za vsa porečja v Evropi, saj se modeli glede na kakovost vhodnih podatkov različno dobro odzivajo (Kronvang in sod., 2009b).

Bouraoui in Grizzetti (2008) sta raziskovala kritične poti transporta hranil v porečju z intenzivnim kmetijstvom. Ugotovila sta, da je podzemna voda glavni vir nitrata v površinskih vodah to pomeni, da je potrebno kmetijsko-okoljske ukrepe usmeriti na znižanje primarnega izpiranja nitrata. Schilling in Wolter (2009) sta za porečje reke Des Moines River v Iowi ugotovila, da bi zahtevano znižanje količin nitrata (34 %) lahko dosegli s znižanjem uporabe mineralnih gnojil iz 170 na 50 kg ha⁻¹, kar bi prispevalo k 38 % znižanju količin nitrata.

Priprava vhodnih podatkov za postavitve računalniškega modela SWAT

V okviru CRP projekta »MOŽNOSTI KMETOVANJA NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH« smo za modeliranje izpiranja dušika iz reprezentativnih raziskovalnih poligonov uporabili model Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Model je nastal tudi z vključitvijo algoritmov modela GLEAMS. Model je polporazdeljen, v času sklenjen, s fizično umeščenimi hidrološkimi odzivnimi enotami in možnostjo modeliranja hidrologije in razpršenih virov onesnaženja. Vse to uporabniku omogoča preučevanje kratkoročnih in dolgoročnih vplivov dobrih kmetijskih praks in kmetijsko okoljskih ukrepov. Deluje tako, da napoveduje vplive načina gospodarjenja z zemljišči na vodnatost voda, in na količine sedimenta ter iz kmetijstva izvirajočih kemičnih snovi (dušik, fosfor, pesticidi) v kompleksnih povodjih s številnimi talnimi tipi, rabami zemljišč in pridelovalnimi tehnologijami preko daljših časovnih obdobj. SWAT je za resno raziskovalno delo potrebno kalibrirati in validirati. Za kar se potrebuje predhodno opravljene dejanske meritve, ki jih primerjamo s rezultati simulacije.

Za zagon modela zbiramo širok spekter vhodnih podatkov (Preglednica 6.1): karto rabe zemljišč, karto tal, digitalni model višin, dnevne podatke o hidrologiji (vsebnost vode v tleh, čas in količina namakanja), vremenu (minimalna in maksimalna temperatura, padavine, sončno obsevanje, veter, relativna zračna vlaga), parametrih tal (debelina horizontov, hidrološka skupina, gostota, tekstura, barva, skelet, organska snov, hidravlična prevodnost, maksimalna vsebnost rastlinam dostopne vode, erozivnost - MUSLE), rasti rastlin (indeks listne površine, razvoj suhe biomase in povprečni pridelek), kolobarjih (kulture v kolobarju, termini setve in spravila), tehnologiji obdelovanja tal (termini osnovne priprave tal, obdelave med in po vzgoji), organskih in mineralnih gnojil (vrsta, termini uporabe, količina, vsebnost

hranil). Za izvedbo primerjalnih scenarijev model potrebuje morebitne spremembe v vrsti kulture, kolobarjih, tehnologiji obdelave in uporabi hranil.

Z meritvami podatkov smo začeli v začetku julija 2011 in jih nadaljevali skozi celotno obdobje poskusa. Ko smo podatke zbrali, smo jih tekom raziskave postopoma vnašali v model in tako pripravljali model sedanjih kmetijskih praks na raziskovalnih območjih. V nadaljevanju smo s scenariji dobrih kmetijskih praks za varovanje voda na vodovarstvenih območjih oblikovali tipične kolobarje za Dravsko ptujsko polje.

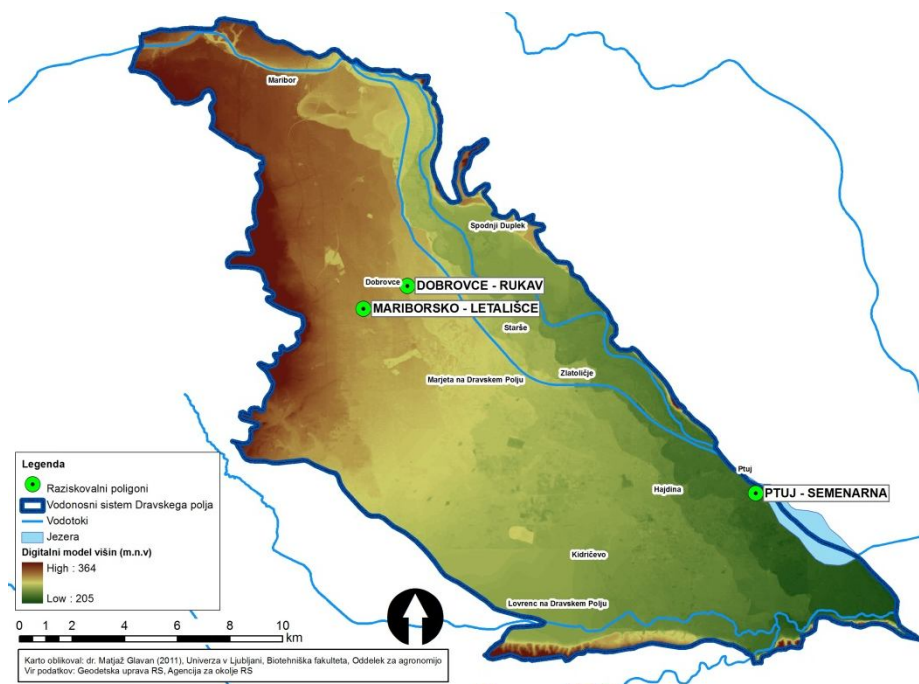
Preglednica 6.1: Vhodni podatki za postavitev modela

Vreme	Enota	Vir podatkov
padavine	mm dan ⁻¹	Agencija RS za okolje (ARSO) Postaje Maribor (vsi), Ptuj (padavine)
povprečna temperatura	°C dan ⁻¹	
min. in maks. temperatura	°C dan ⁻¹	
energija globalnega obsevanja (sončno obsevanje)	(h dan ⁻¹)	
povprečna hitrost vetra	km dan ⁻¹	
Tla		
digitalna pedološka karta	.shp	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO)
število in globina horizontov		
globina korenin	cm	
gostota	cm ³ cm ⁻³	terenske meritve pedotransfer funkcije
poljska kapaciteta	cm cm ⁻¹ ₁	
točka venenja	cm cm ⁻¹ ₁	
nasičena hidravlična prevodnost	cm h ⁻¹	
barva tal		

organska snov	masni %	laboratorijske meritve
tekstura (glina, melj, pesek)	masni %	
erozivnost tal - MUSLE		izračun
Poljščine – tehnologija pridelovanja		
število let v kolobarju		Pridelovalci KGZS-Zavod Maribor
vrsta poljščine		
čas setve/saditve		
čas spravila		
čas gnojenja, vrsta gnojila, način in globina aplikacije		
čas uporabe različnih strojev za obdelavo tal in globina obdelave		
čas zaoravanja zelenega gnojenja		
globina korenin	cm	SWAT baza podatkov
maksimalna višina rastlin	m	KGZS - Zavod Maribor
vsebnost hranil v rastlinah		
krivulja razvoja biomase (suha snov)	kg ha ⁻¹	
potencialni pridelek	kg ha ⁻¹	
žetveni indeks		
LAI poljščine		
Zemljišče		
digitalna karta rabe zemljišč	.shp	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (MKO)
razredi rabe		
velikost	ha	
širina in dolžina	m	
digitalni model višin	raster	Geodetska uprava RS (GURS)

Opis območja in raziskovalnih poligonov

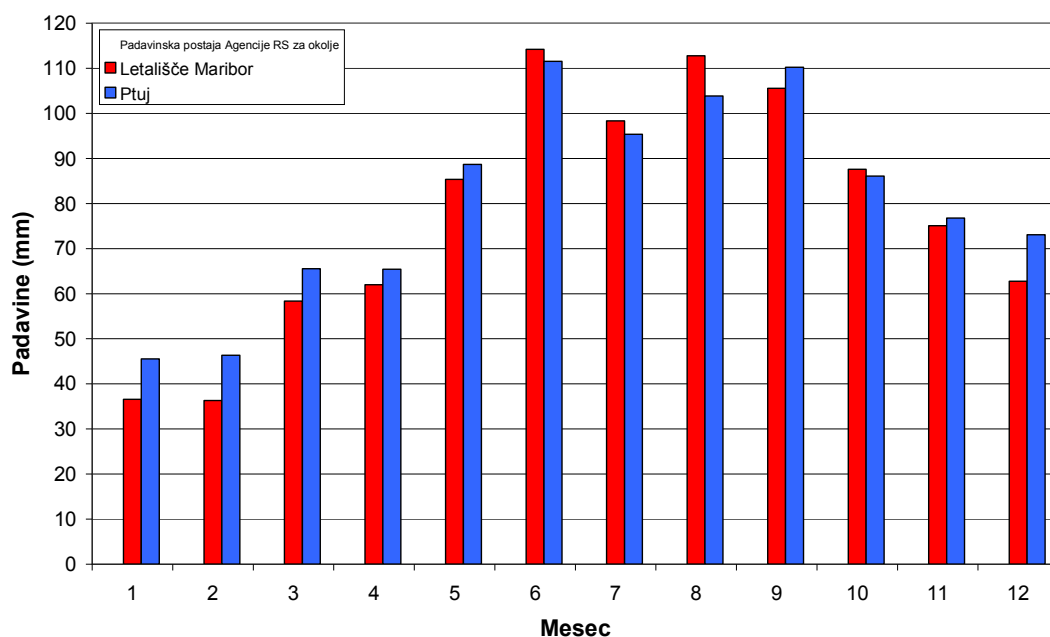
Raziskovalni poligoni se nahajajo na aluvialnih ravninah reke Drave v severovzhodni Sloveniji – Dravsko polje. Nadmorska višina območja se giblje med 205 in 364 metri (Ptuj Semenarna – 218 m.n.v; Dobrovce – 253 m.n.v.; Maribor Letališče – 262 m.n.v) (Slika 6.3). Vsi trije poligoni se nahajajo na ravnini brez izrazitih nagibov. Kmetijske površine ležijo na medzrnskem vodonosniku s karbonatnimi in silikatnimi plastmi, ki je glavni vir pitne vode. Vodonosnik je obširen, s srednje do visoko stopnjo podzemnega toka.



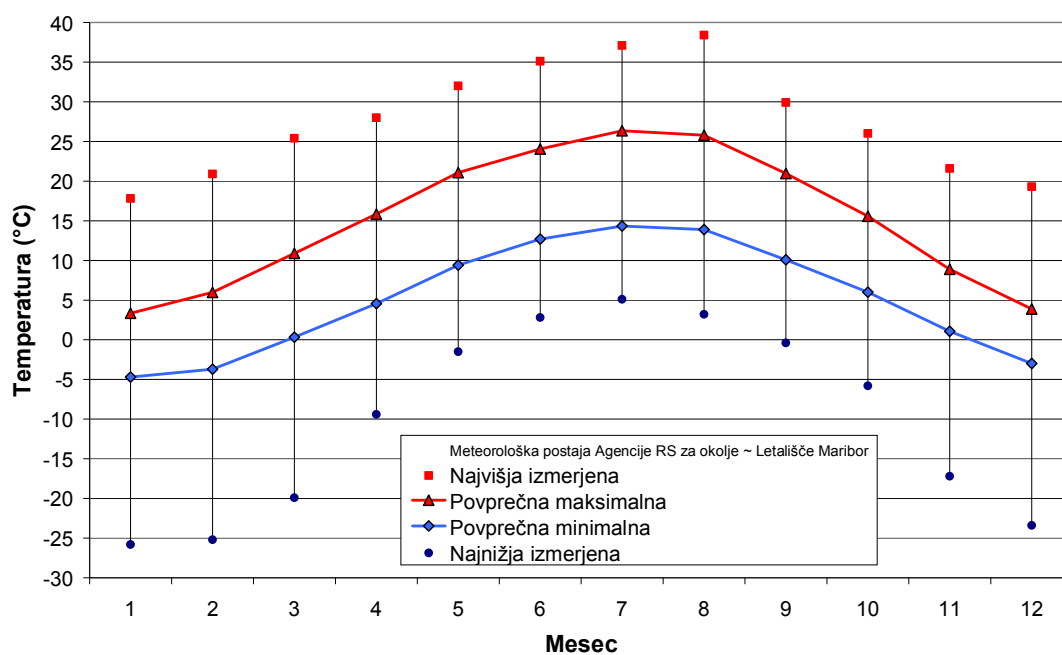
Slika 6.3: Digitalni model višin vodnosnega sistema Dravsko-ptujsko polje z označenimi raziskovalnimi poligoni

Vreme in podnebje

Geografsko gledano leži Dravsko-ptujsko polje na območju subpanonske Slovenije. Območje zaznamuje celinsko do sub-celinsko podnebje z najmanjšimi količinami padavin v zimsko-pomladanskih (januar - april) mesecih in največjimi v poletnih mesecih (junij - september) zaradi značilnih nevihtnih padavin, po podatkih ARSO za obdobje 1981 – 2010 (Slika 6.4). Povprečna letna izmerjena količina padavin je bila 935 mm (Letališče Maribor) in 959 mm (Ptuj). Povprečna letna izmerjena minimalna temperatura na Letališču Maribor je bila 5,3 °C in maksimalna 15,3 °C (Slika 6.5). Povprečna minimalna temperatura meteorološke zime (dec-feb) je bila -3,8 °C in meteorološkega poletja (jun-avg) 25,4 °C.



Slika 6.4: Povprečne letne mesečne padavine (mm) za meteorološko postajo Letališče Maribor in padavinsko postajo Ptuj za obdobje 1981-2010 (Agencija RS za okolje)



Slika 6.5: Povprečne letne mesečne maksimalne in minimalne temperature (°C) za meteorološko postajo Letališče Maribor za obdobje 1981-2010 (Agencija RS za okolje)

Za izračun sončnega obsevanja ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$) iz sončnih ur (h dan^{-1}) smo uporabili model AWSET 3 (Hess, 2000). Sončno obsevanje/radiacija je bila izračunana s pomočjo Ångströmove enačbe, ki vzpostavlja povezavo med dotekajočim sončnim obsevanjem in izvenzemeljskim obsevanjem ter relativno dolžino sončnih ur:

Sončno obsevanje (R_s):

$$R_s = R_a \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right)$$

Kjer je:

R_s	dotekajoče kratkovalovno obsevanje ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
R_a	izvenzemeljsko obsevanje ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) ($16.83 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
N	maksimalno število ur dnevne svetlobe (ura) (11,98 ur)
n	dejanska dolžina sončnega obsevanja (ure)
$\frac{n}{N}$	relativna dolžina časa sončnega obsevanja (ure)
a_s	Angstromova regresijska konstanta (0.25)
b_s	Angstromova regresijska konstanta (0.50)

Za izračun dnevne potencialne evapotranspiracije (PET) lahko uporabimo privzete formule modela SWAT, ki izračuna vrednosti na podlagi vnesenih meteoroloških podatkov, ali vnesemo svoje izračune. Model omogoča izračun po več metodah (Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves), od katerih smo v procesu modeliranja izbrali metodo po Penman-Monteithu. Združuje komponente, ki vključujejo energijo, potrebno za vzdrževanje evaporacije, ima močan mehanizem, nujen za izhlapevanje vodne pare, in toplotni vzgon ter mehanizem zagotavljanja pogojev za aerodinamično in površinsko napetost (Neitsch in sod., 2005). Za izračun PET po Penman-Monteith metodi potrebujemo naslednje meteorološke podatke: temperaturo (min., maks.), sončno obsevanje, relativno zračno vlago in veter.

Potencialna evapotranspiracija – Penman-Monteith ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$):

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot (H_{net} - G) + \rho_{zrak} \cdot c_p \cdot [e_z^\circ - e_z] / r_a}{\Delta + \gamma \cdot (1 + r_c / r_a)}$$

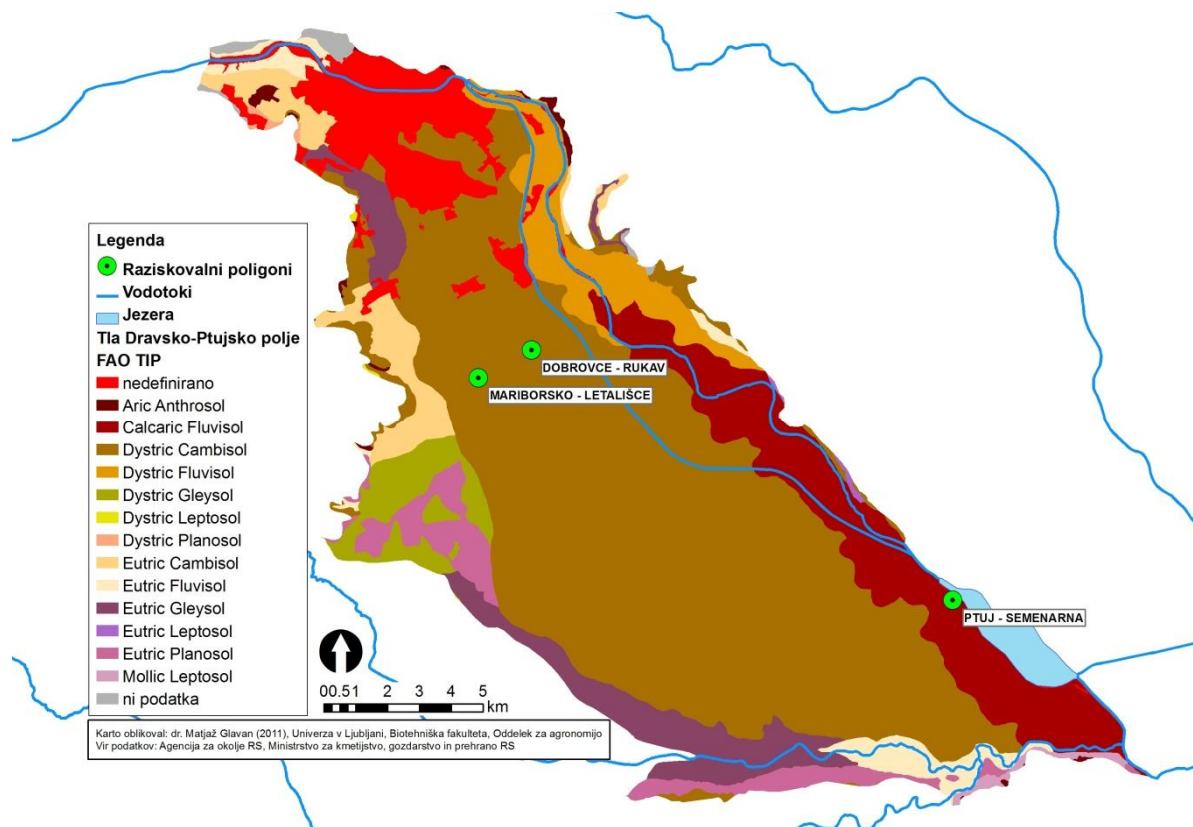
Kjer je:

λE	gostota latentnega toka toplote ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
E	stopnja evaporacije (mm dan^{-1})
Δ	naklon krivulje nasičenosti vodne pare – temperatura de/dT ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
H_{net}	neto radiacija ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
G	toplotni tok tal ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
ρ_{zrak}	gostota zraka (kg m^{-3})
c_p	specifična toplotna kapaciteta vlažnega zraka ($\text{MJ kg}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$)
e_z°	nasičeni parni pritisk zraka pri višini z (kPa)
e_z	vodni parni pritisk zraka pri višini z (kPa)
γ	psihrometrična konstanta ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
r_c	upornost rastlinskega pokrova (s m^{-1})
r_a	aerodinamična upornost (s m^{-1})

Tla

Dravsko-ptujsko polje je po svoji tektonski zgradbi sinklinala (ljutomerska), ki je zapolnjena s terciarnimi sedimenti. Debelina prodnih kvartarnih naplavin je močno spremenljiva, ker je tudi terciarna podlaga valovita. Na območju Maribora je plast kvartarnih usedlin debela okoli 35 m, na osrednjem in jugozahodnem delu Dravskega polja niha med 30 in 30 m, medtem, ko na Ptujju ne preseže 20 m. Polje je velik rezervoar podtalne vode. Vodonosna plast na Dravskem polju je debela od 12,6 do 21,4 m, na Ptujskem polju od 5 do 12 m. Na Dravskem olju je mogoče izkoristiti, pri uravnoteženem stanju, še okoli $2,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, na Ptujskem polju pa okoli $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ podtalnice.

Ptujsko polje pripada ravninski naravni regiji, kjer so se tla razvila na produ in pesku. Tla so plitva, vsebujejo veliko peščenih delcev in večjega kamenja (Slika 6.6). Zaradi celinskega podnebja s spomladanskimi padavinami in vročimi ter relativno suhimi poletji, se na teh tleh pogosto pojavlja suša. Glede nastanka tal imata obe pedosekvenci po dve združbi tal. Na produ in pesku so to obrečna tla na holocenski terasi in rjava tla na pleistocenski terasi, na glini in ilovici pa rjava psevdoglejena tla in antropogena meliorirana tla. Obrečna tla so mlada, pedološko nerazvita. Po teksturi so drobno peščena (mivkasta), vsebujejo zelo malo glinastih delcev. Tla so propustna in sipka. Mivka sega do globine 100 cm, prod redko prihaja na površje. Odcedna mesta so njive z ugodnimi pridelovalnimi pogoji predvsem tam, kjer so varovana pred poplavami. Rjava tla so največja talna enota, ki je z vidika samooskrbe strateško področje za pridobivanje hrane. To omogočata kakovost tal in raven relief. Tla so srednje globoka, srednje humozna, prepustna, lahke teksture.



Slika 6.6: Pedologija vodonosnega sistema Dravsko polje po FAO klasifikaciji

Na matični podlagi, ki je večinoma nekarbonatni prod, so se po mednarodni klasifikaciji Organizacije za prehrano in kmetijstvo (FAO) razvila naslednja tla: distrični Cambisol (53 %) in karbonatni Fluvisol (12 %) (Preglednica 6.2). Tla so večinoma plitka, skeletna z ilovnato ali peščeno ilovnato teksturo. Vsebnost organske snovi v zgornjih horizontih je med 2 in 6 %, pH je med 4,0 in 6,5, kationska izmenjalna kapaciteta je med 10 in 22 mmolc/100g in osnovna saturacija/nasičenost 13 do 50 %. Definirane fizikalne lastnosti vseh horizontov v talnem profilu, ki se jih uporablja v modelu se vnese v vhodno preglednico o tleh (.sol).

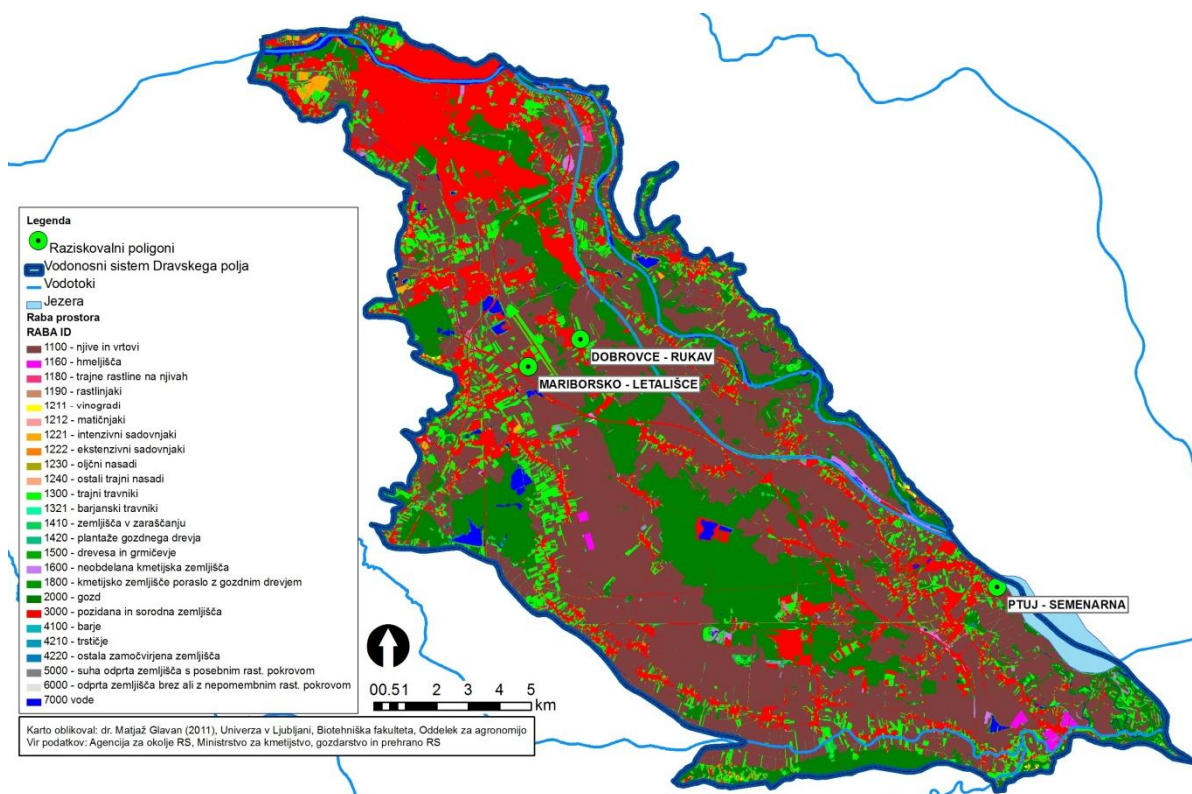
Preglednica 6.2: Površina in delež posameznih tipov tal po FAO klasifikaciji za Dravsko-ptujsko polje

FAO TIP TAL	Površina	
	ha	%
Dystric Cambisol	15.505,91	52,89
Calcaric Fluvisol	3.398,89	11,59
nedefinirano	2.689,20	9,17
Eutric Gleysol	1.847,93	6,30
Dystric Fluvisol	1.388,95	4,74
Eutric Cambisol	1.137,47	3,88
Eutric Planosol	1.135,87	3,87
Dystric Gleysol	906,92	3,09
Eutric Fluvisol	807,48	2,75
ni podatka	173,37	0,59
Aric Anthrosol	126,86	0,43
Mollic Leptosol	119,85	0,41
Dystric Planosol	35,37	0,12
Eutric Leptosol	31,46	0,11
Dystric Leptosol	11,39	0,04
Skupaj	29.316,91	100,00

Raba tal

Območje je primerno za intenzivno kmetijsko pridelavo (poljedelstvo) zaradi ugodnega reliefa in ugodne strukture zemljišč, kot rezultat številnih projektov komasacij in zaradi delujočih namakanih sistemov. Po podatkih o rabi MKO za avgust 2011 na območju Dravskega polja prevladuje njivska raba (44 %) sledi ji gozd (20 %), urbano (19 %) in travniki (9 %) (Slika 6.7, Preglednica 6.3). Ostali razredi rabe so zastopani z 1 % ali manj.

Vsi trije raziskovalni poligoni so po rabi njive. Poligon Ptuj - Semenarna se nahaja ob vtoku reke Drave v Ptujsko jezero z mešanim kolobarjem, ki je značilen za semenarsko proizvodnjo in meri 2,25 ha. Poligon Dobrovce - Rukav se nahaja po vasjo Dobrovce in je večinoma namenjen vrtnarski proizvodnji in meri 1,53 ha. Poligon Maribor – Letališče se nahaja med letališčem in avtocesto Maribor – Ptuj s tipičnim poljedelskim kolobarjem in meri 15,12 ha.



Slika 6.7: Raba zemljišč vodonosnega sistema Dravsko-ptujsko polje (avgust 2011)

Preglednica 6.3: Površine in deleži posameznega razreda rabe zemljišč na Dravsko-ptujskem polju za avgust 2011

Razred RABE	Površina	
	ha	%
1100	12.836,67	43,79
1160	69,39	0,24
1180	23,81	0,08
1190	12,26	0,04
1211	40,20	0,14
1221	106,82	0,36
1222	208,51	0,71
1240	0,62	0,00
1300	2.665,83	9,09
1321	3,33	0,01
1410	309,26	1,05
1500	229,97	0,78
1600	223,13	0,76
1800	35,81	0,12
2000	5.957,00	20,32
3000	5.522,01	18,84
4210	1,63	0,01
4220	20,17	0,07
5000	3,93	0,01
6000	4,64	0,02
7000	1.041,91	3,55
Skupaj	29.316,91	100,00

Modeliranje s programom SWAT

Postopek postavitve modela in primerjalna analiza ter kalibracijski indikatorji kakovosti delovanja modela so podrobneje predstavljeni v zvezku III.

Scenariji kmetijske tehnologije

Da bi bil prispevek k razvoju znanosti večji, smo sledili raziskovalni hipotezi, ki ima za cilj ugotoviti, koliko spremembe v rabi oz. upravljanju kmetijskih zemljišč (obdelava, gnojenje, kulture) na Dravsko-Ptujskem polju vplivajo na izpiranje dušika pod korenine rastlin in iz profila tal. Iz tega razloga smo oblikovali različne scenarije potencialnega upravljanja s kmetijskimi zemljišči. Glede na razpoložljivost podatkov smo skupno pripravili 31 alternativnih scenarijev kmetijskih tehnologij.

Težko je reči, če so določeni scenariji realistični do te mere, da bi bili dejansko izvedljivi. Pridobljeni in uporabljeni podatki vključujejo veliko mero negotovosti, ki jo prenašajo na rezultate. Ti lahko služijo le kot okvirna informacija, saj dejanskega razvoja dogodkov pri tako nepredvidljivem elementu kot je način obdelave, ki se lahko v kratkem obdobju zaradi spremembe v kmetijski politiki spremenijo, ni možno napovedati. Čeprav lahko ravno kmetijska politika narekuje hkratno trajnostno kmetovanje in varovanje vodnih virov.

Pri oblikovanju scenarijev smo se oprli na Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, ki jih je izdalo Ministrstvo za kmetijstvo in okolje (Mihelič in sod., 2009), lastno strokovno znanje in podatke pridelovalcev.

Oblikovali smo sedem sklopov scenarijev možnih alternativnih kolobarjev:

Osnovni kolobarji s modificiranimi gnojilnimi normami

Scenarij 1 - Maksimalno gojenje srednje založenih tal za velik pridelek po smernicah MKGP

Scenarij 2 - Povprečno gojenje srednje založenih tal za srednji pridelek po smernicah MKGP

Scenarij 3 - Minimalno gojenje srednje založenih tal za majhen pridelek po smernicah MKGP

Scenarij 4 – Osnovni kolobar brez živinskih gnojil

Scenarij 5 – Osnovni kolobar z živinskimi gnojili

Osnovni kolobarji z uvedeni novimi kmetijskimi kulturami

Scenarij 6 - Poljedelski kolobar brez koruze (s sojo)

Scenarij 11 - Integriran vrtnarski kolobar 1

Scenarij 12 - Integriran vrtnarski kolobar 2

Scenarij 13 - Integriran vrtnarski kolobar 3

Travniška raba

Scenarij 7 - Travnik - štirikosni (II) - po smernicah MKGP**Scenarij 8 - Travnik - trikosni (I)- po smernicah MKGP****Scenarij 9 - Travnik – dvokosni (II) - po smernicah MKGP****Scenarij 10 - Travnik – enokosni - brez gnojenja**

Najpogostejši kolobarji na območju Dravsko-ptujskega polja

Scenarij 14 – Govedorejski kolobar**Scenarij 15 – Prašičerejski kolobar****Scenarij 16 – Poljedelski kolobar****Scenarij 17 – Trajno travinje**

Prilagojeni najpogostejši kolobarji

Scenarij 18 – Govedorejski kolobar brez živinskih gnojil**Scenarij 19 – Govedorejski kolobar brez koruze (s sojo)****Scenarij 20 – Prašičerejski kolobar brez živinskih gnojil****Scenarij 21 – Prašičerejski kolobar brez koruze (s sojo)**

Ekološki kolobarji

Scenarij 22 – Ekološki vrtnarski kolobar**Scenarij 23 – Ekološki poljedelski kolobar**

Kolobarji VVO režima

Scenarij 24 – Najožje območje VVO I – govedoreja**Scenarij 25 – Ožje območje VVO II in širše območje VVO III – govedoreja****Scenarij 26 – Najožje območje VVO I – prašičereja****Scenarij 27 – Ožje območje VVO II in širše območje VVO III – prašičereja****Scenarij 28 – Najožje območje VVO I – poljedelstvo****Scenarij 29 – Ožje območje VVO II in širše območje VVO III – poljedelstvo****Scenarij 30 – Najožje območje VVO I – trajno travinje****Scenarij 31 – Ožje območje VVO II in širše območje VVO III – trajno travinje**

Tako smo v prvem sklopu oblikovali tri scenarije za Maribor in Ptuj, kjer smo gnojenje osnovnega kolobarja preoblikovali glede na to kolikšen pridelek želimo doseči (Scenariji 1, 2 in 3). Za obe lokaciji smo pripravili tudi kolobar, kjer v kolobar uvedemo organsko gnojilo v obliki goveje gnojevke (Scenarij 5). Za lokacijo Dobrovce smo pripravili kolobar, kjer izključimo organska gnojila in uporabljamo le mineralna (Scenarij 4).

V drugem sklopu smo za lokacijo Maribor pripravili kolobar, kjer namesto koruze uvedemo sojo (Scenarij 6). Za lokacijo Dobrovce smo pripravili tri alternativne kolobarje, ki obvezno vključujejo eno metuljnico kot glavni posevek in ozelenjevanje (Scenariji 11, 12 in 13).

V tretjem sklopu smo za vse lokacije pripravili načrt upravljanja z raziskovanimi lokacijami v primeru travniške rabe tal (Scenariji 7, 8, 9 in 10). Tako smo oblikovali štiri scenarije, ki vključujejo štirikosni, trikosni, dvokosni in ekstenzivni enokosni travnik brez gnojenja.

V četrtem sklopu smo za vse lokacije pripravili povprečni govedorejski, prašičerejski, poljedelski kolobar in tehnologijo za trajni travnik, ki se izvaja na območju dravsko ptujskega polja (Scenariji 14, 15, 16, 17). V petem sklopu smo iz govedorejskega in prašičerejskega kolobarja pripravili dve variaciji, ki vključujeta gnojenje brez organskih gnojil (Scenarij 18, 20) in kolobar brez koruze, ki jo nadomesti soja (Scenariji 19, 21).

V šestem sklopu sta povprečni vrtnarski in poljedelski ekološki kolobar (Scenarij 22, 23).

V sedmem sklopu so vključeni povprečni govedorejski, prašičerejski in poljedelski kolobar ter trajno travinje, ki odražajo režim gnojenja na VVO (Scenariji 24 – 31).

Vsi scenariji smo bili v modelu uporabljeni za raziskovalno obdobje 2000 – 2012. Pri analizi rezultatov smo prva tri leta simulacije izključili iz obdelave. V analizo so vključeni podatki devetih let od leta 2003 do 2011. Rezultate alternativnih scenarijev smo primerjali z osnovnimi scenariji, ki so osnovani na dejanski rabi prostora (business as usual).

S pomočjo alternativnih scenarijev želimo ugotoviti, kolikšno je izpiranje dušika iz profila tal ob različnih praksah upravljanja kmetijskih zemljišč. Ali alternativni scenariji znižujejo ali zvišujejo izpiranje dušika? Ugotovi želimo, katera kmetijska praksa bi še bila ekonomsko zanimiva in hkrati ne bi pretirano onesnaževala okolja oz. podzemnega vodnega telesa.

Prostorski scenariji

Z namenom prostorskega prikaza območij, ki so zaradi svojih naravnih danosti najbolj izpostavljena in podvržena izpiranju dušika, smo pripravili štiri scenarije, katerih osnovna razlika je v pripravi karte rabe tal, na katero se vežejo tehnologije pridelovanja. Namen scenarijev je tudi prikazati prostorski vpliv vodovarstvenih režimov.

Scenarij 32 – podatek KGZS

V scenariju 32 smo območje Dravsko-ptujskega polja razdelili na 292 hidroloških odzivnih enot (HRU) z značilnimi tlemi, rabo in tehnologijo pridelave. HRU v tem scenariju so nastale

z družitvijo sloja RABA in modificirane pedološke karte. V tem scenariju predpostavljamo, da na območju ni ukrepov vodovarstvenih (VVO) režimov z vplivom na tehnologijo pridelave. Zato smo na območju vsaki HRU, ki je bila klasificirana kot njiva pripisali 81% povprečnega govedorejskega kolobarja (Scenarij 14) in 19% povprečnega prašičerejskega kolobarja (Scenarij 15). Trajnemu travinju smo pripisali tehnologijo povprečnega trajnega travnika (Scenarij 17).

Scenarij 33 – podatek KGZS

V scenariju 33 smo območje Dravsko ptujskega polja razdelili na 292 hidroloških odzivnih enot (HRU) z značilnimi tlemi, rabo in tehnologijo pridelave. HRU v tem scenariju so nastale z družitvijo sloja RABA in modificirane pedološke karte. V tem scenariju predpostavljamo, da so na območju tudi ukrepi VVO režimov z vplivom na tehnologijo pridelave. Zato smo na območju vsaki HRU, ki je bila klasificirana kot njiva na območju brez VVO režima, pripisali 81% scenarija 14 in 19% scenarija 15. Trajnemu travinju brez VVO režima smo pripisali scenarij 17.

HRU, ki so bile klasificirane kot njive z VVO I režimom, smo pripisali scenarija 24 in 26, v deležu 81%:19%. Trajnemu travinju na VVO I smo pripisali scenarij 30.

HRU, ki so bile klasificirane kot njive z VVO II in III režimom smo pripisali scenarija 25 in 27, v deležu 81%:19%. Trajnemu travinju na VVO II in III režimu smo pripisali scenarij 31.

Rezultate za njive smo prikazali kot tehtano povprečje med scenariji v razmerju 81:19 za govedorejo in prašičerejo.

Scenarij 34 – podatek KGZS, GeoZS

V scenariju 34 smo območje Dravsko-ptujskega polja razdelili na 510 hidroloških odzivnih enot (HRU) z značilnimi tlemi, rabo, tehnologijo pridelave in tipom kmetije glede na prevladujočo vrsto rejenih živali. HRU v tem scenariju so nastale z družitvijo slojev RABA in GERK in modificirane pedološke karte. Vključitev sloja GERK je omogočilo, da smo s povezavo GERK-PID številke in KMG-MID številke površinam lahko pripisali prevladujočo tehnologijo pridelave glede na podatek o številu in vrsti rejenih živali. Tako smo lahko na GERK natančno določili, ali površine pripadajo govedorejski, prašičerejski, mešani ali poljedelski pridelavi. Ostale tehnologije smo zaradi boljše preglednosti priključili mešani pridelavi. V tem scenariju predpostavljamo, da na območju ni ukrepov VVO režimov z vplivom na tehnologijo pridelave.

Za njivske HRU-je z mešano prirejo in tiste, ki niso bili pripisane nobeni kmetiji, smo pripisali 49% povprečnega govedorejskega kolobarja (Scenarij 14), 22% povprečnega prašičerejskega kolobarja (Scenarij 15) in 29% povprečnega poljedelskega kolobarja (Scenarij 16). Odstotki so bili določeno na podlagi analize površine kmetijskih zemljišč posamezne prireje na območju. Trajnemu travinju smo pripisali tehnologijo povprečnega trajnega travnika (Scenarij 17). Za HRU, ki so bile pripisane kmetijam smo govedorejskim

pripisali scenarij 14, prašičerejskim scenarij 15 in poljedelskim scenarij 16. Vsem trajnim travnikom, ki večinoma pripadajo govedorejskim ali mešanim kmetijam smo pripisali scenarij 17.

Scenarij 35 – podatek KGZS, GeoZS

V scenariju 35 smo območje Dravsko-ptujskega polja razdelili na 510 hidroloških odzivnih enot (HRU) z značilnimi tlemi, rabo, tehnologijo pridelave in tipom kmetije glede na prevladujočo vrsto rejenih živali. HRU v tem scenariju so nastale z družitvijo slojev RABA in GERK in modificirane pedološke karte. Vključitev sloja GERK je omogočilo, da smo s povezavo GERK-PID številke in KMG-MID številke površinam lahko pripisali prevladujočo tehnologijo pridelave glede na podatek o številu in vrsti rejenih živali. Tako smo lahko na GERK natančno določili ali površine pripadajo govedorejski, prašičerejski, mešani ali poljedelski pridelavi. Ostale tehnologije smo zaradi boljše preglednosti priključili mešani pridelavi. V tem scenariju predpostavljamo, da so območju tudi ukrepi VVO režimov z vplivom na tehnologijo pridelave.

Za njivske HRU-je izven VVO z mešano prirejo in tiste, ki niso bili pripisani nobeni kmetiji smo pripisali 49% povprečnega govedorejskega kolobarja (Scenarij 14), 22% povprečnega prašičerejskega kolobarja (Scenarij 15) in 29% povprečnega poljedelskega kolobarja (Scenarij 16). Odstotki so bili določeno na podlagi analize površine kmetijskih zemljišč posamezne prireje na območju. Trajnemu travinju izven območja VVO brez pripisane kmetije smo pripisali tehnologijo povprečnega trajnega travnika (Scenarij 17).

Za HRU izven VVO, ki so bile pripisane kmetijam smo govedorejskim pripisali scenarij 14, prašičerejskim scenarij 15 in poljedelskim scenarij 16. Vsem trajnim travnikom izven VVO, ki večinoma pripadajo govedorejskim in mešanim kmetijam, smo pripisali scenarij 17.

Za HRU na območju z mešano prirejo in tiste, ki niso bile pripisane nobeni kmetiji in so bile na območju VVO I režima, smo vsaki HRU, ki je bila klasificirana kot njiva pripisali 49% scenarij 24, 22% scenarij 26 in 29% scenarija 28. Trajnemu travinju na območja VVO I režima smo pripisali tehnologijo scenarija 30. Za HRU na VVO I režimu, ki so bile pripisane kmetijam smo govedorejskim pripisali scenarij 24, prašičerejskim scenarij 26 in poljedelskim scenarij 28. Vsem trajnim travnikom na VVO I režimu, ki večinoma pripadajo govedorejskim in mešanim kmetijam smo pripisali scenarij 30.

Za HRU na območju z mešano prirejo in tiste, ki niso bile pripisane nobeni kmetiji in so bile na območju VVO II in III režima smo vsaki HRU, ki je bila klasificirana kot njiva pripisali 49% scenarij 25, 22% scenarij 27 in 29% scenarija 29. Trajnemu travinju na območja VVO II in III režima smo pripisali tehnologijo scenarija 31. Za HRU na VVO II in III režimu, ki so bile pripisane kmetijam smo govedorejskim pripisali scenarij 25, prašičerejskim scenarij 27 in poljedelskim scenarij 29. Vsem trajnim travnikom na VVO II in III režimu, ki večinoma pripadajo govedorejskim in mešanim kmetijam smo pripisali scenarij 31.

Rezultate za njive z mešano rejo in za njive brez pripisanih gerkov smo prikazali kot tehtano povprečje med scenariji v razmerju 49:22:29 za govedorejo, prašičerejo in poljedelstvo.

Scenarija 36 in 37 – inverzni hidrokemijski bilančni model – podatek GeoZS

Geološki zavod RS je za določitev bilančnih presežkov dušika iz kmetijskih površin uporabil vsebnosti nitratov v podzemni vodi na območju vodonosnika Dravskega polja. V pripravo scenarija so bili uporabljeni podatki inverznega hidro-kemijskega modela, ki smo jih prejeli od GeoZS dne 18. 9. 2013. Kasnejših variacij inverznega modela zaradi časovne omejitve izvedbe modeliranja z modelom SWAT nismo mogli več upoštevati.

V izračunu povprečne vsebnosti je GeoZS uporabil le tiste točke, ki so stalno vključene v monitoring. Povprečna vsebnost nitratov na raziskovalnem območju Dravsko-ptujskega polja je bila v zadnjih 10 letih iz podatkov merilnih mest ARSO, kjer se izvaja stalen monitoring 47 mg l^{-1} . V letu 2012 je bila povprečna vsebnost nitrata, določena iz 19 merilnih mest na območju Dravsko-ptujskega vodonosnika, $39,34 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. Ocenjeno je, da je skupni povprečni letni dotok vode v podzemni vodonosnik $152.653.573 \text{ m}^3 \text{ leto}^{-1}$. Iz tega je bilo določeno, da je iz različnih virov v vodonosnik povprečno vnesenega za $1.627.643 \text{ kg}$ dušika letno. Geološki zavod je ocenil tudi prispevek dušika iz ostalih virov in določil, da okoli 442.082 kg N izvira iz neprečiščenih fekalnih vod, okoli 26.327 kg N iz gozda in neobdelanih zemljišč ter 181.691 kg N iz depozicije dušika s padavinami. Iz tega so določili, da je prispevek kmetijstva na območju reverzibilnega modela 977.543 kg N letno oziroma 60%. Kar ob površini vseh zemljišč (27.118 ha) in kmetijskih zemljišč (14.984 ha) v inverznem modelu GeoZS pomeni presežek v bilanci dušika za celotno območje za 60 kg ha^{-1} (vsi viri N) in iz kmetijskih zemljišč za 65 kg ha^{-1} (vir N je kmetijstvo).

Iz teh podatkov lahko trdimo, da se inverzni model in scenariji modela SWAT 32, 33, 34 in 35 dobro ujemajo, čeprav so nastali neodvisno drug od drugega. Med obema modeloma obstajajo tudi velike metodološke razlike. Prav tako je potrebno opozoriti na številne negotovosti, še posebno tiste povezane z razporeditvijo in obsežnostjo monitoring mreže in dolžino niza vključenega v določitev vsebnosti nitrata v podzemni vodi. Poseben izziv predstavlja tudi izračun vnosa N iz nekmetijskih virov v inverznem modelu. Pomembno je tudi, da smo v modelu uporabili podatke o povprečnih kolobarjih značilnih in priporočenih za to območje, ki so nam jih posredovali na KGZS – Zavod Maribor ter, da se posamezne pridelovalne prakse lahko močno razlikujejo.

Če naredimo osnovno primerjavo med bilancama obeh modelov pri vsebnosti nitrata v podzemni vodi $47 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ lahko ugotovimo, da je bilanca dušika iz kmetijskih zemljišč v inverznem modelu $65,24 \text{ kg N ha}^{-1}$ in v modelu SWAT $60,78 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 32), $57,63 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 33), $62,97 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 34) in $60,33 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 35). Če v modelu SWAT izključimo N vnesen z depozicijo dežja je bilanca za scenarij 32 na kmetijskih zemljiščih $55,82 \text{ kg N ha}^{-1}$. Če v inverznem modelu korigiramo vpliv depozicije N iz padavin po metodologiji iz modela SWAT je bilanca dušika na kmetijskih zemljiščih pri vsebnosti nitrata v podzemni vodi $47 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ $73,27 \text{ kg N ha}^{-1}$. Torej je razlika v bilanci dušika med inverznim modelom in modelom SWAT v odvisnosti od scenarija $12,49 \text{ kg ha}^{-1}$ (scenarij 32), $15,64 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 33), $10,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 34), $12,94 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 35).

Če naredimo osnovno primerjavo med bilancama obeh modelov pri vsebnosti nitrata v podzemni vodi $39,34 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ lahko ugotovimo, da je bilanca dušika iz kmetijskih zemljišč v inverznem modelu $47,70 \text{ kg N ha}^{-1}$ in v modelu SWAT $60,78 \text{ kg N ha}^{-1}$ (scenarij 32),

57,63 kg N ha⁻¹ (scenarij 33), 62,97 kg N ha⁻¹ (scenarij 34) in 60,33 kg N ha⁻¹ (scenarij 35). Če v inverznem modelu korigiramo vpliv depozicije N iz dežja po metodologiji iz modela SWAT je bilanca dušika na kmetijskih zemljiščih pri vsebnosti nitrata v podzemni vodi 39,34 mg NO₃⁻ l⁻¹ 55,73 kg N ha⁻¹. Torej je razlika v bilanci dušika med inverznim modelom in modelom SWAT v odvisnosti od scenarija -5,05 kg ha⁻¹ (scenarij 32), -1,9 kg N ha⁻¹ (scenarij 33), -7,24 kg N ha⁻¹ (scenarij 34), -4,6 kg N ha⁻¹ (scenarij 35). Povprečna bilanca scenarijev 33 in 35, ki vključujeta VVO je 58,98 kg N ha⁻¹. Če iz te vrednosti izračunamo vsebnost nitrata v podzemni vodi dobimo po metodologiji GeoZRS 40,74 mg NO₃⁻ l⁻¹ (vsebnost N iz padavin določena po SWAT).

Primerjava teh rezultatov nas je vzpodbudila v nadaljnje raziskovanje. V modelu SWAT smo pri scenarijih 32 – 35 uporabili povprečne, s strani kmetijsko svetovalne službe priporočene, kolobarje in strani uredbe o vodovarstvenih območjih zahtevane kmetijske prakse. To nas napeljuje k razmišljanju, da je morda dejanska kmetijska praksa na območju lahko nekoliko različna, vsaj pri določenem odstotku kmetovalcev. Seveda lahko razlika izvira tudi iz negotovosti v inverznem modelu. Kljub vsemu smo se odločili, da inverzni model GeoZS prenesemo v okolje modela SWAT in korigiramo tehnologijo pridelovanja v delu gnojenja, da dosežemo primerljive vrednosti bilance dušika (73,27 kg N ha⁻¹). Rezultati scenarija 36 in 37 nam omogočajo ovrednotenje vpliva potencialno večjega gnojenja od povprečnega in priporočenega.

Scenarija 36 (brez VVO) oziroma 37 (z VVO) imata za prostorsko osnovo scenarija 32 (brez VVO) oziroma 33 (z VVO). Razlika med njimi je v prilagoditvi gnojilnih norm za trajni travnik in govedorejski ter prašičerejski kolobar. Uporabljena tehnologija pridelovanja in razlike so predstavljene v Prilogi B.4.4.2 in so zasenčene ter obarvane z rdečo. Ob tem velja omeniti, da so tovrstno prakso v tehnologiji gnojenja še zlasti na trajnih travnikih opazili tudi na kmetijski svetovalni službi a je pri povprečenju kolobarjev obveljalo, da se pojavlja le pri določenih obdelovalcih in površinah. Za najožja območja VVO I za scenarij 37 smo uporabili iste kolobarje, kot smo jih uporabili tudi v scenariju 33. Za ožja in širša območja VVO II in III smo uporabili nove kolobarje s prilagojenimi večjimi gnojilnimi normami in usklajene s pravili gnojenja na vodovarstvenih območjih.

Rezultati modela SWAT

Da bi pridobili ustrezne uporabne in informativne rezultate tega projekta, so bile simulacije osnovnih in alternativnih scenarijev opravljene za vse tri lokacije v obdobju dvanajstih (12) let (1.1.2000–31.12.2011) s tri letnim ogrevalnim obdobjem (1.1.2000–31.12.2002). Ogrevalna obdobja modelov so bila izključena iz nadaljnje analize rezultatov. V analizo rezultatov vseh treh raziskovalnih lokacij so bili tako vključeni izhodni podatki iz baze mode SWAT imenovani OUTPUT.HRU (količine na nivoju hidrološke odzivne enote - polja) na dnevni, mesečni in letni ravni za raziskovalno obdobje devetih (9) let od 1.1.2003 do 31.12.2011.

Izhodne podatke osnovnih modelnih scenarijev (Ptuj, Maribor, Dobrovce) smo primerjali z alternativnimi scenariji, razporejenimi v šest sklopov. V sedmem sklopu smo medsebojno primerjali povprečne kolobarje z območja in vpliv VVO režima nanje. Primerjava je bazirala na povprečnem letnem in mesečnem izpiranju dušika (kg ha⁻¹) iz profila tal. Razlaga

rezultatov osnovnih scenarijev vključuje predstavitev rezultatov v obliki povprečne letne vrednosti, mediane, standardnega odklona, minimalne in maksimalne vrednosti za raziskovalno obdobje. Razlaga alternativnih scenarijev vključuje primerjavo med osnovnimi in alternativnimi scenariji v obliki odstotka spremembe (%) v povprečni letni in mesečni količini izpranega dušika iz profila tal v raziskovalnem obdobju. Tako ob znižanju količin v alternativnem scenariju v primerjavi z osnovnim dobimo kot rezultat vrednost z negativnim predznakom in obratno.

Rezultate smo po posameznih sklopih scenarijev medsebojno primerjali tudi grafično kot povprečne mesečne vrednosti izprane iz profila tal v raziskovalnem obdobju, iz katerih lahko razberemo sezonska gibanja in količine izpranega dušika.

Rezultate prostorskih scenarijev, ki vključujejo kolobarje petega sklopa in sedmega sklopa smo prikazali v preglednicah, kot povprečno letno in mesečno bilanco dušika, in grafično, kot prostorski sloj s prikazanimi učinki kmetijskih tehnologij na bilanco dušika.

Za ugotavljanje prisotnosti statističnih razlik med osnovnima scenarijema in ostalimi scenariji smo uporabili statistični test Studentova t-statistika ($\alpha = 0,025$, stopinje prostosti ($SP = n - 1$)), kjer smo primerjali povprečno letno vrednost dveh odvisnih vzorcev pri stopnji značilnosti 0,05). Na osnovi rezultatov statistike SWAT simulacij smo ocenili vpliv različnih scenarijev količine izpranega dušika iz profila tal. Podali smo smeri razvoja rabe tal in obdelave zemljišč na raziskovalnih območjih v luči alternativnih scenarijev, s čimer se bo izboljšalo znanje in razumevanje procesov vertikalnega prenosa dušika iz tal v podzemno vodno telo na raziskovalnih lokacijah.

Glavne opazovane izhodne spremenljivke na nivoju podpovodja (output.hru) za dušik so gnojenje z dušikom (N_APP), atmosferski dušik iz dežja (NRAIN), simbiotsko vezan dušik (NFIX), mineralizacija in pretvorba dušika iz sveže organske snovi v nitrat in aktiven organski dušik (F-MN), mineralizacija aktivnega organskega dušika v nitrat (A-MN), imobilizacija aktivnega organskega dušika v stabilni organski dušik (A-SN), denitrifikacija (DNIT), rastlinski odvzem dušika (NUP), iz profila tal izpran dušik (NO3L). Vse spremenljivke so izražene v kilogramih dušika na hektar (kg N ha^{-1}).

Osnovni kolobarji

Osnovni scenariji, ki zajemajo raziskovalno obdobje devetih let (2003-2011) kažejo visoko povprečno letno variabilnost pri procesih mineralizacije sveže organske snovi (F-MN), fiksacije (NFIX), odvzema dušika s strani rastlin (NUP) in izpiranja dušika iz profila tal (NO3L) (Preglednica 6.2, Slika 6.1 in 6.2). Standardni odklon za izpiranje dušika iz profila tal (NO3L) kaže, da lahko 2/3 izpranih količin na raziskovalni lokaciji Ptuj pričakujemo v intervalu $51,3 \pm 43,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, v Mariboru v intervalu $59,9 \pm 27,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ in v Dobrovcih $97,5 \pm 51,8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Maksimumi povprečnih letnih izpranih količin dušika lahko dosežejo na Ptuj 109,1 $\text{kg TN ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$, v Mariboru 103,9 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$ in v Dobrovcih 194,4 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$. Vzrok za tako variabilnost vseh opazovanih parametrov v preglednici 4.25 so vrsta kmetijske kulture in vremenski pogoji, ki v kombinaciji s tehnologijami pridelovanja na različnih vrstah tal povzročajo tak razpon vrednosti. Zanimiv je tudi podatek o povprečni letni mineralizaciji sveže organske snovi (F-MN), ki je na Ptuj

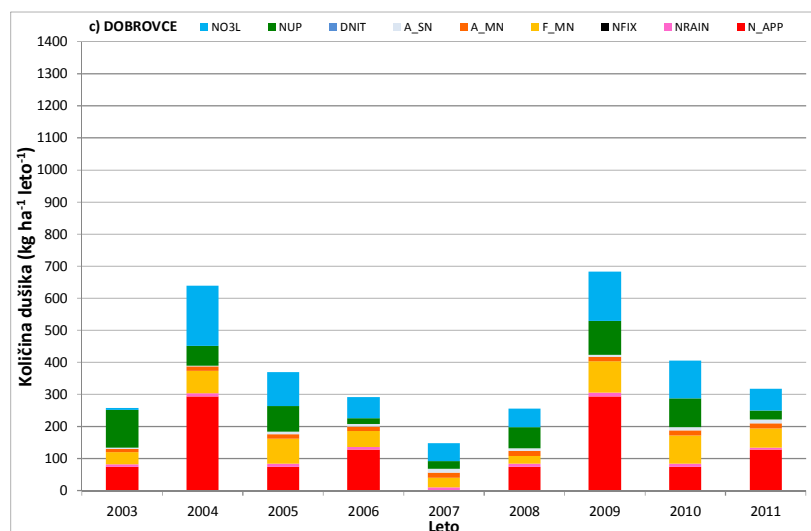
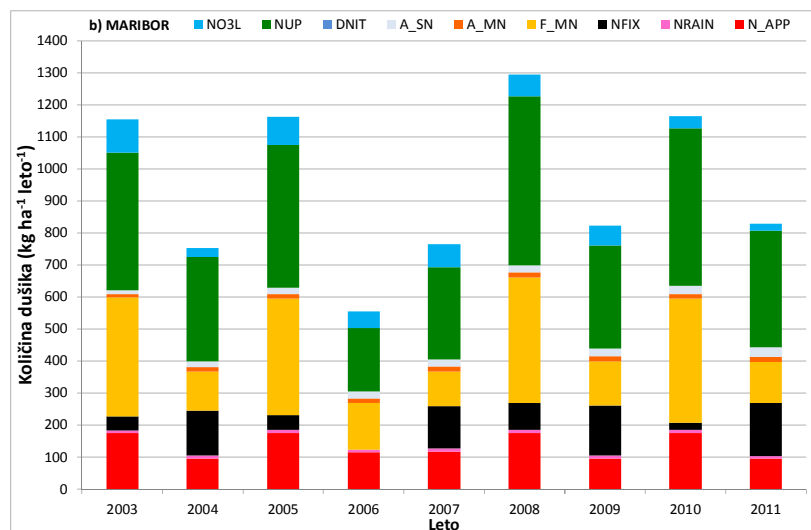
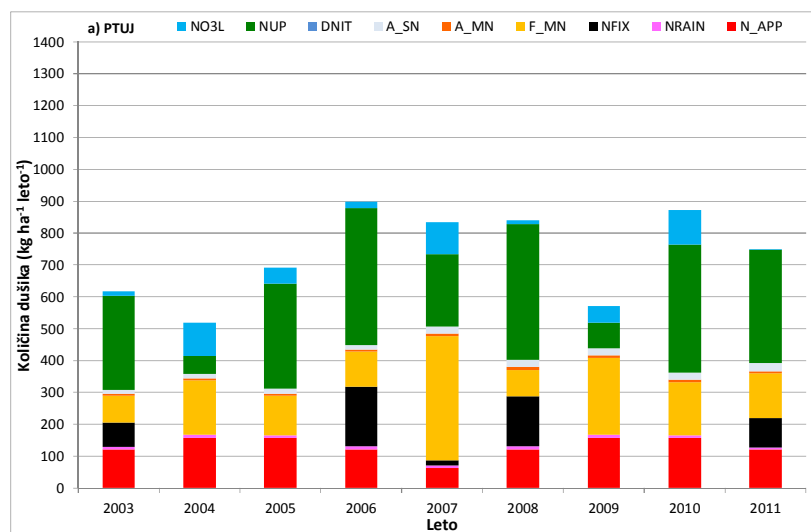
167,6±96,6 kg N ha⁻¹ leto⁻¹, v Mariboru 239,7±132,6 kg N ha⁻¹ leto⁻¹ (no-till/brez oranja) in v Dobrovcih 59,8±26,3 kg N ha⁻¹ leto⁻¹, kar kaže na pomemben prispevek organskih ostankov rastlin k bilanci N v tleh. Zanimarljiva ni niti fiksacija dušika iz zraka (NFIX).

Preglednica 6.4: Povprečja povprečnih letnih količin dušika v različni fazah modeliranja (model SWAT) za vse raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003 – 2011

	Količina dušika (kg N ha ⁻¹ leto ⁻¹)				
	Povprečje	Mediana	Standardni odklon (StDev)	Min	Maks
Ptuj					
Gnojenje (N_APP)	130,4	121,5	31,1	62,0	156,5
Atmosferski (dež) (NRAIN)	9,2	9,6	1,6	5,8	10,8
Fiksacija iz zraka (NFIX)	58,5	14,5	73,4	0,0	185,8
Mineralizacija sveže o.s. (F-MN)	167,6	140,0	96,6	82,7	390,0
Mineralizacija aktivne o.s. (A-MN)	7,2	7,6	1,3	5,0	8,6
Imobilizacija (A-SN)	19,0	21,8	4,8	12,2	24,7
Denitrifikacija (DNIT)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Odvzem rastlin (NUP)	289,2	330,9	141,0	55,7	429,1
Izpiranje iz profila tal (NO3L)	51,3	49,0	43,4	1,2	109,1
Maribor					
Gnojenje (N_APP)	135,3	117,5	39,1	94,5	175,5
Atmosferski (dež) (NRAIN)	9,2	9,5	1,3	6,9	10,8
Fiksacija iz zraka (NFIX)	87,9	83,5	62,5	0,0	167,3
Mineralizacija sveže o.s. (F-MN)	239,7	144,9	132,6	109,1	392,4
Mineralizacija aktivne o.s. (A-MN)	14,4	14,9	1,9	10,2	16,4
Imobilizacija (A-SN)	21,7	21,8	4,8	12,9	29,1

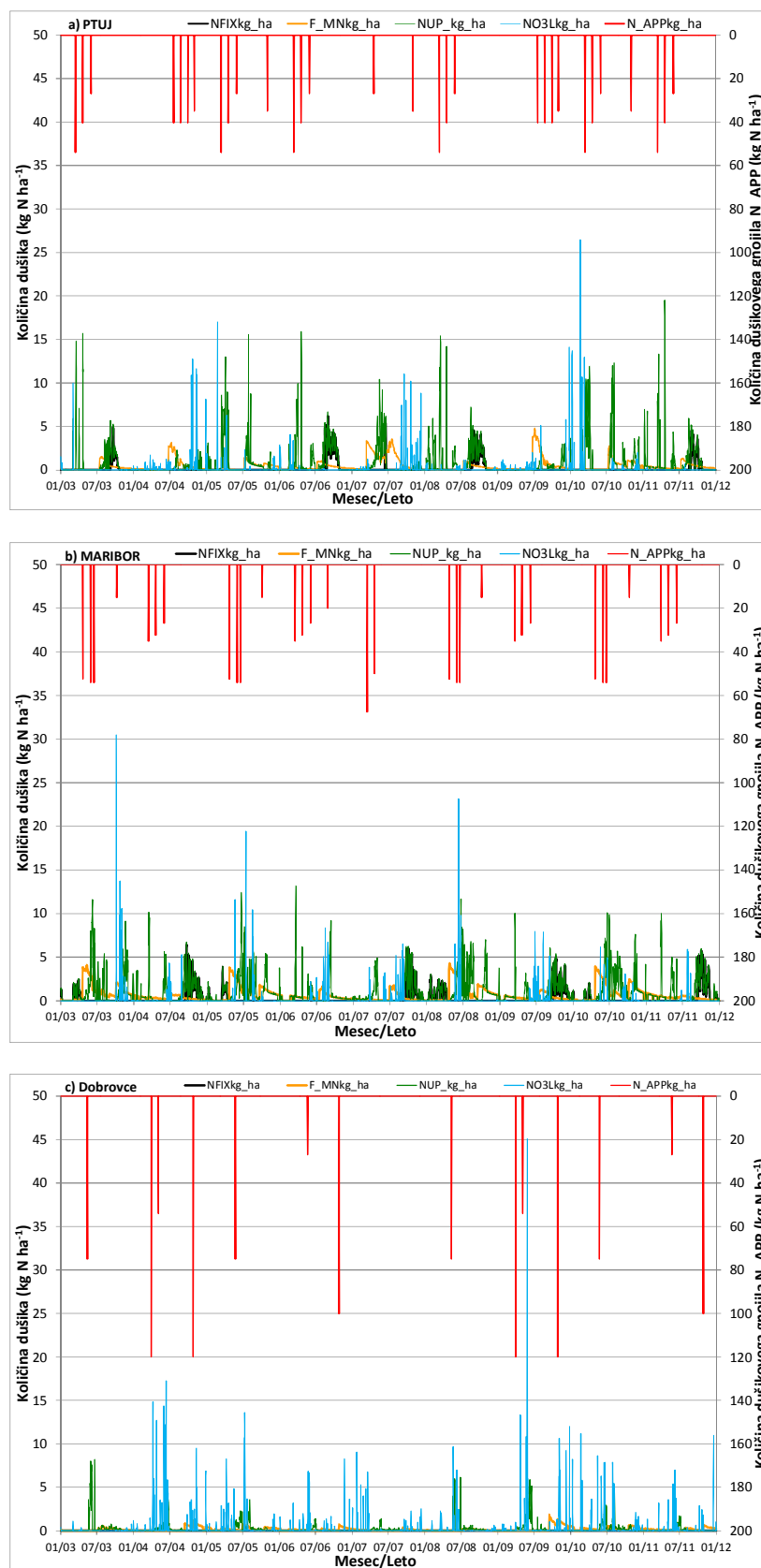
Denitrifikacija (DNIT)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Odvzem rastlin (NUP)	376,6	363,7	105,4	198,7	526,8
Izpiranje iz profila tal (NO3L)	59,9	62,6	27,5	22,2	103,9
Dobrovce					
Gnojenje (N_APP)	126,9	75,0	101,7	0,0	294,0
Atmosferski (dež) (NRAIN)	9,2	9,5	1,3	6,9	10,8
Fiksacija iz zraka (NFIX)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mineralizacija sveže o.s. (F-MN)	59,1	58,7	26,0	24,0	98,1
Mineralizacija aktivne o.s. (A-MN)	14,1	14,2	1,7	11,2	16,4
Imobilizacija (A-SN)	8,6	8,8	3,3	3,6	12,2
Denitrifikacija (DNIT)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Odvzem rastlin (NUP)	65,1	64,4	36,1	17,8	117,6
Izpiranje iz profila tal (NO3L)	91,1	68,0	56,1	4,9	188,3

Legenda: gnojenje z dušikom (N_APP), atmosferski dušik iz dežja (NRAIN), simbiotsko vezan dušik (NFIX), mineralizacija in pretvorba dušika iz sveže organske snovi v nitrat in aktiven organski dušik (F-MN), mineralizacija aktivnega organskega dušika v nitrat (A-MN), imobilizacija aktivnega organskega dušika v stabilni organski dušik (A-SN), denitrifikacija (DNIT), rastlinski odvzem dušika (NUP), iz profila tal izpran dušik (NO3L). Vse spremenljivke so izražene v kilogramih dušika na hektar (kg N ha⁻¹)



Legenda: gnojenje z dušikom (N_{APP}), atmosferski dušik iz dežja (N_{RAIN}), simbiotsko vezan dušik (N_{FIX}), mineralizacija in pretvorba dušika iz sveže organske snovi v nitrat in aktiven organski dušik (F_{MN}), mineralizacija aktivnega organskega dušika v nitrat (A_{MN}), imobilizacija aktivnega organskega dušika v stabilni organski dušik (A_{SN}), denitrifikacija ($DNIT$), rastlinski odvzem dušika (NUP), iz profila tal izpran dušik (NO_{3L}). Vse spremenljivke so izražene v kilogramih dušika na hektar (kg N ha^{-1})

Slika 6.8: Količine različnih oblik dušika v tleh v dušikovem krogu po letih za raziskovalne lokacije (a) Ptuj, (b) Maribor, (c) Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011



Slika 6.9: Dnevno gibanje količin različnih oblik dušika v dušikovem krogu za raziskovalne lokacije (a) Ptuj, (b) Maribor, (c) Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

V analizi osnovnih kolobarjev smo primerjali tudi posamezne kolobarje iz vsake posamezne raziskovalne lokacije in jih uporabili tudi na preostalih dveh lokacijah (Preglednica 6.5, Slika 6.10). Tako smo kolobar iz Ptuja postavili tudi na lokacijah Dobrovce in Maribor, kolobar iz Maribora na lokacijah Ptuj in Dobrovce in kolobar iz Dobrovca na lokacijah na Ptuj in Mariboru. Iz te primerjave lahko predvsem vidimo kolikšen je vpliv lastnosti tal na izpiranje dušika iz profila tal.

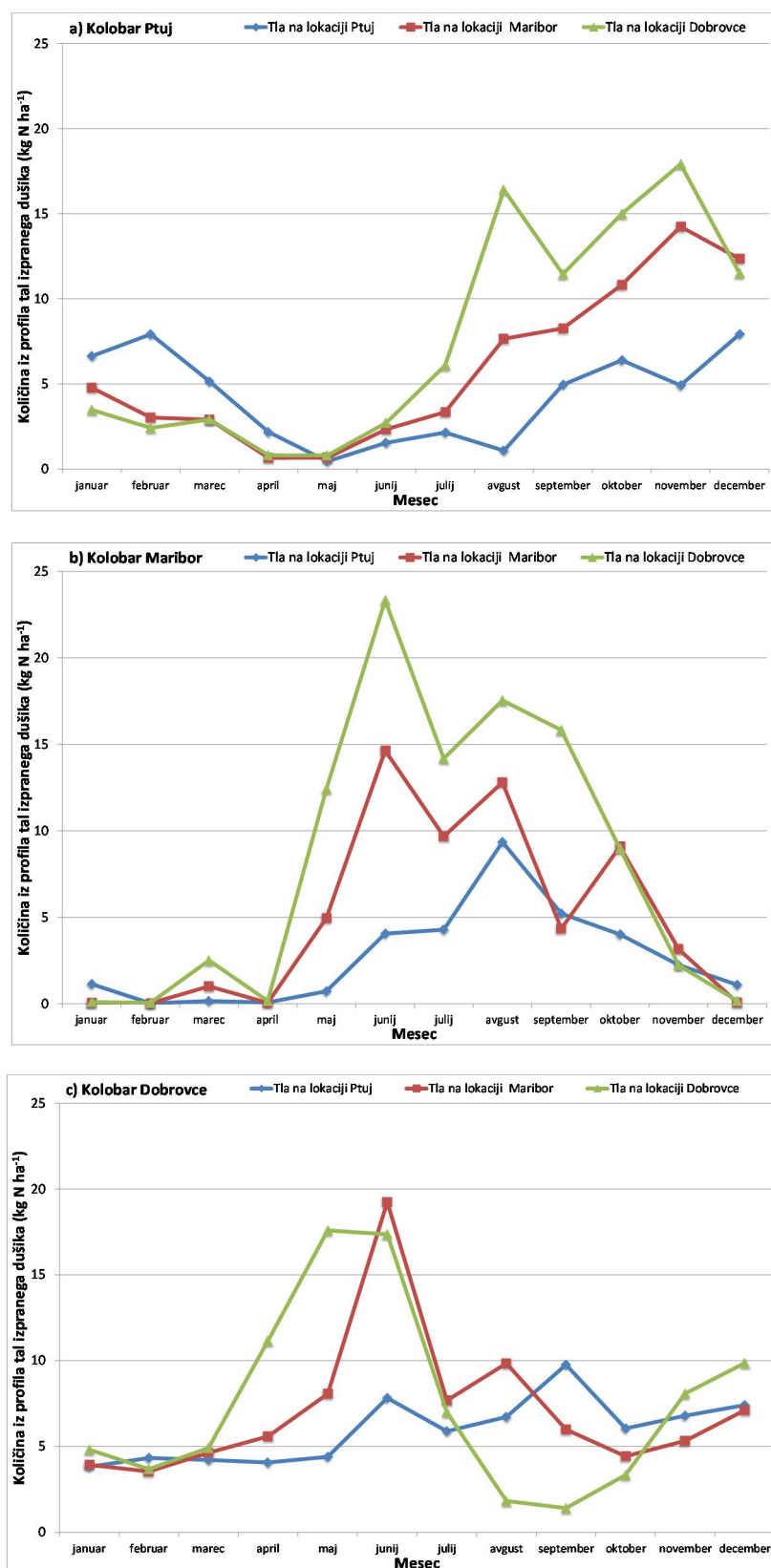
Rezultati so pokazali, da imajo na izpiranje dušika iz profila tal vpliv tako lastnosti tal kot kolobar (Preglednica 6.5). Če primerjamo vpliv tal na izpiranje N lahko ugotovimo, da so na izpiranje N iz profila tal, ob enakem kolobarju, najbolj dovzetna tla na lokaciji Dobrovce, sledijo tla na lokaciji Maribor in na lokaciji Ptuj, ki so najmanj dovzetna na izpiranje N. Izpiranje N je lahko na lokaciji Dobrovce tudi do dvakrat ali trikrat manjše kot na lokacijah Maribor ali Ptuj. Če primerjamo vpliv kolobarja na izpiranje N lahko ugotovimo, da največje izpiranje N iz profila tal, na isti lokaciji, povzroča kolobar Dobrovce, sledi kolobar Ptuj in Maribor.

Iz tega sledi, da je pri prilagoditvi kolobarjev in tehnologij pridelovanja potrebno upoštevati tudi lastnosti profila tal.

Preglednica 6.5: Povprečja povprečnih letnih količin iz profila tal izpranega dušika (model SWAT) za vse tri osnovne kolobarje na vseh treh raziskovalnih lokacijah Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003 – 2011

	Količina iz profila tal izpranega dušika (kg N ha ⁻¹ leto)											
	Kolobar											
	Ptuj				Maribor				Dobrovce			
Tla na lokaciji	povp.	st.dv.	min.	maks.	povp.	st.dv.	min.	maks.	povp.	st.dv.	min.	maks.
Ptuj	51,3	43,4	1,2	109,1	32,4	17,5	0,7	56,2	71,4	50,1	13,2	152,8
Maribor	71,1	76,0	4,0	180,9	59,9	27,5	22,2	103,9	85,5	49,7	8,8	159,0
Dobrovce	91,5	105,5	6,0	267,6	97,5	62,3	12,3	208,4	91,1	56,1	4,9	188,3

povp. – povprečje; St.dv. – standardna deviacija; min. – minimalno; maks. – maksimalno



Slika 6.10: Primerjava povprečne mesečne količine izpranega dušika (kg ha⁻¹) za kolobarje na lokacijah Ptuj (a), Maribor (b) in Dobrovce (c) glede na tip tal na raziskovalnih lokacijah za Ptuj, Maribor in Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Osnovni kolobarji z modificiranimi gnojilnimi normami

Rezultati v preglednici 4.4 prikazujejo, da gnojilne norme v kolobarju na lokaciji Ptuj niso statistično značilno različne od tistih, ki jih predlaga MKO v Smernicah za strokovno utemeljeno gnojenje (Mihelič in sod., 2009) (Slika 6.11).

Rezultati tudi kažejo, da so gnojilne norme v kolobarju na lokaciji Maribor v povprečju tistih, ki jih v smernicah predlaga MKO (Mihelič in sod., 2009). Če bi uporabljali maksimalne oz. minimalne gnojilne norme bi izpiranje N v povprečju statistično značilno povečali za 25 kg ha⁻¹ na leto oz. zmanjšali za 36 kg ha⁻¹ na leto (Slika 6.11).

Če bi na lokaciji Dobrovce prenehali uporabljati organsko gnojilo hlevski gnoj in ga nadomestili z mineralnimi gnojili, bi to lahko vodilo v relativno zmanjšanje izpiranja N iz profila tal, a rezultati niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (Slika 6.11). Na lokacijah Ptuj in Maribor bi zamenjava dela uporabljenih mineralnih gnojil z organskimi živinskimi lahko v povprečju vodila v povečano izpiranje N na letni ravni.

Preglednica 6.6: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med osnovnimi scenariji in scenariji z modificiranimi gnojilnimi normami osnovnih kolobarjev za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=8, $t_0=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij					
	Osnovni	Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 3	Scenarij 4	Scenarij 5
Ptuj						
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	51,3	49,6	43,3	40,8	/	66,0
Standardni odklon (sd)	43,4	42,2	41,8	41,3	/	58,0
t-test		-0,124	-0,577	-0,766	/	0,759
Interval zaupanja (I)	33,3	32,4	32,1	31,7	/	44,6
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-1,7	-8,0	-10,5		14,7
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-3,4</i>	<i>-15,7</i>	<i>-20,5</i>	/	<i>28,6</i>
Maribor						
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	59,9	85,0	44,4	23,5	/	83,1
Standardni odklon (sd)	27,5	32,3	21,8	12,4	/	39,7
t-test		2,333	-2,142	-8,787	/	1,758

interval zaupanja (I)	21,1	24,9	16,7	9,5	/	30,5
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		25,1	-15,5	-36,4		23,2
<i>Sprememba (%)</i>		<i>42,0</i>	<i>-25,9</i>	<i>-60,7</i>	/	<i>38,8</i>
Dobrovce						
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	91,1	/	/	/	87,4	/
Standardni odklon (sd)	56,1	/	/	/	46,5	/
t-test		/	/	/	-0,239	/
Interval zaupanja (I)	43,1	/	/	/	35,8	/
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		/	/	/	-3,7	/
<i>Sprememba (%)</i>		/	/	/	<i>-4,1</i>	/

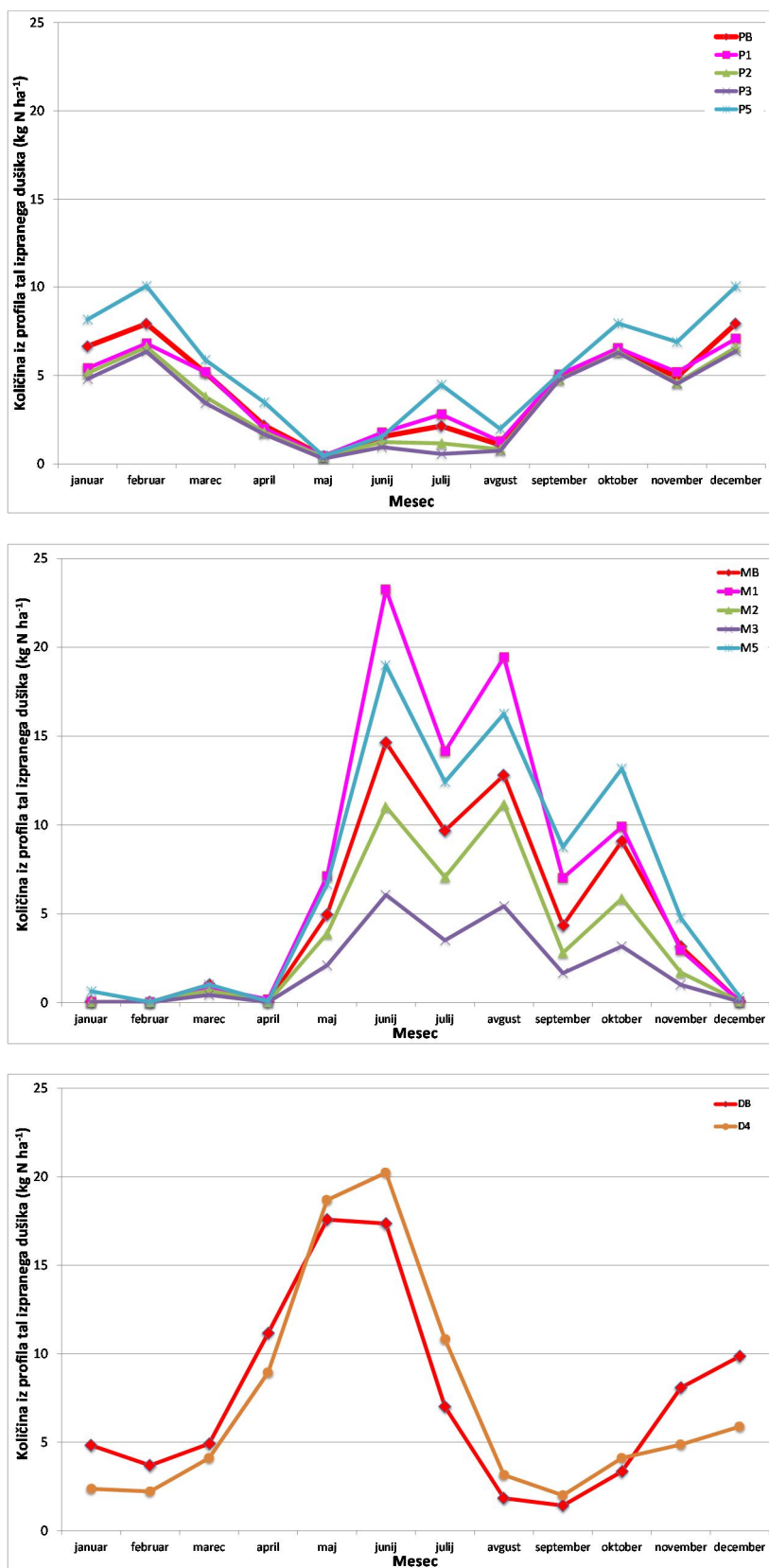
Scenariji: 1 – maksimalno gnojenje srednje založenih tal za velik pridelek

2 – povprečno gnojenje srednje založenih tal za srednji pridelek

3 – minimalno gnojenje srednje založenih tal za majhen pridelek

4 – osnovni kolobar brez organskih gnojil

5 – osnovni kolobar z organskimi gnojili



Slika 6.11: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha^{-1}) med osnovnim (Base = 0) in alternativnimi scenariji kmetijske rabe z modificiranimi gnojilnimi normami osnovnih scenarijev (SWAT) za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v

raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: *P – Ptuj; M – Maribor; D – Dobrovce; B – osnovni kolobar (Base); številke od 1 do 13 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija*

Osnovni kolobar z uvedenimi novimi kmetijskimi kulturami

Rezultati v preglednici 6.7 prikazujejo, da zamenjava koruze v kolobarju s sojo (Scenarij 6), na lokaciji Maribor, privede do statistično značilno različnega izpiranja N iz profila tal v primerjavi z osnovnim scenarijem. Izpiranje N se na letni ravni v povprečju zmanjša iz 59,9 na 23,7 kg ha⁻¹ na leto (Slika 6.12).

Če bi na lokaciji Dobrovce izvajali vrtnarske kolobarje s klasičnim gnojenjem in nanosom vseh gnojil na površino tal in gnojilnimi normami, ki omogočajo količinsko in kakovostno najbolj optimalno pridelavo, bi to privedlo do še bistveno večjega, statistično značilnega, izpiranja N iz profila tal kot ga povzroča trenutna praksa (Slika 6.12). Kmet po trenutni praksi velik del gnojil nanese foliarno (prek listov), tako, da gnojila ne pridejo v neposreden stik s tlemi.

Preglednica 6.7: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med osnovnimi scenariji in scenariji z uvedenimi novimi kmetijskimi kulturami za raziskovalni lokaciji Maribor in Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=8, $t_{\alpha}=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij				
	Osnovni	Scenarij 6	Scenarij 11	Scenarij 12	Scenarij 13
Maribor					
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	59,9	23,7	/	/	/
Standardni odklon (sd)	27,5	23,0	/	/	/
t-test		-4,727	/	/	/
Interval zaupanja (I)	21,1	17,6	/	/	/
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-36,2	/	/	/
Sprememba (%)		-60,4	/	/	/

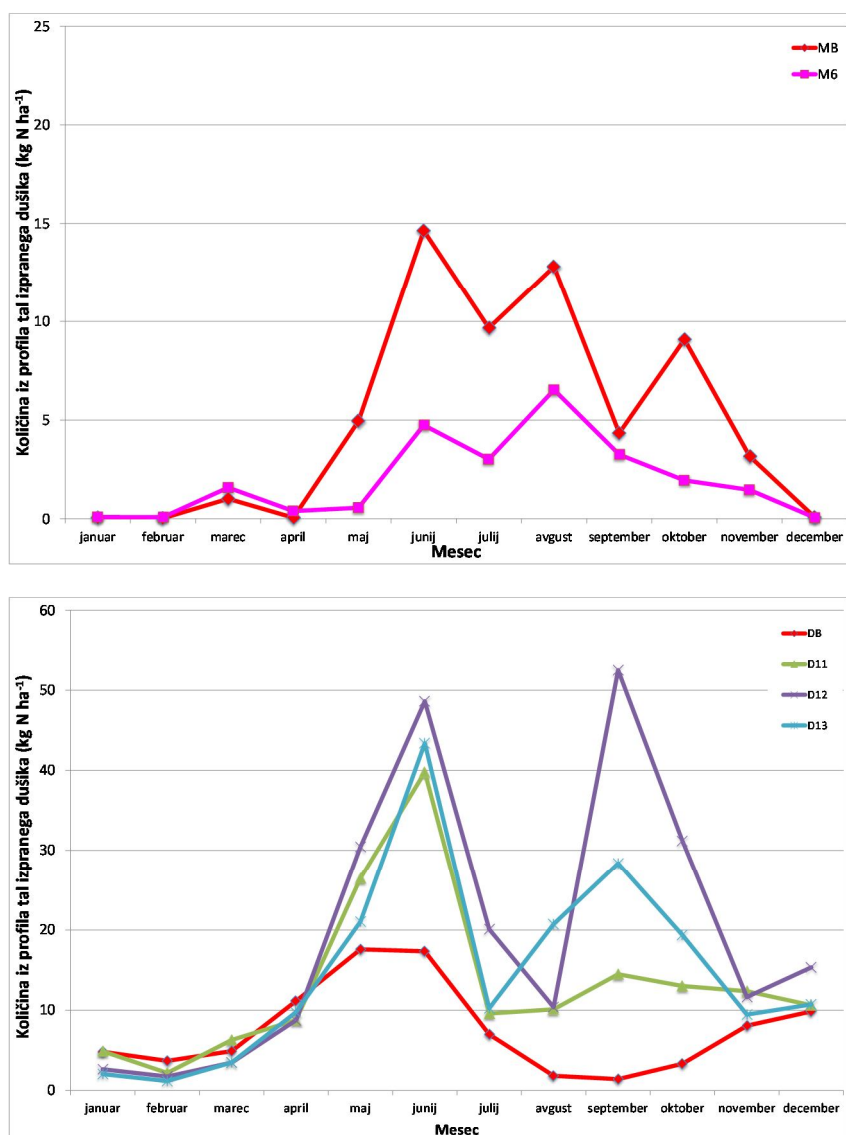
Dobrovce					
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	91,1	/	158,7	237,0	179,8
Standardni odklon (sd)	56,1	/	48,7	132,2	94,0
t-test		/	4,162	3,309	2,831
Interval zaupanja (I)	43,1	/	37,4	101,6	72,3
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		/	67,6	145,9	88,7
<i>Sprememba (%)</i>		/	<i>74,2</i>	<i>160,1</i>	<i>97,4</i>

Scenarij: 6 – poljedelski kolobar brez koruze (s sojo)

11 – integrirano vrtnarstvo 1

12 – integrirano vrtnarstvo 2

13 – integrirano vrtnarstvo 3



Slika 4.5: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha^{-1}) med osnovnim (Base = 0) in alternativnimi scenariji kmetijske rabe z uvedenimi novimi kmetijskimi kulturami (SWAT) za raziskovalni lokaciji Maribor in Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: P – Ptuj; M – Maribor; D – Dobrovce; B – osnovni kolobar (Base); številke od 1 do 13 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija

Travniška raba

Prav vsi scenariji s travniško rabo parcel na raziskovalnih lokacijah bi vodili k statistično značilnemu zmanjšanju izpiranja N iz profila tal (Preglednica 6.8, Slika 6.13). Pri primerjavi povprečnih letnih količin izpranega N bi uvedba travniške rabe na lokaciji Maribor vodila v od 91 do 98% zmanjšanje, na lokaciji Ptuj v od 84 do 92% zmanjšanja in na lokaciji Dobrovce v

od 74 do 87% zmanjšanja izpiranja N. Od vseh scenarijev se je kot najboljši izkazal trajni travnik (modeliran s trajno ljuljko - *Lolium perenne*) s štirikosno rabo in gnojenjem za vsako košnjo, saj povzroča najmanjše izpiranje.

Glavni razlog v tako nizkem izpiranju iz travniške rabe je v dejstvu, da ob košnji iz travnika odstranimo vso organsko snov, ki tako ni na voljo za mineralizacijo. Travnna ruša je v celotni rastni dobi (od pozne zime do pozne jeseni) prisotna na površini in aktivna in tako vedno željna novih hranil, ki ji omogočajo intenzivnejšo rast. Če je med travno rušo prisoten še večji delež metuljnic bi lahko tudi znižali obroke gnojil, s čimer bi še dodatno zmanjšali izpiranje N iz profila tal.

Preglednica 6.8: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med osnovnimi scenariji in scenariji s travniško rabo za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=8, $t_d=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij				
	Osnovni	Scenarij 7	Scenarij 8	Scenarij 9	Scenarij 10
Ptuj					
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	51,3	1,2	2,1	5,1	4,4
Standardni odklon (sd)	43,4	0,8	2,6	12,4	3,9
t-test		-179,153	-56,758	-11,238	-36,036
Interval zaupanja (I)	33,3	0,6	2,0	9,5	3,0
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-50,1	-49,2	-46,3	-46,9
Sprememba (%)		-97,7	-95,9	-90,2	-91,4
Maribor					
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	59,9	5,0	7,8	9,4	9,4
Standardni odklon (sd)	27,5	3,8	5,0	17,0	7,3
t-test		-43,407	-31,276	-8,881	-20,791

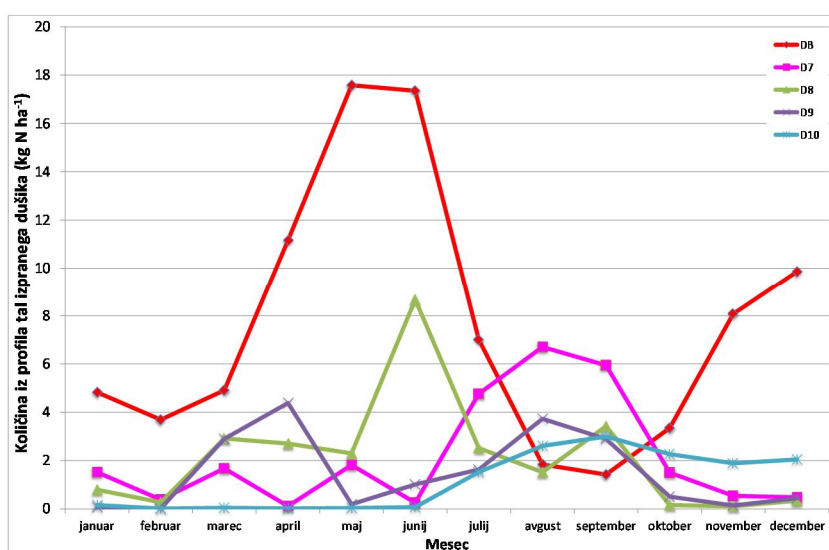
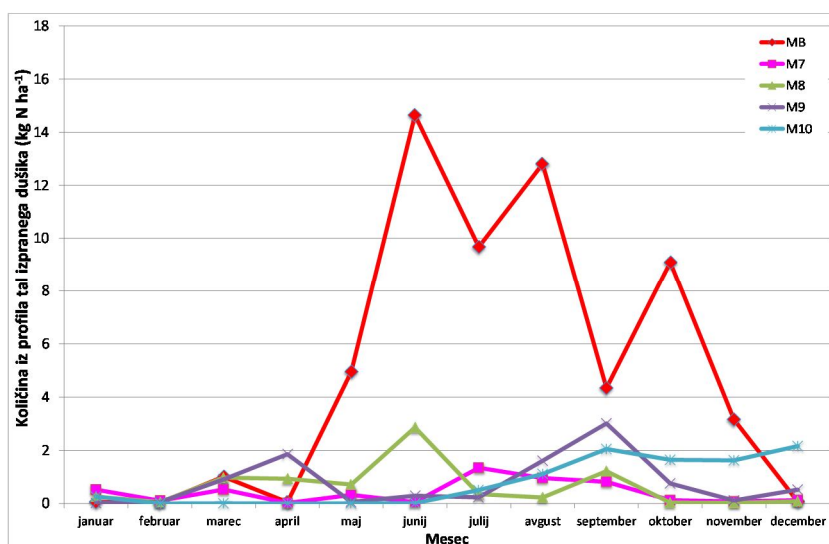
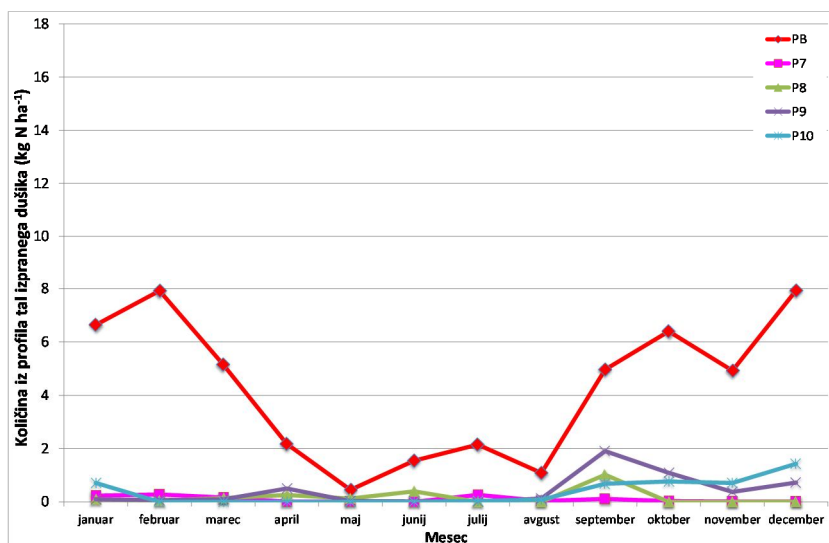
Interval zaupanja (I)	21,1	2,9	3,8	13,1	5,6
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-54,9	-52,1	-50,4	-50,5
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-91,6</i>	<i>-87,1</i>	<i>-84,2</i>	<i>-84,3</i>
Dobrovce					
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	91,1	25,7	25,7	17,9	13,7
Standardni odklon (sd)	56,1	13,1	10,1	21,7	9,9
t-test		-15,006	-19,478	-10,119	-23,500
Interval zaupanja (I)	43,1	10,1	7,7	16,7	7,6
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-65,4	-65,4	-73,2	-77,4
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-71,8</i>	<i>-71,8</i>	<i>-80,3</i>	<i>-85,0</i>

Scenarij: 7 – travnik – štirikosni (II) – po smernicah MKO

8 – travnik – trikosni (I) – po smernicah MKO

9 – travnik – dvokosni (II) – po smernicah MKO

10 – travnik – enokosni (II) – po smernicah MKO



Slika 6.13: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha^{-1}) med osnovnim (Base = 0) in alternativnimi scenariji kmetijske rabe s travniško rabo (SWAT) za

raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: *P* – Ptuj; *M* – Maribor; *D* – Dobrovce; *B* – osnovni kolobar (*Base*); številke od 1 do 13 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija

Povprečna govedorejski in prašičerejski kolobar in njune prilagoditve

Rezultati v preglednici 4.7 nakazujejo, da bi povprečen govedorejski kolobar (S14) zaradi zaporedja kmetijskih kultur in tehnologije pridelave na območju Ptuja povzročal manj izpiranja dušika kot ga trenutni kolobar. Na lokacijah Maribor in Ptuj večjih razlik ni zaznati. Rezultati kažejo tudi, da bi prašičerejski kolobar (S15) na območju Maribora in Dobrovce povzročal večje izpiranje N od trenutnega kolobarja. Na lokaciji Ptuj večjih razlik ni zaznati.

Zamenjava živinskih hranil s mineralnimi (S18, S20) in zamenjava koruze s sojo (S19 in S21) v vseh primerih povzročita znižanje izpiranja N. Pomembno k znižanju izpiranja N prispeva tudi povprečen kolobar za trajni travnik (S17). Kljub opaznemu trendu so se na letni ravni v primerjavi s osnovnim scenarijem izkazali kot statistično značilni le rezultati za scenarij 18 za Ptuj in scenarij 17 za Ptuj in Maribor. Iz slike 6.14 je pri Dobrovcah razvidno, da se z uporabo povprečnih govedorejskega in prašičerejskega kolobarja spremeni tudi dinamika izpiranja N v primerjavi z osnovnim scenarijem.

Preglednica 6.9: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med osnovnimi scenariji in scenariji z govedorejskim, prašičerejskim in poljedelskim kolobarjem ter njunima prilagoditvama za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, $SP=8$, $t_{\alpha}=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij								
	Osnovni	govedorejski			prašičerejski			poljedelski	trajni travnik
		Scenarij 14	Scenarij 18	Scenarij 19	Scenarij 15	Scenarij 20	Scenarij 21	Scenarij 16	Scenarij 17
Ptuj									
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	51,3	37,7	32,5	37,5	55,6	52,6	49,9	52,0	12,1
Standardni odklon (sd)	43,4	21,9	19,3	23,5	34,4	39,2	24,9	61,5	15,3
t-test		-1,878	-2,935	-1,767	0,369	0,095	-0,167	0,034	-7,705
Interval zaupanja (I)	33,3	16,8	14,8	18,1	26,4	30,1	19,2	47,3	11,7
Sprememba (kg ha ⁻¹)		-13,7	-18,8	-13,9	4,2	1,2	-1,4	0,7	-39,2

¹ leto ⁻¹)									
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-26,7</i>	<i>-36,7</i>	<i>-27,0</i>	<i>8,2</i>	<i>2,4</i>	<i>-2,7</i>	<i>1,4</i>	<i>-76,3</i>
Maribor									
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	59,9	62,2	53,0	58,1	79,0	73,7	69,1	63,2	20,9
Standardni odklon (sd)	27,5	24,4	25,3	30,3	41,7	46,3	34,6	61,0	14,8
t-test		0,286	-0,814	-0,180	1,379	0,897	0,801	0,163	-7,881
Interval zaupanja (I)	21,1	18,8	19,4	23,3	32,0	35,6	26,6	46,9	11,4
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		2,3	-6,8	-1,8	19,2	13,9	9,2	3,3	-39,0
<i>Sprememba (%)</i>		<i>3,9</i>	<i>-11,4</i>	<i>-3,0</i>	<i>32,0</i>	<i>23,1</i>	<i>15,4</i>	<i>5,5</i>	<i>-65,1</i>
Dobrovce									
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	97,5	96,1	79,1	75,6	110,2	100,7	87,9	79,0	74,2
Standardni odklon (sd)	51,8	28,6	37,6	42,7	34,1	43,6	38,3	51,2	30,4
t-test		0,520	-0,957	-1,092	1,681	0,658	-0,251	-0,707	-1,665
Interval zaupanja (I)	39,8	22,0	28,9	32,8	26,2	33,5	29,5	39,4	23,3
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		5,0	-12,0	-15,5	19,1	9,6	-3,2	-12,1	-16,9
<i>Sprememba (%)</i>		<i>5,5</i>	<i>-13,2</i>	<i>-17,0</i>	<i>21,0</i>	<i>10,5</i>	<i>-3,5</i>	<i>-13,3</i>	<i>-18,5</i>

Scenarij: 14 – govedorejski kolobar

15 – prašičerejski kolobar

18 – govedorejski kolobar brez organskih gnojil

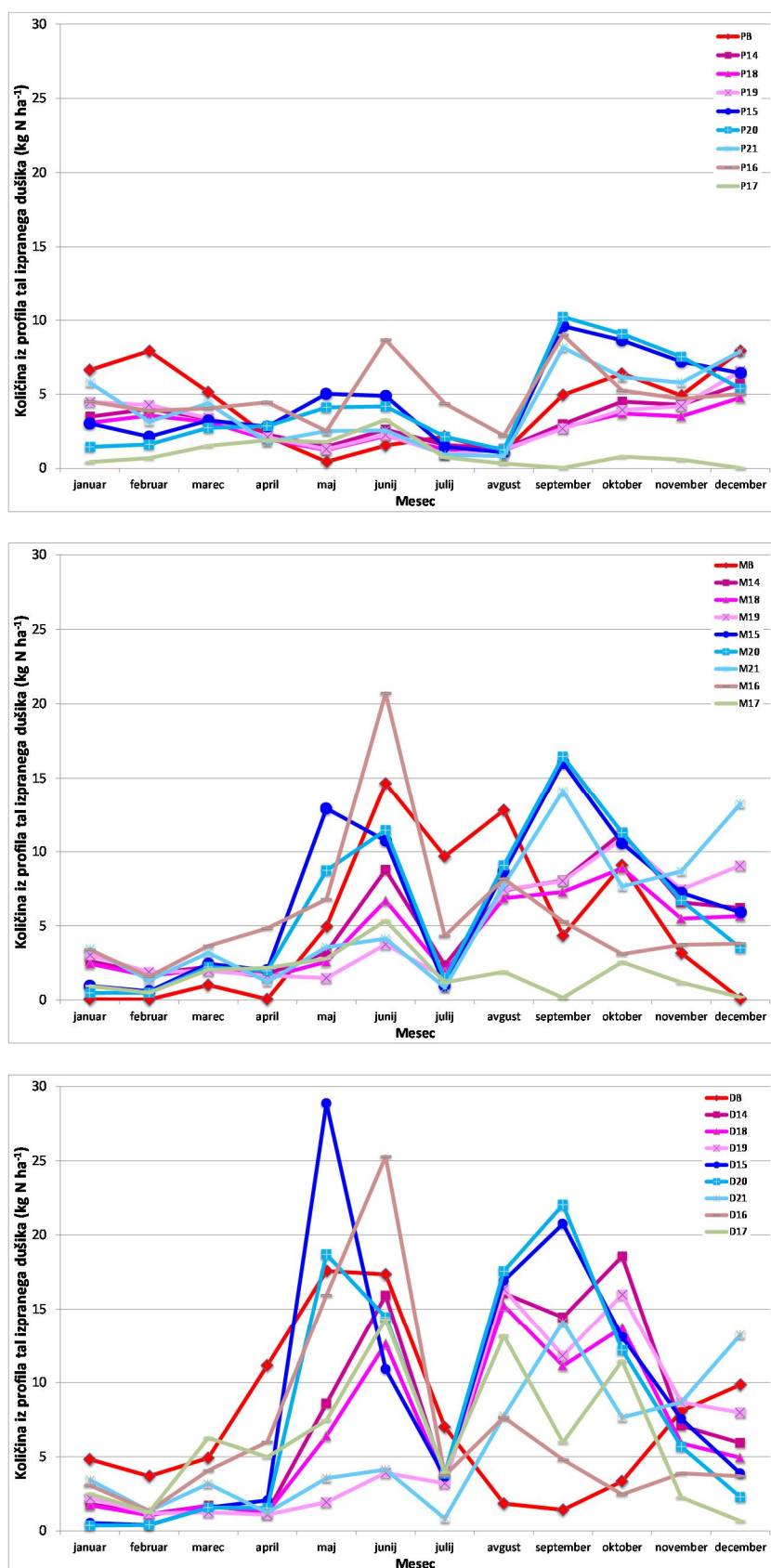
20 – prašičerejski kolobar brez organskih gnojil

19 – govedorejski kolobar brez koruze (s sojo)

21 – prašičerejski kolobar brez koruze (s sojo)

16 – poljedelski kolobar

17 – povprečno trajno travinje



Slika 6.14: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha^{-1}) med osnovnim (Base = 0) in alternativnimi scenariji kmetijske rabe z govedorejskim,

prašičerejskim in poljedelskim kolobarjem ter njunima prilagoditvama (SWAT) za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: *P – Ptuj; M – Maribor; D – Dobrovce; B – osnovni kolobar (Base); številke od 14 do 17 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija*

Ekološka kolobarja

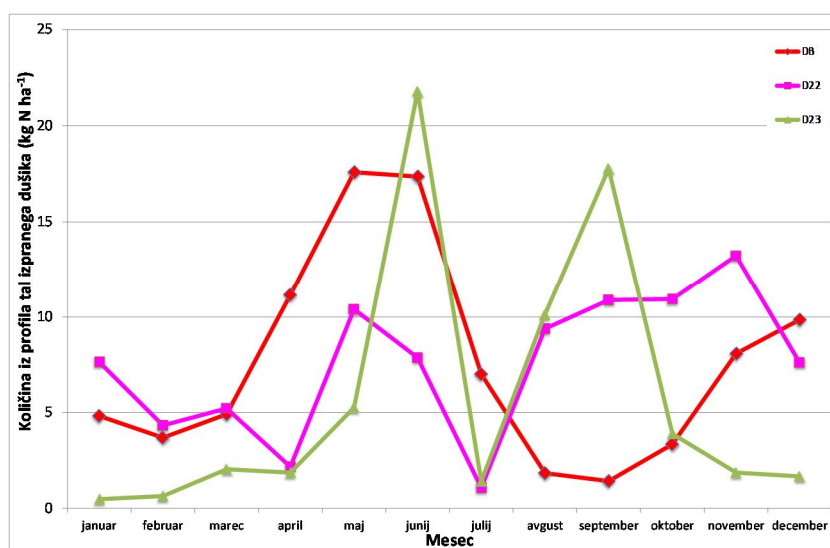
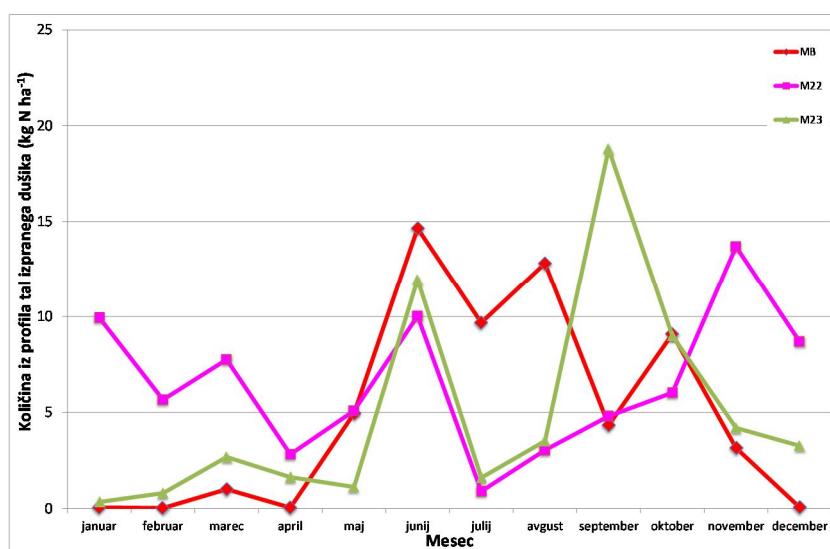
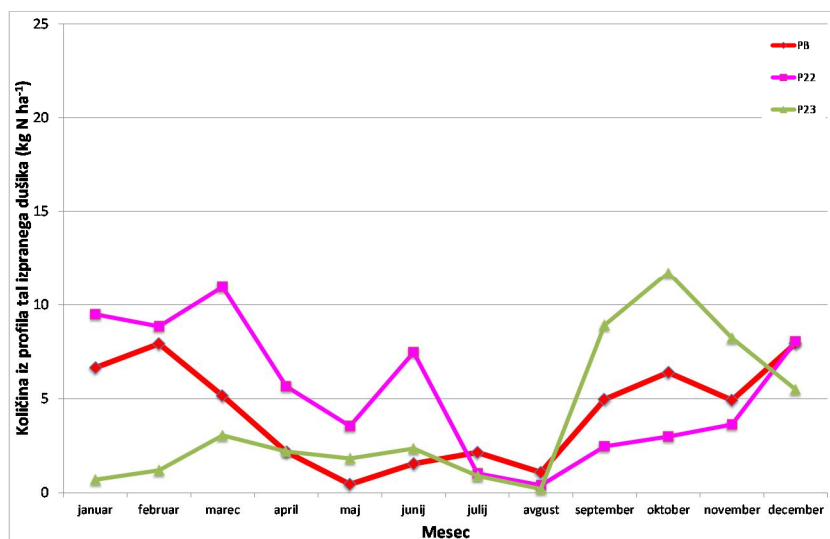
Iz rezultatov je razvidno, da ekološki vrtnarski kolobar povzroči večje izpiranje N na območju Ptuja in Maribora kot osnovni kolobar, ki je poljedelske narave (Preglednica 6.10, Slika 6.15). Medtem, ko je izpiranje v Dobrovcih praktično identično osnovnemu kolobarju, ki je vrtnarske narave. To potrdi navedbe kmeta, da kmetuje po smernicah za ekološko vrtnarjenje, kljub temu, da ni vključen v kontrolo ekološke pridelave. Izpiranje N ob ekološko poljedelskem kolobarju se odzove ravno obratno od vrtnarskega. Izpiranje se močno zmanjša na območju Dobrovca in ostane skoraj nespremenjeno na območju Maribora in Ptuja.

Preglednica 6.10: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med osnovnimi scenariji in ekološkima scenarijema vrtnarskega in poljedelskega kolobarja za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=8, $t_0=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij		
	Osnovni	Scenarij 22 ekološki vrtnarski	Scenarij 23 ekološki poljedelski
Ptuj - poljedelski			
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	51,3	64,5	46,8
Standardni odklon (sd)	43,4	59,6	52,3
t-test		0,661	-0,262
Interval zaupanja (I)	33,3	45,8	40,2
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		13,1	-4,6
Sprememba (%)		25,6	-8,9
Maribor - poljedelski			

Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	59,9	78,5	58,9
Standardni odklon (sd)	27,5	52,5	74,8
t-test		1,061	-0,039
Interval zaupanja (I)	21,1	40,4	57,5
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		18,6	-1,0
<i>Sprememba (%)</i>		<i>31,0</i>	<i>-1,6</i>
Dobrovce - vrtnarski			
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	91,1	90,8	68,8
Standardni odklon (sd)	56,1	78,8	88,2
t-test		-0,012	-0,758
Interval zaupanja (I)	43,1	60,6	67,8
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-0,3	-22,3
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-0,3</i>	<i>-24,4</i>



Slika 6.15: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha^{-1}) med osnovnim (Base = 0) in ekološkima scenarijema vrtnarskega (22) in poljedelskega (23)

kolobarja (SWAT) za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: P – Ptuj; M – Maribor; D – Dobrovce; B – osnovni kolobar (Base); številke od 22 do 23 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija

Kolobarji VVO režima

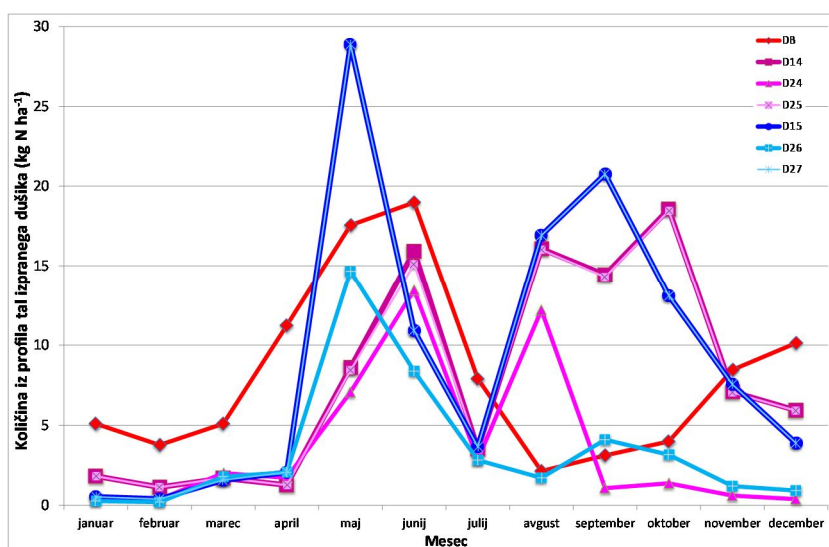
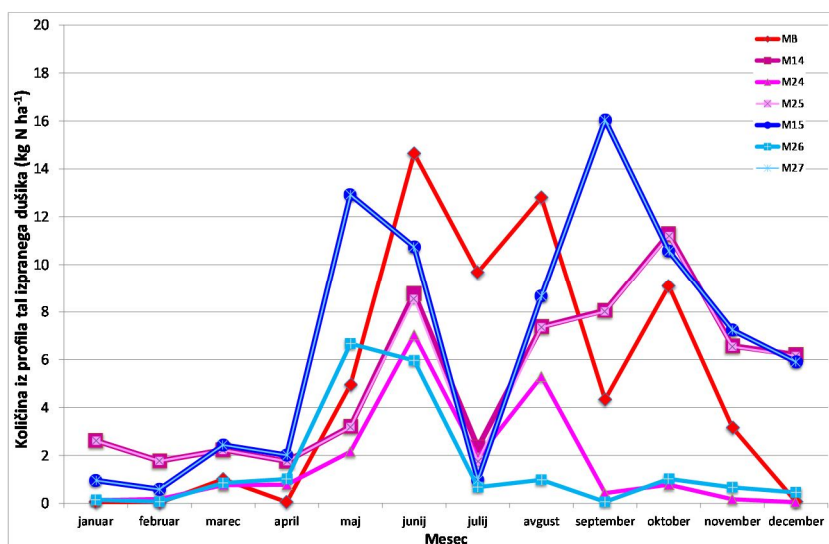
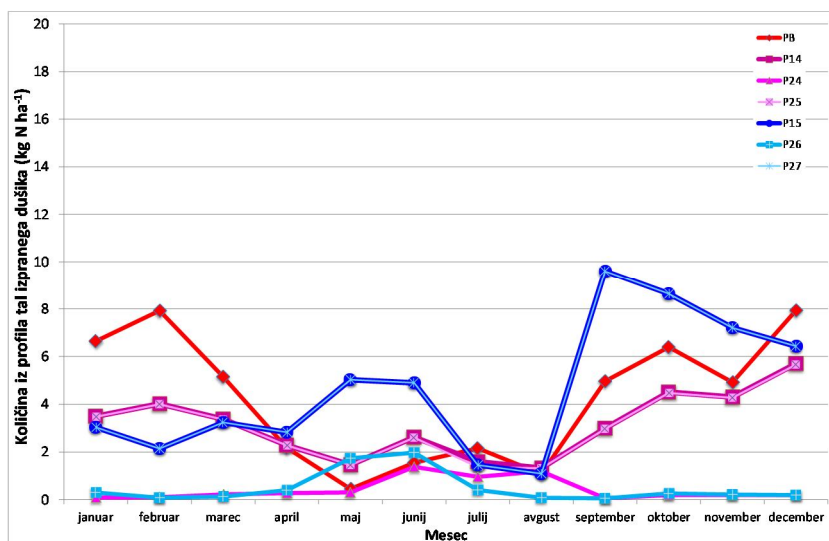
Rezultati scenarijev 24, 26, 28 in 30, ki prikazujejo učinke vodovarstvenih režimov na prvem varstvenem območju (VVO I) na kolobarje kažejo, da imajo zadnje spremembe uredb o VVO na območju Dravsko-ptujskega polja močan statistično značilen vpliv na zmanjšanje izpiranja N v primerjavi s povprečnima govedorejskim in prašičerejskim kolobarjem (Preglednica 6.11, Slika 6.16). Po drugi strani je učinek uredbe na zmanjšanje izpiranja N na območjih VVO II in VVO III v praktičnem smislu minimalen brez večjih učinkov in se skoraj ne razlikuje od povprečne prakse. Glede na to, da ti dve območji pokrivata veliko večino območja z rabo njiva ali travnik (44,3%) tudi ne gre pričakovati izrazitih zmanjšanj v povprečni vsebnosti N v podzemni vodi. Pričakovati je le lokalna zmanjšanja na območju VVO I, ki bodo bolj sezonske narave, saj to območje pokriva le 2,3% celotnega Dravsko-ptujskega polja z rabo njiva ali travnik.

Preglednica 6.11: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike za povprečno letno količino dušika izpranega iz profila tal med govedorejskim in prašičerejskim scenarijem ter scenariji z upoštevanimi VVO režimi za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=8, $t_d=2,306$. Če t-test preseže vrednost 2.306 je rezultata statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

	Scenarij											
	govedorejski			prašičerejski			poljedelski			trajni travnik		
	14	24 VVO I	25 VVO II in III	15	26 VVO I	27 VVO II in III	16	28 VVO I	29 VVO II in III	17	30 VVO I	31 VVO II in III
Ptuj												
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	37,7	5,2	37,2	55,6	5,8	55,6	52,0	38,1	51,8	12,1	0,7	7,9
Standardni odklon (sd)	21,9	3,1	21,7	34,4	6,3	34,4	61,5	45,0	61,6	15,3	0,7	9,6
t-test		-31,183	-0,062		-23,674	0,000		-0,931	-0,013		-47,063	-1,325

Interval zaupanja (I)	16,8	2,4	16,6	26,4	4,8	26,4	47,3	34,6	47,3	11,7	0,6	7,4
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-32,5	-0,4		-49,7	0,0		-13,9	-0,3		-11,5	-4,2
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-86,3</i>	<i>-1,2</i>		<i>-89,5</i>	<i>0,0</i>		<i>-26,8</i>	<i>-0,5</i>		<i>-94,3</i>	<i>-34,8</i>
Maribor												
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	62,2	16,3	61,1	79,0	18,6	79,0	63,2	46,5	62,9	20,9	3,7	18,9
Standardni odklon (sd)	24,4	13,1	25,1	41,7	14,7	41,7	61,0	49,3	61,0	14,8	3,9	13,0
t-test		-10,546	-0,134		-12,313	0,000		-1,017	-0,013		-13,285	-0,460
Interval zaupanja (I)	18,8	10,0	19,3	32,0	11,3	32,0	46,9	37,9	46,9	11,4	3,0	10,0
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-45,9	-1,1		-60,5	0,0		-16,7	-0,3		-17,2	-2,0
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-73,8</i>	<i>-1,8</i>		<i>-76,5</i>	<i>0,0</i>		<i>-26,4</i>	<i>-0,4</i>		<i>-82,2</i>	<i>-9,5</i>
Dobrovce												
Povprečje (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)	96,1	43,5	94,7	110,2	41,3	110,2	79,0	57,8	78,8	74,2	20,7	68,0
Standardni odklon (sd)	28,6	20,4	29,0	34,1	25,9	34,1	51,2	50,9	51,2	30,4	12,2	26,3
t-test		-7,738	-0,143		-7,987	0,000		-1,250	-0,013		-13,206	-0,709
Interval zaupanja (I)	22,0	15,7	22,3	26,2	19,9	26,2	39,4	39,1	39,3	23,3	9,3	20,2
Sprememba (kg ha ⁻¹ leto ⁻¹)		-52,6	-1,4		-69,0	0,0		-21,2	-0,2		-53,5	-6,2
<i>Sprememba (%)</i>		<i>-54,7</i>	<i>-1,4</i>		<i>-62,5</i>	<i>0,0</i>		<i>-26,8</i>	<i>-0,3</i>		-72,1	-8,4



Slika 6.16: Sprememba v povprečni mesečni količini izpranega dušika (kg ha⁻¹) med govedorejskim in prašičerejskim scenarijem ter scenariji z upoštevanimi VVO režimi

(SWAT) za raziskovalne lokacije Ptuj, Maribor, Dobrovce v raziskovalnem obdobju 2003-2011

Legenda: *P – Ptuj; M – Maribor; D – Dobrovce; B – osnovni kolobar (Base); številke od 14 do 27 predstavljajo zaporedno številko alternativnega scenarija; 14, 24, 25 - govedorejski kolobarji; 15, 26, 27 – prašičerejski kolobarji*

Prostorska predstavitev bilance dušika

Scenarij 32 in 33

Iz preglednice 6.12 je razvidno, da kmetijska zemljišča na območju Dravsko ptujskega polja predstavljajo 54,3% celotnega območja. Od tega je 44,2% njiv in 10,1% trajnih travnikov. Od tega 2,3% celotnega območja predstavljajo njive in travniki na VVO I režimu in kar 44,3% njive in travniki na VVO II in III režimu.

Rezultati scenarija 32 kažejo, da bi bila povprečna letna bilanca N (NO_3L), brez upoštevanja VVO režima, na njivah $68,4 \text{ kg N ha}^{-1}$, trajnih travnikih $27,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $60,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Preglednica 4.10). Ob upoštevanju VVO režima (Scenarij 33) bi bila bilanca na njivah $65,3 \text{ kg N ha}^{-1}$, na trajnih travnikih $24,2 \text{ kg ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $57,6 \text{ kg N ha}^{-1}$. Bilanca N za celotno območje je ob aktualnem VVO režimu (Ur.l. RS, št. 22/2013; Ur.l. RS, št. 24/2013) v primerjavi s stanjem brez upoštevanja VVO režima manjša za $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ letno oziroma 50,9 tone N letno.

Tako majhno zmanjšanje lahko pripišemo dejstvu, da je območje režima VVO I površinsko zelo majhno (2,3 %) in dejstvu, da ukrepi na območju režimov VVO II in III, ki zavzema 44,3 % območja, nimajo večjih učinkov na gnojenje v praksi in s tem na izpiranje N. Po drugi strani zmanjšanje izpiranja N za $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ z uveljavitvijo VVO I režima na le 2,3 % celotnega Dravsko ptujskega polja predstavlja kar 4,9 % zmanjšanje v primerjavi s scenarijem brez upoštevanja VVO režima.

Izračunana povprečna letna bilanca dušika za kmetijska zemljišča na območju Dravsko-ptujskega polja v obdobju 2003-2011 z upoštevanjem VVO režima je $60,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ letno (Scenarij 35), kar je zelo podobno povprečni bilanci dušika na ravni Slovenije ($63,7 \text{ kg ha}^{-1}$ letno) v istem obdobju, ki jo je izračunal Kmetijski inštitut Slovenije (KIS) po OECD-EUROSTAT metodologiji (<http://kazalci.arso.gov.si>). KIS je v letu 2009 pripravil tudi bilanco N za Dravsko-ptujsko polje in izračunal povprečne izgube N v vrednosti 150 kg N ha^{-1} letno kmetijskega zemljišča. Ob tem je Agencija RS za okolje (ARSO) v letu 2009 izmerila povprečno vsebnost nitrata na območju, ki je bila $41 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. Če vrednost bilance 150 kg N ha^{-1} pretvorimo v povprečno vsebnost nitrata na območju, bi ta bila $80 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. Pretvorba povprečne vsebnosti nitrata $41 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ po podatkih ARSO bi pomenila bilanco N okoli 60 kg N letno na hektar kmetijskega zemljišča. Presoja kateri podatek bolj ustreza realnemu stanju prepuščamo bralcu. A podatki scenarijev iz modela SWAT so mnogo bolj v sozvočju s podatki uradnega monitoringa ARSO. Ob tem ne gre prezreti dejstva, da lahko ARSO z razširitvijo ali krčenjem mreže monitoringa tudi vpliva na povprečno izmerjeno vsebnost nitrata na območju.

Iz preglednice 6.13 je razvidno, da so po obeh scenarijih povprečni mesečni bilančni presežki največji v pozno poletno - jesenskem obdobju od avgusta do oktobra. Tako lahko v septembru ob upoštevanju VVO režima pričakujemo povprečno 9 kg N ha^{-1} bilančnega presežka N, ki se izpere pod območje korenin in nato v podtalnico. VVO režim ima ugodne vplive na manjše izpiranje N preko celega leta. Na območju VVO I režima bi brez upoštevanju ukrepov izpiranje v obdobju od avgusta do oktobra doseglo $41,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive, v celem letu bi se tako povprečno izpralo $87,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive. Z upoštevanjem ukrepov VVO I režima se izpiranje v jesenskem obdobju zmanjša za 70% ($12,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive) in v celem letu v povprečju doseže $38,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive (-56%) (Preglednica 6.13). Podoben učinek je dosežen tudi pri travnikih na območju VVO I režima. Ob tem je vredno opozoriti, da se večina območji z ukrepi VVO I režima nahaja na tleh, ki so bolj dovzetna za izpiranje N.

Rezultati modela 32 kažejo, da so za izpiranje N iz profila tal so najbolj dovzetna tista tla, ki so plitvejša od 50 cm in katerih tekstura je sestavljena iz velikega deleža peska (Preglednica 4.12). Na takih tleh je izpiranje N še enkrat večje kot na ostalih globljih tleh. Na območju Dravskega polja so se kot najbolj dovzetna za izpiranje N iz profila tal izkazala tla s ZPP številko 563, 580, 998 in 1625. Na slednjih izpiranje N na letni ravni preseže 100 kg ha^{-1} tako na njivah kot travnikih.

Preglednica 6.12: Povprečna letna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 32 in 33

Scenarij 32 – brez upoštevanja VVO			Členi bilance dušika (N) kmetijskih zemljišč (kg ha^{-1})						
Raba/VVO režim	Površina		N_APP	NRAIN	NFIX	NUP	NO3L	BIOM	YLD
	(ha)	(%)							
Njiva/NI	1551	5,3	178,3	9,2	4,7	197,8	60,2	17,0	10,0
Njiva/VVO I	561	1,9	178,3	9,2	4,5	169,9	87,1	14,6	8,6
Njiva/VVO II	1907	6,5	178,3	9,2	4,6	191,5	70,9	16,6	9,8
Njiva/VVO III	8922	30,5	178,3	9,2	4,5	187,1	68,1	16,2	9,6
Njiva skupaj	12941	44,2	178,26	9,18	4,55	188,27	68,37	16,31	9,64
Travnik/NI	702	2,4	432,5	9,2	0,0	877,6	23,6	23,8	16,3
Travnik/VVO I	119	0,4	432,5	9,2	0,0	861,2	67,3	22,9	15,7
Travnik/VVO II	435	1,5	432,5	9,2	0,0	872,9	29,7	23,9	16,4
Travnik/VVO III	1708	5,8	432,5	9,2	0,0	796,8	26,0	22,5	15,5
Travnik skupaj	2965	10,1	432,50	9,18	0,00	829,68	27,65	23,05	15,85
Kmetijska zemljišča	15907	54,3	225,65	9,18	3,70	307,84	60,78	17,57	10,80

Gozd	6695	22,9							
Urbano	5626	19,2							
Voda	1011	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj za KZ	29260	100,0	122,67	4,99	2,01	167,35	33,04	9,55	5,87
Scenarij 33 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima									
Njiva/NI	1551	5,3	178,3	9,2	4,7	197,8	60,2	17,0	10,0
Njiva/VVO I	561	1,9	136,5	9,2	5,5	187,4	38,2	16,4	10,0
Njiva/VVO II	1907	6,5	174,5	9,2	4,6	188,2	69,8	16,5	9,8
Njiva/VVO III	8922	30,5	174,5	9,2	4,5	184,0	66,9	16,2	9,6
Njiva skupaj	12941	44,2	173,33	9,18	4,59	186,38	65,29	16,33	9,67
Travnik/NI	702	2,4	432,5	9,2	0,0	877,6	23,6	23,8	16,3
Travnik/VVO I	119	0,4	190,4	9,2	0,0	534,7	21,4	18,2	12,5
Travnik/VVO II	435	1,5	414,5	9,2	0,0	835,5	26,5	23,6	16,3
Travnik/VVO III	1708	5,8	414,5	9,2	0,0	760,0	24,1	22,2	15,3
Travnik skupaj	2965	10,1	409,75	9,18	0,00	789,87	24,20	22,64	15,57
Kmetijska	15907	54,4	217,40	9,18	3,73	298,88	57,63	17,50	10,77

zemljišča									
Gozd	6695	22,9							
Urbano	5626	19,2							
Voda	1011	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj za KZ	29260	100,0	118,19	4,99	2,03	162,48	31,33	9,52	5,85

N_APP – vnos mineralnega in živalskega N; NRAIN – depozicija N z dežjem; NFIX – biološka fiksacija N; NUP – rastlinski odvzem N/ tudi preko mineralizacija organskih ostankov; NO3L – izpiranje N pod območje korenin / bilanca N; BIOM – prirast biomase/suha snov; YLD – pridelek/suha snov

Preglednica 6.13: Povprečna mesečna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 32 in 33

Scenarij 32 – brez upoštevanja VVO		Mesečna bilanca dušika - N (kg ha^{-1})											
Raba/VVO režim	Površina (ha)	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
Njiva/NI	1551	3,8	2,8	3,0	1,7	2,6	3,8	1,9	5,9	9,5	9,6	6,7	9,0
Njiva/VVO I	561	2,6	1,6	1,9	1,3	9,2	11,1	5,8	12,7	14,8	13,6	5,9	6,7
Njiva/VVO II	1907	3,6	2,2	2,6	1,5	4,7	6,3	3,2	8,5	11,5	11,4	6,8	8,8
Njiva/VVO III	8922	3,1	2,2	2,5	1,5	5,6	7,0	3,5	8,5	10,8	10,3	5,7	7,3
Njiva skupaj	12941	3,3	2,2	2,5	1,5	5,3	6,7	3,4	8,4	11,0	10,5	6,0	7,7
Travnik/NI	702	1,7	1,4	3,2	1,2	1,2	2,5	1,3	2,8	4,0	1,7	1,4	1,2
Travnik/VVO I	119	3,3	1,7	7,4	2,5	4,3	8,5	6,8	13,9	8,7	7,3	1,8	1,2
Travnik/VVO II	435	1,8	1,1	3,4	1,6	1,9	3,7	2,7	4,0	5,0	2,6	1,3	0,5
Travnik/VVO III	1708	1,4	0,8	2,9	1,3	1,7	3,2	2,9	4,7	3,2	2,6	0,8	0,5
Travnik skupaj	2965	1,6	1,0	3,2	1,4	1,7	3,3	2,6	4,5	3,9	2,6	1,1	0,7
Kmetijsko zemljišče	15907	2,9	2,0	2,7	1,5	4,6	6,0	3,2	7,7	9,6	9,0	5,1	6,4
Gozd	6695												

Urbano	5626												
Voda	1011												
Mokrišča	21												
Skupaj za KZ	29260	1,6	1,1	1,4	0,8	2,5	3,3	1,8	4,2	5,2	4,9	2,8	3,5
Scenarij 33 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima													
Njiva/NI	1551	3,8	2,8	3,0	1,7	2,6	3,8	1,9	5,9	9,5	9,6	6,7	9,0
Njiva/VVO I	561	0,4	0,4	1,7	1,0	7,0	9,9	4,9	7,9	2,9	1,5	0,2	0,3
Njiva/VVO II	1907	3,6	2,2	2,6	1,5	4,7	6,1	2,8	8,3	11,4	11,2	6,7	8,7
Njiva/VVO III	8922	3,1	2,2	2,5	1,5	5,6	6,8	3,1	8,3	10,8	10,2	5,6	7,2
Njiva skupaj	12941	3,1	2,2	2,5	1,5	5,2	6,5	3,0	8,0	10,4	9,9	5,7	7,3
Travnik/NI	702	1,7	1,4	3,2	1,2	1,2	2,5	1,3	2,8	4,0	1,7	1,4	1,2
Travnik/VVO I	119	1,8	0,4	4,5	0,0	0,5	2,3	3,5	5,6	0,6	1,6	0,3	0,4
Travnik/VVO II	435	1,6	1,0	4,6	1,4	1,4	2,7	2,3	3,6	4,0	2,3	1,1	0,4
Travnik/VVO III	1708	1,3	0,7	4,3	1,0	1,3	2,6	2,5	4,2	2,6	2,3	0,7	0,5
Travnik skupaj	2965	1,5	0,9	4,1	1,1	1,2	2,6	2,3	3,8	3,0	2,1	0,9	0,7
Kmetijsko zemljišče	15907	2,8	1,9	2,8	1,4	4,4	5,7	2,9	7,2	9,0	8,4	4,8	6,1

Gozd	6695												
Urbano	5626												
Voda	1011												
Mokrišča	21												
Skupaj za KZ	29260	1,5	1,1	1,5	0,8	2,4	3,1	1,6	3,9	4,9	4,6	2,6	3,3

Preglednica 6.14: Povprečna mesečna bilanca dušika (kg/ha) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 32 in 33

Raba/Tla ZPP	Površina		Členi bilance dušika (N) kmetijskih zemljišč – povprečja kg ha ⁻¹ leto																
			N_AP P	NRAI N	NFI X	NU P	NO3 L	BIO M	YL D	Površina		N_AP P	NRAI N	NFI X	NU P	NO3 L	BIO M	YL D	
	(ha)	%								(ha)	%								
Njiva										Travnik									
0060	3	0,02	178	9	4	223	30	19	11	28	0,94	433	9	0	844	0	23	16	
0074	7	0,05	178	9	4	218	37	19	11	22	0,75	433	9	0	914	3	26	18	
0447	8	0,06	178	9	5	191	49	16	10	23	0,79	433	9	0	697	0	19	13	
0456	397	3,07	178	9	4	210	51	18	11	67	2,26	433	9	0	858	6	24	17	
0563	3846	29,71	178	9	4	155	98	13	8	407	13,72	433	9	0	786	77	21	14	
0564	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,09	433	9	0	820	2	21	14	
0565	1	0,00	178	9	2	130	2	8	5	6	0,19	433	9	0	472	0	12	8	
0569	177	1,37	178	9	5	210	57	18	11	108	3,63	433	9	0	915	14	25	17	
0573	32	0,24	178	9	5	203	50	18	11	35	1,19	433	9	0	898	10	25	17	
0574	1401	10,82	178	9	5	212	47	19	11	121	4,07	433	9	0	903	5	25	17	
0577	2	0,01	178	9	4	222	38	19	11	15	0,52	433	9	0	903	0	23	16	

0578	4	0,03	178	9	5	198	55	16	10	70	2,38	433	9	0	925	31	24	16
0579	423	3,27	178	9	4	195	53	17	10	115	3,87	433	9	0	716	8	21	15
0580	843	6,51	178	9	5	168	82	15	9	135	4,57	433	9	0	701	33	20	14
0581	269	2,08	178	9	4	213	39	19	11	158	5,33	433	9	0	821	4	24	17
0582	122	0,94	178	9	4	227	41	20	12	58	1,95	433	9	0	978	8	27	18
0583	24	0,19	178	9	3	236	23	19	11	68	2,30	433	9	0	805	0	24	16
0585	917	7,09	178	9	4	199	33	18	11	190	6,42	433	9	0	575	3	19	13
0586	317	2,45	178	9	3	225	24	19	11	151	5,09	433	9	0	583	2	19	13
0991	2	0,02	178	9	4	217	40	19	11	20	0,67	433	9	0	894	3	25	18
0993	2	0,02	178	9	4	210	63	17	10	25	0,84	433	9	0	868	8	23	16
0998	153	1,18	178	9	5	175	88	15	9	152	5,13	433	9	0	887	80	23	16
1187	18	0,14	178	9	4	226	47	19	11	31	1,04	433	9	0	1033	37	26	18
1189	3	0,02	178	9	5	205	41	18	11	7	0,25	433	9	0	793	0	22	15
1196	732	5,65	178	9	5	203	58	18	11	333	11,22	433	9	0	921	19	25	17
1203	763	5,89	178	9	5	195	66	17	10	197	6,65	433	9	0	929	34	24	17
1204	2163	16,71	178	9	5	207	65	18	11	258	8,70	433	9	0	944	28	25	17

1205	241	1,86	178	9	5	207	56	18	11	77	2,59	433	9	0	812	5	24	16
1206	51	0,39	178	9	4	225	38	20	12	40	1,33	433	9	0	950	5	26	18
1207	8	0,06	178	9	3	237	29	20	12	19	0,63	433	9	0	933	2	26	18
1625	15	0,11	178	9	5	141	112	12	7	26	0,87	433	9	0	790	141	20	13
Vsota/Povprečje	12941	100,00	178	9	5	188	68	16	10	2965	100,00	433	9	0	830	28	23	16

Scenarij 34 in 35

Rezultati scenarija 34, kjer so različne tehnologije in kolobarji razporejeni na kmetijska zemljišča glede na vrsto rejenih živali na kmetiji, kažejo, da bi bila povprečna letna bilanca N (NO_3L), brez upoštevanja VVO režima, na njivah $71,11 \text{ kg N ha}^{-1}$, trajnih travnikih $27,46 \text{ kg N ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $62,97 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Preglednica 6.15). To je dobra 2 kg N ha^{-1} več kot pri scenariju 32, kjer sta na vseh njivskih zemljiščih uporabljena dva kolobarja, govedorejski in prašičerejski, v razmerju 81:19. Ob upoštevanju VVO režima (Scenarij 35) bi bila bilanca na njivah $68,64 \text{ kg N ha}^{-1}$, na trajnih travnikih $24,04 \text{ kg ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $60,33 \text{ kg N ha}^{-1}$. Bilanca N za celotno območje je ob aktualnem VVO režimu (Ur.l. RS, št. 22/2013; Ur.l. RS, št. 24/2013) v primerjavi s stanjem brez upoštevanja VVO režima manjša za $2,6 \text{ kg ha}^{-1}$ letno oziroma 41,3 tone N letno.

Tako majhno zmanjšanje lahko pripišemo dejstvu, da je območje režima VVO I, kjer so ukrepi najbolj omejujoči za kmetovanje, površinsko zelo majhno (2,3 %) in dejstvu, da ukrepi na območju režimov VVO II in III, ki zavzema 44,2 % območja, nimajo večjih učinkov na gnojenje v praksi in s tem na izpiranje N. Po drugi strani zmanjšanje izpiranja N za $2,6 \text{ kg ha}^{-1}$ z uveljavitvijo VVO I režima na le 2,3 % celotnega Dravsko ptujskega polja predstavlja kar 4,1 % zmanjšanje v primerjavi s scenarijem brez upoštevanja VVO režima.

Iz preglednice 6.16 je razvidno, da so po scenariju 34 - brez VVO povprečni mesečni bilančni presežki največji konec pomladi, konec poletja in v začetku jeseni obdobju od maja do oktobra. Medtem, ko so po scenariju 35 - z VVO največji presežki konec pomladi, ki so tudi manjši zaradi vpliva VVO režima. V septembru lahko ob upoštevanju VVO režima pričakujemo povprečno $8,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ bilančnega presežka N, ki se izpere pod območje korenin in nato v podtalnico. VVO režim ima ugodne vplive na manjše izpiranje N preko celega leta. Na območju VVO I režima bi brez upoštevanja ukrepov izpiranje v obdobju od avgusta do oktobra doseglo $35,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive, v celem letu bi se tako povprečno izpralo $87,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive. Z upoštevanjem ukrepov VVO I režima se izpiranje v jesenskem obdobju zmanjša za 69% ($11,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive) in v celem letu v povprečju doseže $43,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive (-51%) (Preglednica 6.16). Podoben učinek je dosežen tudi pri travnikih na območju VVO I režima. Ob tem je vredno opozoriti, da se večina območji z ukrepi VVO I režima nahaja na tleh, ki so bolj dovzetna za izpiranje N.

Razlike med scenariji 32 in 33 ter 34 in 35 so minimalne in bi bile bolj opazne šele na nivoju posameznih hidroloških odzivnih enot. Dejstvo je, da ima različna razporeditev tehnologij pridelovanja in kolobarjev vpliv na bilanco N.

Preglednica 6.15: Povprečna letna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 34 in 35

Scenarij 34 – brez upoštevanja VVO			Členi bilance dušika (N) kmetijskih zemljišč (kg ha^{-1})						
Raba/VVO režim	Površina		N_APP	NRAIN	NFIX	NUP	NO3L	BIOM	YLD
	(ha)	(%)							
Njiva/NI	1554	5,3	173,9	9,2	4,1	187,1	63,8	17,2	8,0
Njiva/VVO I	562	1,9	175,5	9,2	5,6	164,8	87,9	14,6	7,4
Njiva/VVO II	1911	6,5	176,1	9,2	5,2	186,9	72,3	16,7	8,7
Njiva/VVO III	8940	30,5	174,6	9,2	6,1	180,9	71,1	16,5	7,8
Njiva skupaj	12967	44,2	174,81	9,18	5,71	181,84	71,11	16,52	7,95
Travnik/NI	704	2,4	432,5	9,2	0,0	878,0	23,5	23,8	16,3
Travnik/VVO I	119	0,4	432,5	9,2	0,0	862,3	66,9	22,9	15,7
Travnik/VVO II	436	1,5	432,5	9,2	0,0	873,8	29,4	23,9	16,4
Travnik/VVO III	1712	5,8	432,5	9,2	0,0	797,4	25,9	22,5	15,5
Travnik skupaj	2971	10,1	432,50	9,18	0,00	830,35	27,46	23,05	15,85
Kmetijska zemljišča	15938	54,4	222,85	9,18	4,64	302,73	62,97	17,74	9,42

Gozd	6708	22,9							
Urbano	5637	19,2							
Voda	1013	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj za KZ	29317	100,0	145,21	8,35	3,18	189,83	34,23	18,04	8,08
Scenarij 35 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima									
Njiva/NI	1554	5,3	173,9	9,2	4,1	187,1	63,8	17,2	8,0
Njiva/VVO I	562	1,9	132,9	9,2	6,8	175,8	43,5	15,9	8,5
Njiva/VVO II	1911	6,5	173,3	9,2	5,2	184,3	71,5	16,6	8,7
Njiva/VVO III	8940	30,5	172,6	9,2	6,1	179,1	70,5	16,5	7,8
Njiva skupaj	12967	44,2	171,12	9,18	5,76	180,69	68,64	16,54	7,98
Travnik/NI	704	2,4	432,5	9,2	0,0	878,0	23,5	23,8	16,3
Travnik/VVO I	119	0,4	190,4	9,2	0,0	535,1	21,3	18,2	12,5
Travnik/VVO II	436	1,5	414,5	9,2	0,0	836,2	26,3	23,6	16,2
Travnik/VVO III	1712	5,8	414,5	9,2	0,0	760,6	23,9	22,2	15,3
Travnik skupaj	2971	10,1	409,75	9,18	0,00	790,47	24,04	22,63	15,57
Kmetijska	15938	54,4	215,60	9,18	4,69	294,36	60,33	17,68	9,39

zemljišča									
Gozd	6708	22,9							
Urbano	5637	19,2							
Voda	1013	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj za KZ	29317	100,0	117,21	7,09	2,55	160,02	32,80	18,04	8,08

N_APP – vnos mineralnega in živalskega N; NRAIN – depozicija N z dežjem; NFIX – biološka fiksacija N; NUP – rastlinski odvzem N/ tudi preko mineralizacija organskih ostankov; NO3L – izpiranje N pod območje korenin / bilanca N; BIOM – prirast biomase/suha snov; YLD – pridelek/suha snov

Preglednica 6.16: Povprečna mesečna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 34 in 35

Scenarij 34 – brez upoštevanja VVO		Mesečna bilanca dušika - N (kg ha^{-1})											
Raba/VVO režim	Površina (ha)	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
Njiva/NI	1554	4,3	2,6	4,2	1,9	3,6	7,1	2,5	6,3	9,1	7,8	6,1	8,2
Njiva/VVO I	562	2,9	1,5	3,3	1,5	11,7	13,2	6,0	11,3	13,5	10,8	5,7	6,5
Njiva/VVO II	1911	3,8	2,1	3,4	1,6	6,3	7,9	3,3	8,0	11,1	9,8	6,6	8,5
Njiva/VVO III	8940	3,6	2,1	4,1	1,8	8,3	9,7	3,8	7,4	10,2	7,5	5,6	7,0

Njiva skupaj	12967	3,7	2,1	3,9	1,8	7,6	9,3	3,7	7,5	10,4	8,0	5,8	7,3
Travnik/NI	704	1,7	1,3	3,1	1,2	1,2	2,4	1,3	2,8	4,0	1,8	1,4	1,3
Travnik/VVO I	119	3,2	1,7	7,3	2,4	4,3	8,2	6,9	13,9	8,7	7,4	1,7	1,3
Travnik/VVO II	436	1,7	1,1	3,3	1,6	1,9	3,6	2,7	4,0	5,0	2,7	1,3	0,5
Travnik/VVO III	1712	1,4	0,8	2,9	1,3	1,7	3,2	2,9	4,7	3,2	2,6	0,8	0,6
Travnik skupaj	2971	1,6	1,0	3,2	1,4	1,7	3,2	2,6	4,5	3,8	2,6	1,1	0,8
Kmetijsko zemljišče	15938	3,3	1,9	3,8	1,7	6,5	8,2	3,5	7,0	9,1	7,0	4,9	6,1
Gozd	6708												
Urbano	5637												
Voda	1013												
Mokrišča	21												
Skupaj za KZ	29317	1,8	1,0	2,1	0,9	3,5	4,4	1,9	3,8	5,0	3,8	2,7	3,3
Scenarij 35 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima													
Njiva/NI	1554	4,3	2,6	4,2	1,9	3,6	7,1	2,5	6,3	9,1	7,8	6,1	8,2
Njiva/VVO I	562	0,9	0,5	2,9	1,1	8,0	11,3	5,5	6,7	2,9	1,6	0,8	1,1
Njiva/VVO II	1911	3,7	2,1	3,4	1,6	6,2	7,9	3,1	7,9	11,0	9,7	6,6	8,4

Njiva/VVO III	8940	3,6	2,1	4,0	1,8	8,3	9,7	3,6	7,3	10,2	7,5	5,5	7,0
Njiva skupaj	12967	3,6	2,1	3,9	1,8	7,4	9,2	3,5	7,2	9,8	7,6	5,6	7,1
Travnik/NI	704	1,7	1,3	3,1	1,2	1,2	2,4	1,3	2,8	4,0	1,8	1,4	1,3
Travnik/VVO I	119	1,7	0,4	4,4	0,0	0,5	2,3	3,5	5,5	0,6	1,6	0,3	0,4
Travnik/VVO II	436	1,6	0,9	4,6	1,4	1,4	2,7	2,3	3,6	4,0	2,3	1,1	0,4
Travnik/VVO III	1712	1,3	0,7	4,2	1,0	1,3	2,6	2,6	4,2	2,6	2,3	0,7	0,5
Travnik skupaj	2971	1,5	0,9	4,0	1,1	1,2	2,5	2,3	3,8	3,0	2,1	0,9	0,7
Kmetijsko zemljišče	15938	3,2	1,8	3,9	1,6	6,3	7,9	3,3	6,6	8,6	6,6	4,7	5,9
Gozd	6708												
Urbano	5637												
Voda	1013												
Mokrišča	21												
Skupaj za KZ	29317	1,7	1,0	2,1	0,9	3,4	4,3	1,8	3,6	4,7	3,6	2,6	3,2

Scenarij 36 in 37

Rezultati scenarija 36 v katerem so bile gnojilne norme prilagojene glede na bilančne presežke N v inverznem hidrokemijskem modelu GeoZS kažejo, da bi bila povprečna letna bilanca N (NO_3L), brez upoštevanja VVO režima, na njivah $78,14 \text{ kg N ha}^{-1}$, trajnih travnikih $54,27 \text{ kg N ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $73,69 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Preglednica 6.17). Ob upoštevanju VVO režima (Scenarij 33) bi bila bilanca na njivah $74,33 \text{ kg N ha}^{-1}$, na trajnih travnikih $46,33 \text{ kg N ha}^{-1}$ in na vseh kmetijskih zemljiščih $69,11 \text{ kg N ha}^{-1}$. Bilanca N za celotno območje je ob aktualnem VVO režimu (Ur.l. RS, št. 22/2013; Ur.l. RS, št. 24/2013) v primerjavi s stanjem brez upoštevanja VVO režima manjša za $4,6 \text{ kg ha}^{-1}$ letno oziroma 72,9 tone N letno.

Tako majhno zmanjšanje lahko pripišemo dejstvu, da je območje režima VVO I površinsko zelo majhno (2,3 %) in dejstvu, da ukrepi na območju režimov VVO II in III, ki zavzema 44,2 % območja, nimajo večjih učinkov na gnojenje v praksi in s tem na izpiranje N. Zmanjšanje izpiranja N za $4,6 \text{ kg ha}^{-1}$ z uveljavitvijo VVO I režima na le 2,3 % celotnega Dravsko ptujskega polja predstavlja kar 6,2 % zmanjšanje v primerjavi s scenarijem brez upoštevanja VVO režima.

Iz preglednice 6.18 je razvidno, da so po scenariju 36 - brez VVO povprečni mesečni bilančni presežki največji konec pomladi (maj, junij), konec poletja (avgust, september) in v začetku jeseni (oktober). Medtem, ko so po scenariju 37 - z VVO največji presežki konec pomladi (maj, junij), ki so tudi manjši zaradi vpliva VVO režima. V septembru lahko ob upoštevanju VVO režima pričakujemo povprečno $12,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ bilančnega presežka N, ki se izpere pod območje korenin in nato v podtalnico. VVO režim ima ugodne vplive na manjše izpiranje N preko celega leta. Na območju VVO I režima bi brez upoštevanja ukrepov izpiranje v obdobju od avgusta do oktobra doseglo $45,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive, v celem letu bi se tako povprečno izpralo $99,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive. Z upoštevanjem ukrepov VVO I režima se izpiranje v jesenskem obdobju zmanjša za 73% ($12,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive) in v celem letu v povprečju doseže $38,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ njive (-62%) (Preglednica 6.18). Podoben učinek je dosežen tudi pri travnikih na območju VVO I režima. Ob tem je vredno opozoriti, da se večina območji z ukrepi VVO I režima nahaja na tleh, ki so bolj dovzetna za izpiranje N.

Razlike v bilančnih presežkih N med scenariji 32, 33, 34 in 35 ter 36 in 37 so velike in opazne. Razlike so pričakovane saj prvi štirje scenariji upoštevajo kot osnovo povprečne priporočene kmetijske tehnologije, gnojilne norme in kolobarje ter so usmerjeni k povprečni vsebnosti nitrata v podzemni vodi na območju Dravsko-ptujskega polja, ki se po podatkih ARSO od leta 2007 giblje okoli $40 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. Medtem, ko zadnja dva scenarija za osnovo upoštevata inverzni model GeoZS in povprečno vsebnost nitrata v podzemni vodi na območju Dravsko-ptujskega polja $47 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$, ki je izračunana iz uradnih podatkov ARSO za le tiste točke, ki so bile stalno v rednem letnem monitoringu zadnjih 10 let (2003-2002).

Preglednica 6.17: Povprečna letna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 36 in 37

Scenarij 36 – brez upoštevanja VVO			Členi bilance dušika (N) kmetijskih zemljišč (kg ha^{-1})						
Raba/VVO režim	Površina		N_APP	NRAIN	NFIX	NUP	NO3L	BIOM	YLD
	(ha)	(%)							
Njiva/NI	1551	5,3	208,7	9,2	4,1	210,8	69,1	17,0	10,3
Njiva/VVO I	561	1,9	208,7	9,2	4,1	176,9	99,7	14,5	8,8
Njiva/VVO II	1907	6,5	208,7	9,2	4,1	202,8	80,9	16,6	10,0
Njiva/VVO III	8922	30,5	208,7	9,2	4,0	198,5	77,8	16,3	9,8
Njiva skupaj	12941	44,2	208,74	9,18	4,00	199,66	78,14	16,32	9,87
Travnik/NI	702	2,4	532,5	9,2	0,0	963,4	51,5	24,6	16,9
Travnik/VVO I	119	0,4	532,5	9,2	0,0	920,0	114,4	23,4	16,0
Travnik/VVO II	435	1,5	532,5	9,2	0,0	961,3	61,5	24,7	17,0
Travnik/VVO III	1708	5,8	532,5	9,2	0,0	890,4	49,4	23,5	16,2
Travnik skupaj	2965	10,1	532,50	9,18	0,00	919,29	54,27	23,96	16,47
Kmetijska zemljišča	15907	54,4	269,09	9,18	3,26	333,80	73,69	17,75	11,10

Gozd	6695	22,9							
Urbano	5626	19,2							
Voda	1011	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj	29260	100,0	144,61	7,09	1,86	180,64	40,06	9,62	6,02
Scenarij 37 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima									
Njiva/NI	1551	5,3	208,7	9,2	4,1	210,8	69,1	17,0	10,3
Njiva/VVO I	561	1,9	136,5	9,2	5,5	187,4	38,2	16,4	10,0
Njiva/VVO II	1907	6,5	205,0	9,2	4,1	198,7	79,6	16,5	10,0
Njiva/VVO III	8922	30,5	205,0	9,2	4,0	194,7	76,4	16,2	9,8
Njiva skupaj	12941	44,2	202,49	9,18	4,06	196,91	74,33	16,32	9,89
Travnik/NI	702	2,4	532,5	9,2	0,0	963,4	51,5	24,6	16,9
Travnik/VVO I	119	0,4	190,4	9,2	0,0	534,7	21,4	18,2	12,5
Travnik/VVO II	435	1,5	514,5	9,2	0,0	937,3	53,6	24,6	16,9
Travnik/VVO III	1708	5,8	514,5	9,2	0,0	863,7	44,1	23,3	16,1
Travnik skupaj	2965	10,1	505,73	9,18	0,00	884,91	46,33	23,62	16,24
Kmetijska	15907	54,4	259,02	9,18	3,30	325,16	69,11	17,68	11,07

zemljišča									
Gozd	6695	22,9							
Urbano	5626	19,2							
Voda	1011	3,5							
Mokrišča	21	0,1							
Skupaj	29260	100,0	144,61	7,09	1,86	180,64	37,57	9,62	6,02

N_APP – vnos mineralnega in živalskega N; NRAIN – depozicija N z dežjem; NFIX – biološka fiksacija N; NUP – rastlinski odvzem N/ tudi preko mineralizacija organskih ostankov; NO3L – izpiranje N pod območje korenin / bilanca N; BIOM – prirast biomase/suha snov; YLD – pridelek/suha snov

Preglednica 6.18: Povprečna mesečna bilanca dušika (kg ha^{-1}) kmetijskih zemljišč na območju Dravsko ptujskega polja za obdobje 2003 – 2011 ob upoštevanju scenarijev 36 in 37

Scenarij 36 – brez upoštevanja VVO		Mesečna bilanca dušika - N (kg ha^{-1})											
Raba/VVO režim	Površina (ha)	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
Njiva/NI	1551	4,3	2,9	3,2	1,8	3,4	5,1	2,5	6,6	10,9	11,2	7,5	9,6
Njiva/VVO I	561	2,8	1,7	2,0	1,4	11,9	13,9	7,1	13,4	17,7	14,4	6,4	7,0
Njiva/VVO II	1907	3,9	2,3	2,7	1,6	6,1	8,1	3,9	9,1	13,3	13,2	7,6	9,1
Njiva/VVO III	8922	3,4	2,3	2,6	1,6	7,3	8,9	4,3	9,1	12,8	11,3	6,3	7,7
Njiva skupaj	12941	3,6	2,4	2,7	1,6	6,9	8,5	4,2	9,0	12,9	11,7	6,7	8,1

Travnik/NI	702		2,8	5,2	1,9	2,3	5,2	2,8	5,8	9,5	3,4	3,4	5,1
Travnik/VVO I	119	4,0	2,3	10,2	3,8	8,1	16,7	11,5	22,0	18,8	10,9	3,3	2,8
Travnik/VVO II	435	2,9	2,3	5,7	2,6	3,8	8,3	4,8	7,1	12,5	4,9	3,6	3,1
Travnik/VVO III	1708	2,3	1,6	4,7	2,1	3,5	6,9	5,0	7,5	7,5	4,3	2,0	2,1
Travnik skupaj	2965	2,9	2,0	5,2	2,2	3,4	7,1	4,7	7,6	9,1	4,5	2,6	3,0
Kmetijsko zemljišče	15907	3,4	2,3	3,2	1,7	6,2	8,3	4,3	8,7	12,2	10,4	5,9	7,2
Gozd	6695												
Urbano	5626												
Voda	1011												
Mokrišča	21												
Skupaj	29260	1,9	1,2	1,7	0,9	3,4	4,5	2,3	4,7	6,6	5,6	3,2	3,9
Scenarij 37 – z upoštevanjem aktualnega VVO režima													
Njiva/NI	1551	4,3	2,9	3,2	1,8	3,4	5,1	2,5	6,6	10,9	11,2	7,5	9,6
Njiva/VVO I	561	0,4	0,4	1,7	1,0	7,0	9,9	4,9	7,9	2,9	1,5	0,2	0,3
Njiva/VVO II	1907	3,8	2,3	2,7	1,6	6,1	8,0	3,5	8,9	13,2	13,0	7,5	9,0
Njiva/VVO III	8922	3,4	2,3	2,6	1,6	7,3	8,7	3,9	8,8	12,7	11,2	6,3	7,6

Njiva skupaj	12941	3,3	2,2	2,5	1,5	5,3	6,7	3,4	8,4	11,0	10,5	6,0	7,7
Travnik/NI	702	3,9	2,8	5,2	1,9	2,3	5,2	2,8	5,8	9,5	3,4	3,4	5,1
Travnik/VVO I	119	1,8	0,4	4,5	0,0	0,5	2,3	3,5	5,6	0,6	1,6	0,3	0,4
Travnik/VVO II	435	2,5	2,0	6,9	2,3	3,1	6,5	4,2	6,0	10,5	4,4	3,0	2,3
Travnik/VVO III	1708	2,0	1,3	6,0	1,7	2,8	5,6	4,4	6,7	6,3	3,9	1,7	1,6
Travnik skupaj	2965	2,5	1,7	5,9	1,8	2,6	5,5	3,9	6,3	7,5	3,8	2,2	2,5
Kmetijsko zemljišče	15907	3,1	2,2	3,2	1,6	4,8	6,4	3,5	8,0	10,3	9,2	5,3	6,7
Gozd	6695												
Urbano	5626												
Voda	1011												
Mokrišča	21												
Skupaj	29260	1,8	1,2	1,8	0,9	3,2	4,2	2,0	4,4	6,1	5,3	3,0	3,7

Grafični prikaz scenarijev 32, 33, 34, 35, 36, 37

Slike 6.17 do 6.24 prikazujejo prostorski prikaz členov bilance N v kg ha^{-1} na letni ravni in prirast biomase in pridelka v tonah na hektar na leto. Zgornji del slike prikazuje tri scenarije brez upoštevanja VVO (Scenariji 32, 34, 36) in spodnji del tri scenarije z upoštevanjem VVO (Scenariji 33, 35, 37).

Pregleden prikaz učinkov vodovarstvenih uredb na območju raziskovanja (Ur.l. RS, št. 22/2013; Ur.l. RS, št. 24/2013) na vnos N z mineralnimi in živinskimi gnojili je razviden iz slike 4.10. Učinki uredb so še posebno izraziti na omejenem območju na katerem se izvaja režim VVO I. Vnos dušika na njivah se po scenarijih 32 in 33 zmanjša iz 178,3 na 136,5 kg ha^{-1} leto in na travnikih iz 432,5 na 190,4 kg ha^{-1} leto. Podobne razlike so vidne tudi pri ostalih scenarijih.

Slika 6.18 prikazuje povprečni letni vnos (depozicijo) dušika z dežjem (padavinami) (9,2 kg N ha^{-1} leto), kot jo je modeliral program SWAT. V izračunu bilance N za Slovenijo po OECD-EUROSTAT metodologiji, ki jo pripravlja Kmetijski inštitut Slovenije sicer uporabljajo vrednost 15 kg N ha^{-1} . Če v modelu SWAT izključimo N vnesen z depozicijo padavin je bilanca N za scenarij 32 na kmetijskih zemljiščih 55,82 kg N ha^{-1} oziroma za 4,96 kg N ha^{-1} manj.

Slika 6.19 prikazuje povprečno letno biološko fiksacijo N z metuljnicami kot jo modelira program SWAT v odvisnosti od kolobarja. Le-ta je za scenarije 32, 33, 36 in 37 v večjem delu povodja modelirana med 4 in 5 kg N ha^{-1} letno. Te vrednosti so tako majhne zaradi redke prisotnosti metuljnic v kolobarju, ki se nato povprečijo na 9 let in zaradi kombinacije govedorejskega in prašičerejskega pri modeliranju. Pri scenarijih 34 in 35 je modeliranje izpeljano glede na vrsto rejenih živali zaradi katerih se razlikuje tudi kolobar. Ker so metuljnice v modelnih kolobarjih prisotne le pri prašičereji in mešanih kmetijah je modelirana tudi večja povprečna biološka vezava, ki doseže maksimalno 26 kg N ha^{-1} letno.

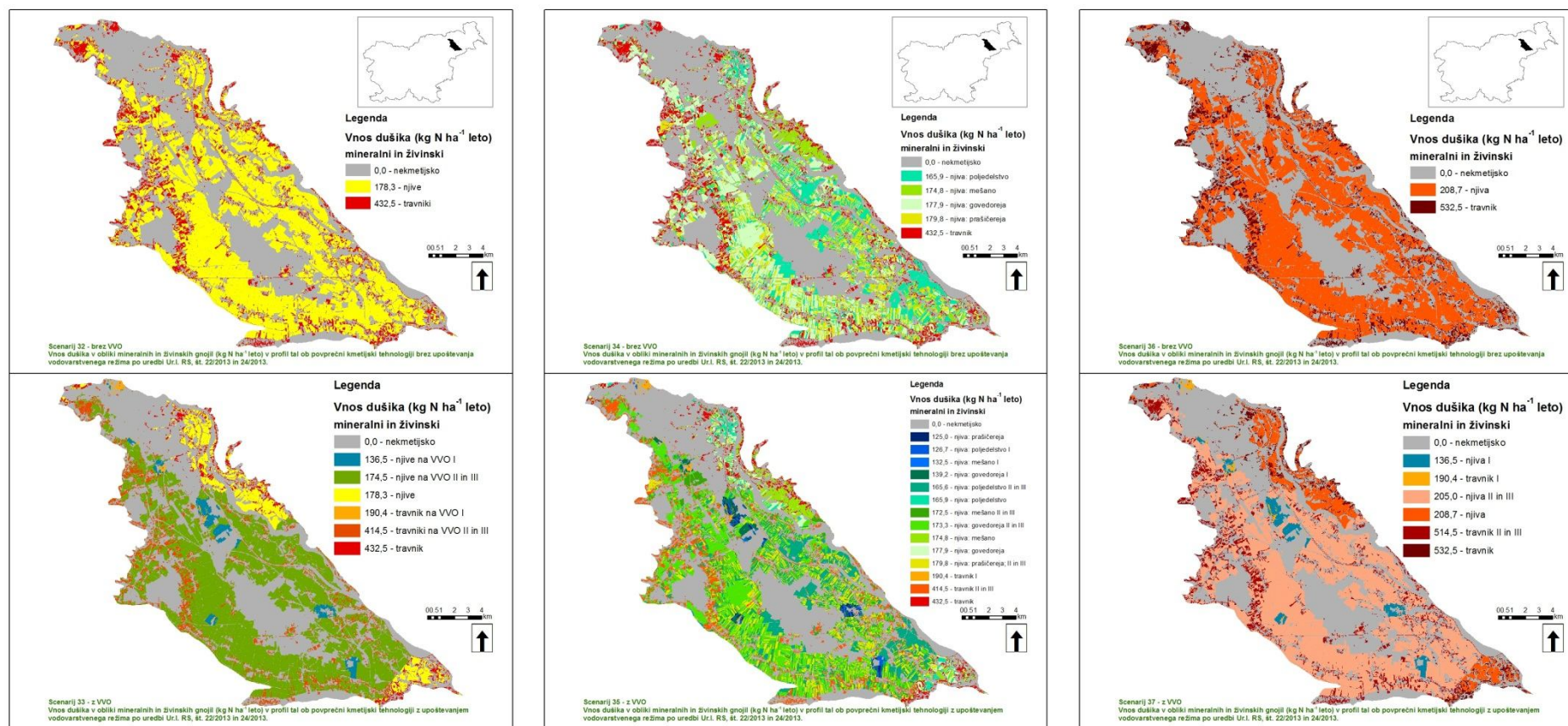
Na sliki 6.20 je prikazan povprečen letni odvzem N s strani kmetijskih rastlin. Odvzemi so največji na trajnih travnikih in manjši na njivah. Tip tal ima učinek na zadrževanje vode v tleh in rast rastlin s tem pa tudi na odvzem N. Odvzemi N modelirani s programom SWAT so večji kot jih uporablja OECD-EUROSTAT zaradi razlik v metodologiji. Program SWAT odvzeme N modelira preko celega leta in za vse rastline vključene v kolobar, tudi za rast biomase, ki po žetvi ostane na njivi. Žetvene ostanke pa program mineralizira ali pa pretvori v organsko snov, ki jo nato preko leta glede na vremenske pogoje mineralizira v hranili N (nitrati, aktiven organski N) ali P (labilen v raztopini, aktiven organski P), ki sta nato na voljo rastlinam. Tako je prikazan odvzem za celotno biomaso, ki zraste na območju in ne samo za pridelek ene kulture v letu. Modeliran je celoten krog hranil. Največji odvzemi so modelirani na travnikih (rdeče barve), ki imajo velik delež organske snovi, travna ruša je gosta in prisotna na zemljišču celo leto.

Da na bilanco dušika močno vplivajo lastnosti tal (Preglednica 6.14) je vidno iz slike 6.20, ki prikazuje povprečne odvzeme N in slik 6.21 in 6.22, ki prikazuje povprečno bilanco dušika. Na plitvejših tleh z večjim deležem peska in skeleta v osrednjem delu polja so tudi bilančni presežki N občutno večji od povprečja za celotno polje. Tako se na plitvih tleh v osrednjem delu polja po scenarijih 32 in 33 izpere med 91 in 100 kg N ha^{-1} kmetijskega zemljišča in po

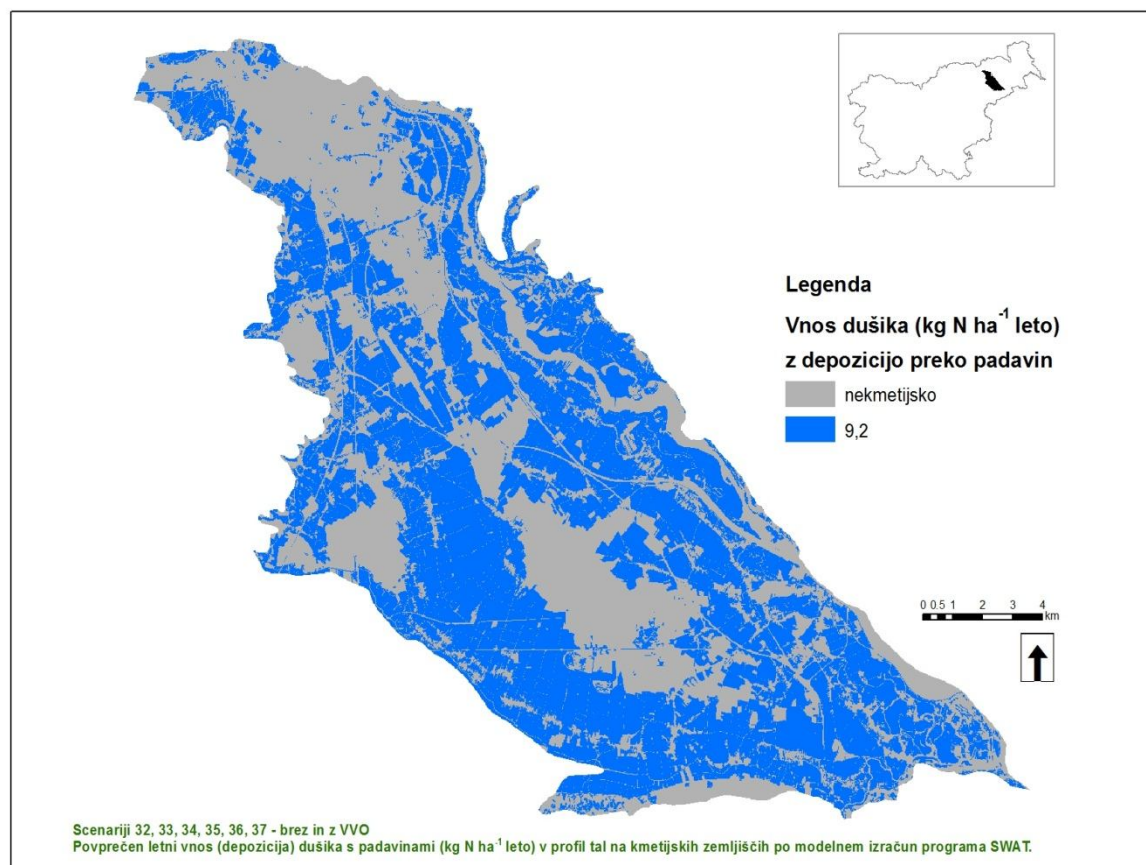
scenarijih 34 in 35, z bolj natančno določeno tehnologijo in kolobarjem, med 101 in 125 kg N ha⁻¹ kmetijskega zemljišča. Na obrobju polja, kjer je večji delež golobjih in bolj meljasto glinenih tal je izpiranje izrazito manjše (do 50 kg N ha⁻¹). Te razlike nastanejo kot posledica tipa tal in njihovih lastnosti ter matične podlage. Saj imajo pomemben vpliv na vezavo hranil na talne delce kot tudi na zadrževanje vode in rast rastlin. Scenarija 34 in 35 sta pokazala, da tudi vpliv tehnologije pridelovanja ni zanemarljiv.

Rezultati potrjujejo, da ima, največji učinek na količino biomase in pridelka ob enakem kolobarju in tehnologiji pridelave, tip tal (Sliki 6.23, 6.24). Prirast celotne biomase in pospravljen pridelek je lahko tako na tleh z ugodnimi lastnostmi za pridelavo na območju Dravsko ptujskega polja občutno večji od tal z bolj neugodnimi lastnostmi za pridelavo (Preglednica 6.14). Pomembno je omeniti, da je povprečen letni pridelek (suha snov) na njivi v obdobju 2003-2011 izračunan iz vseh kultur, ki so bile gojene na površini v tem obdobju, to-je npr. seštevke koruzne silaže (voluminozna krma) in pšenice (seme), kot tudi slama žit, če se odstrani iz površine. Na končni rezultat vplivajo tudi spremembe v kolobarju. Pri trajnih travnikih je upoštevana le voluminozna krma (suha snov).

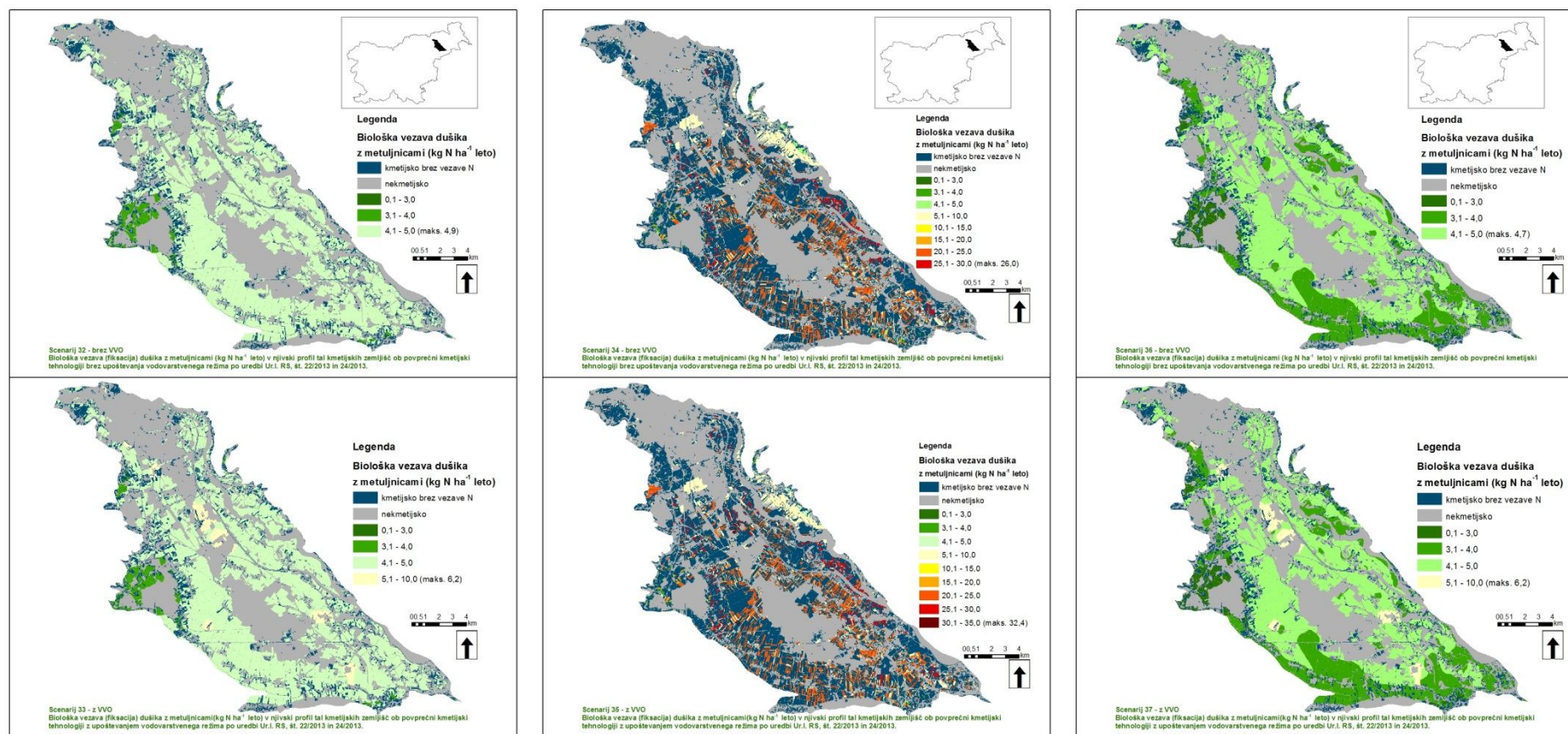
Izpiranje dušika iz profila tal v podzemno vodo je močno povezano tehnologijo ter z letnimi časi in s tem povezanimi vremenskimi pogoji. Najbolj rizična so obdobja z večjimi nanosi dušičnih gnojil (pomlad) in obdobja s veliko padavinami po spravilu pridelkov (pozno poletje, jesen) (Sliki 6.25, 6.26).



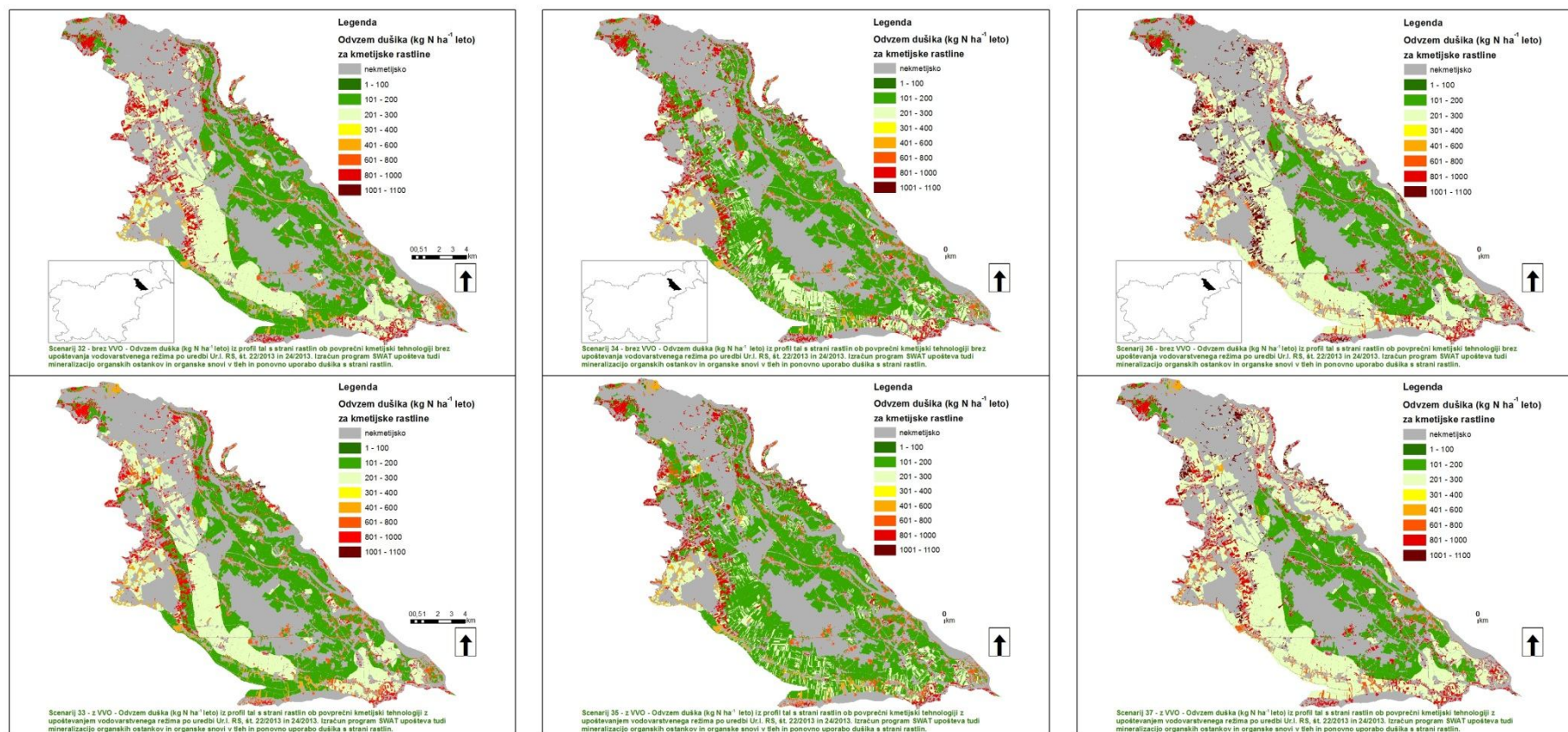
Slika 6.17: Povprečen letni vnos dušika iz mineralnih in živalskih gnojil (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v profil tal glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja.



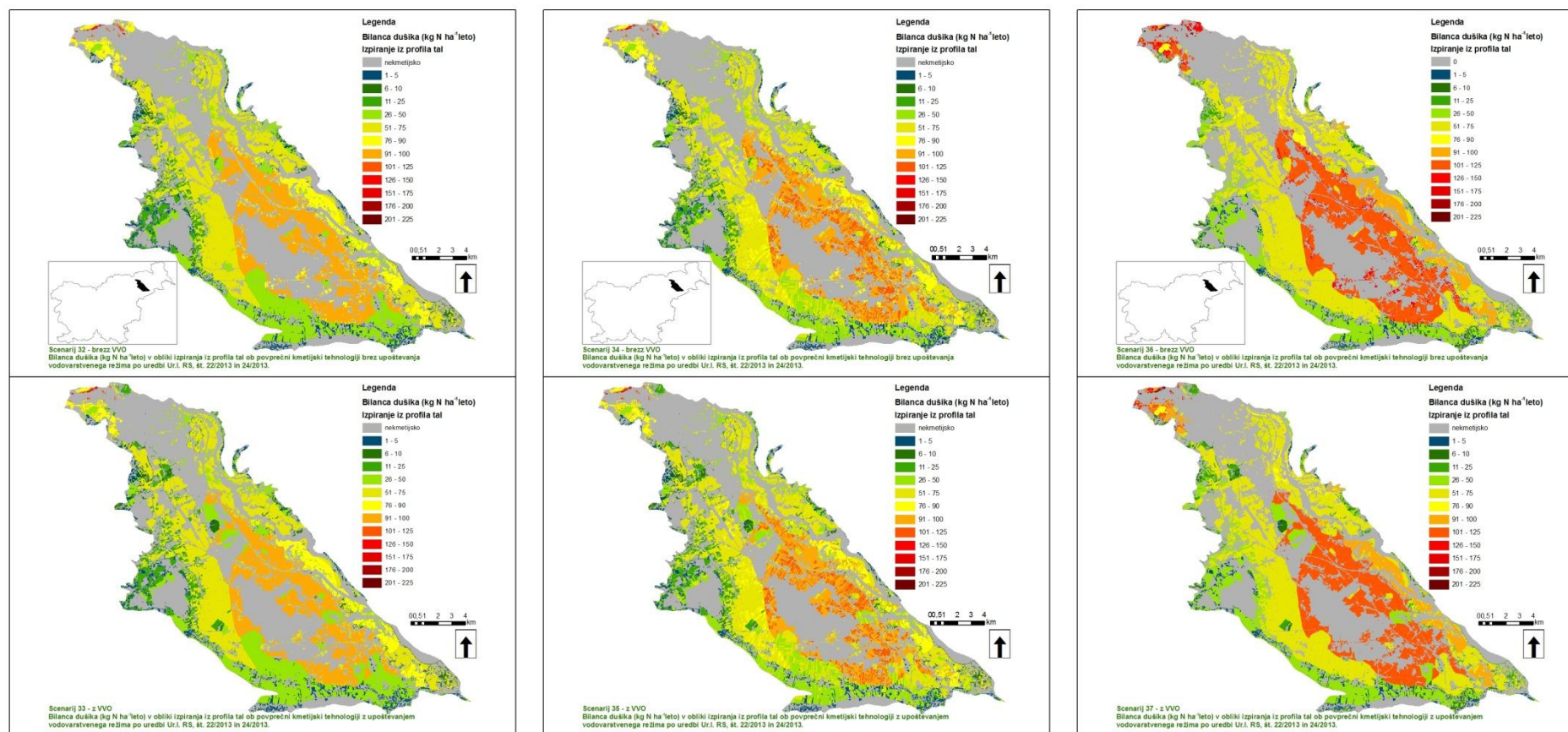
Slika 6.18: Povprečen letni vnos (depozicija) dušika z dežjem (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v profil tal kmetijskih zemljišč po modelnem izračunu programa SWAT za scenarije od 32 do 37. Upoštevane padavine za meteorološko postajo Maribor – letališče v obdobju od 2003 do 2011



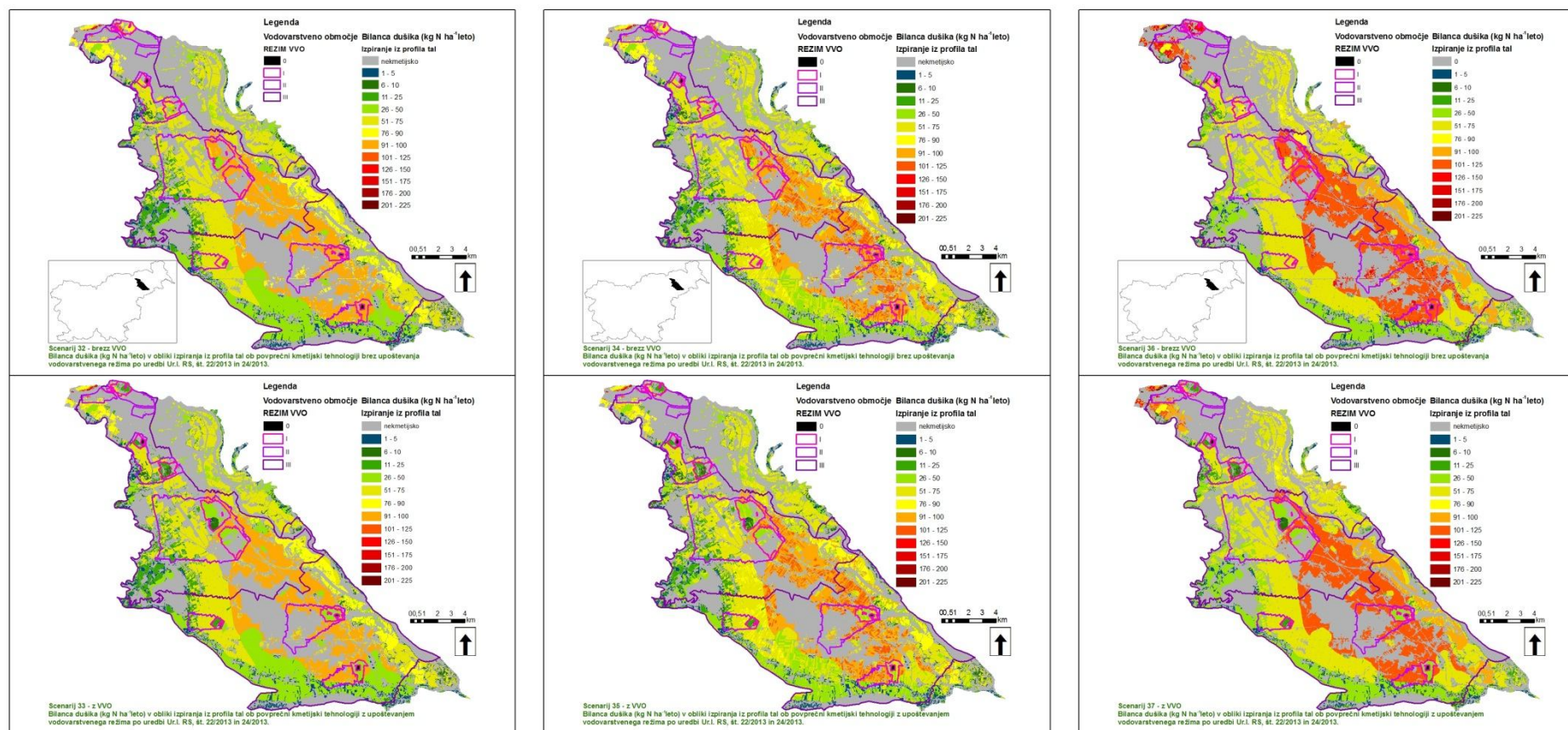
Slika 6.19: Povprečna letna biološka vezava (fiksacija) dušika z metuljnicami (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v profil tal glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrane in Dravskega polja.



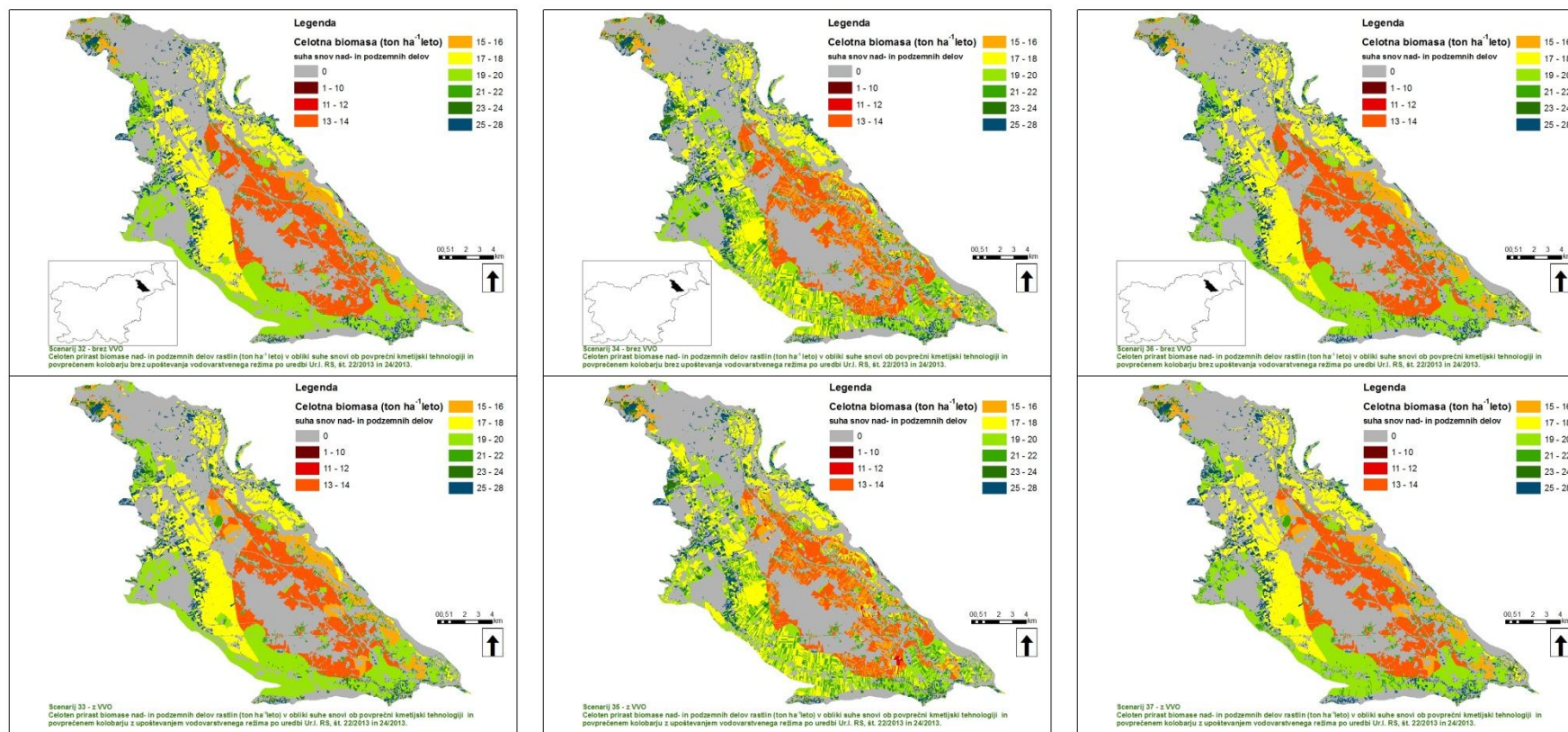
Slika 6.20: Povprečen letni odvzem dušika (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) iz profil tal s strani rastlin glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrane in Dravskega polja. Izračun programa SWAT upošteva tudi mineralizacijo organskih ostankov in organske snovi v tleh in ponovno uporabo dušika za rast s strani rastlin.



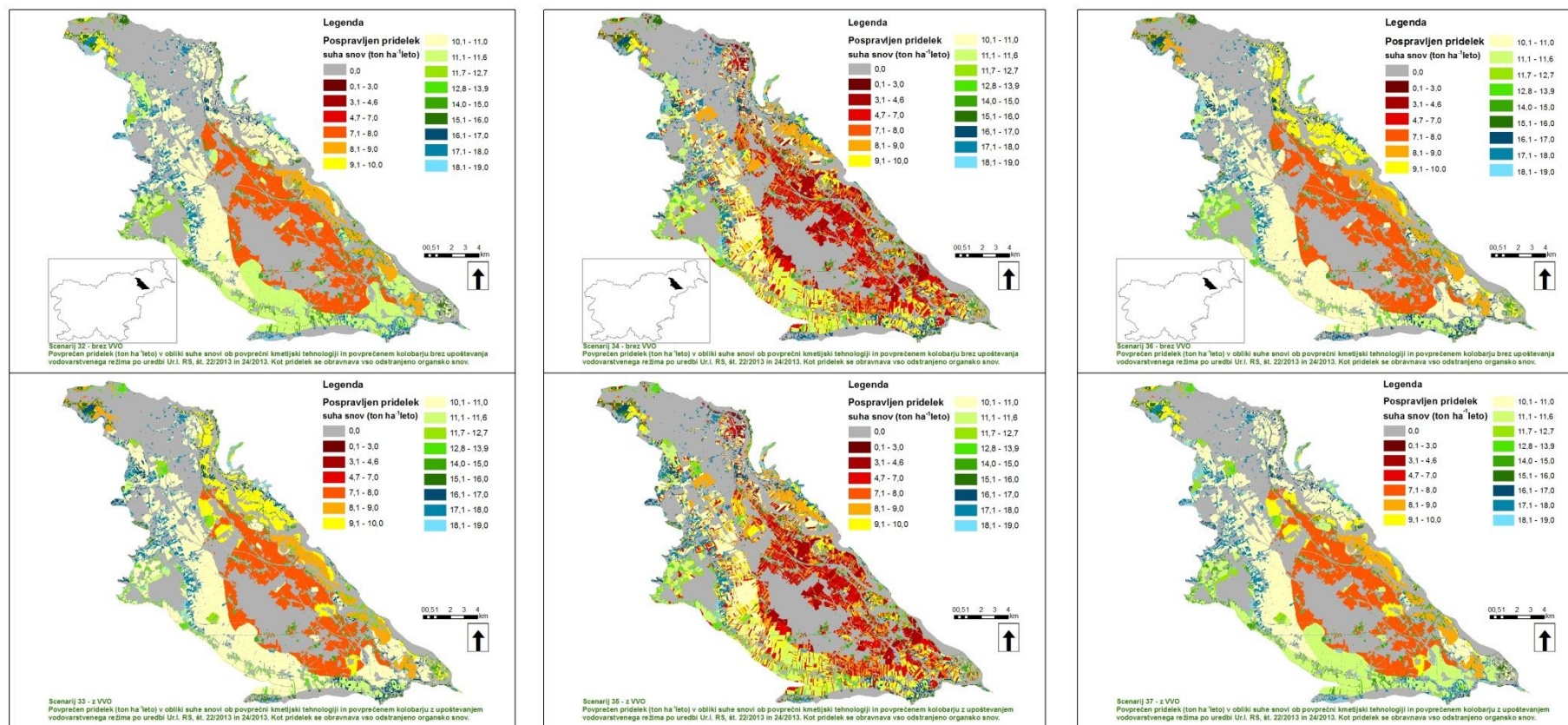
Slika 6.21: Povprečna letna bilanca dušika (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v obliki izpiranja iz profila tal glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja.



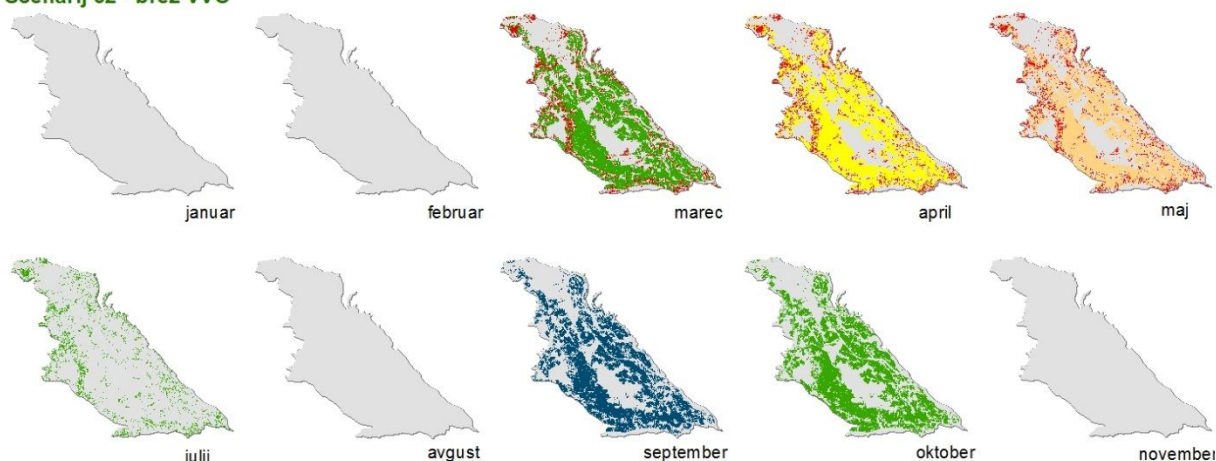
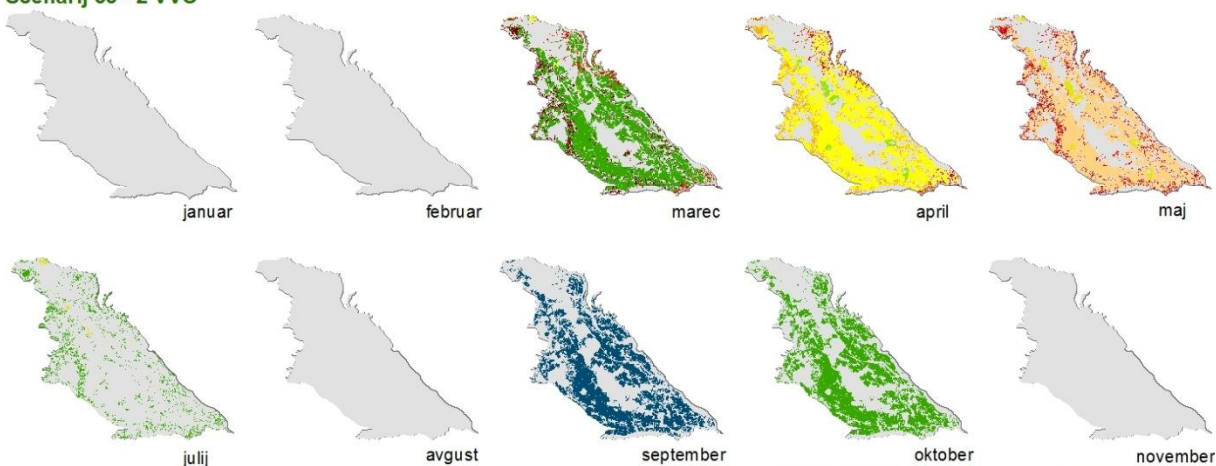
Slika 6.22: Režimi na vodovarstvenem območju in bolj podrobna povprečna letna bilanca dušika (kg N ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v obliki izpiranja iz profila tal glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja.



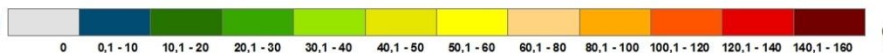
Slika 6.23: Povprečen letni celoten prirast biomase nad- in podzemnih delov rastlin (ton ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v obliki suhe snovi glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenariji 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja.



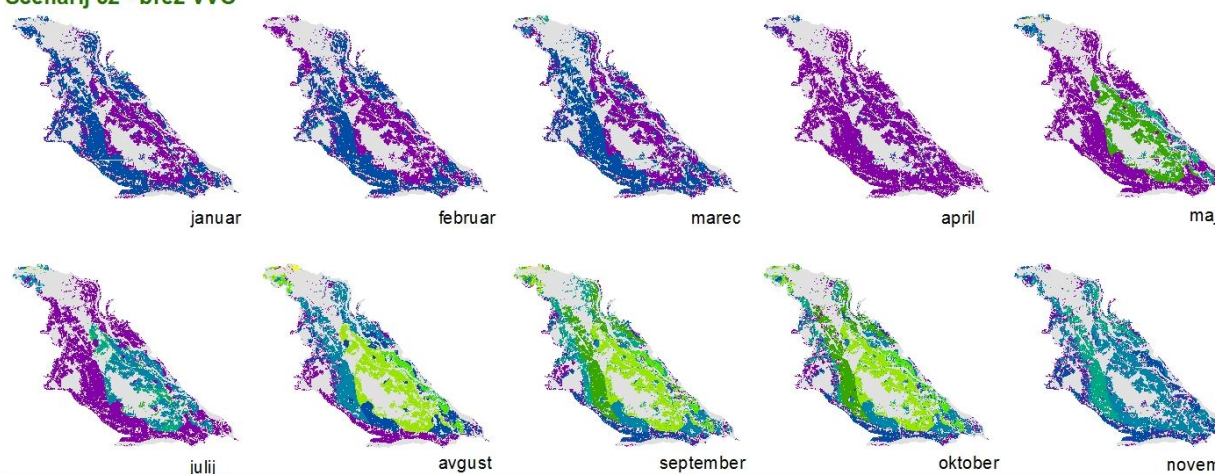
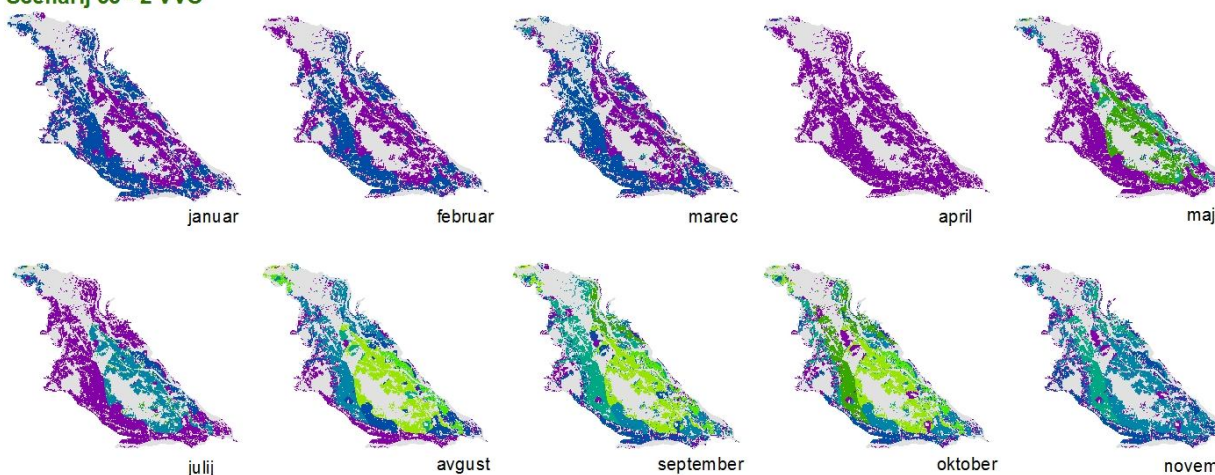
Slika 6.24: Povprečen letni pridelek (ton ha⁻¹ leto) (obdobje 2003-2011) v obliki suhe snovi glede na lastnosti kmetijskih tehnologij in kolobarjev v scenarijih brez upoštevanja (Scenariji 32, 34, 36) in z upoštevanjem (Scenarij 33, 35, 37) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrove in Dravskega polja. Kot pridelek se obravnava vso odstranjeno organsko snov (seme, slama, voluminozna krma).

Scenarij 32 - brez VVO**Scenarij 33 - z VVO**

Legenda: Vnos dušika (kg N/ha mesec)



Slika 6.25: Povprečni mesečni vnos dušika iz mineralnih in živinskih gnojil (kg N ha^{-1} mesec) (obdobje 2003-2011) v profil tal ob povprečni kmetijski tehnologiji in povprečenem kolobarju brez upoštevanja (Scenarij 32) in z upoštevanjem (Scenarij 33) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013 za vodna telesa vodonosnikov Dravsko-ptujskega polja, Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja

Scenarij 32 - brez VVO**Scenarij 33 - z VVO**

Legenda: Bilanca dušika (kg N/ha mesec)

0 2,5 5 10 15 20 km

0,0 0,1 - 2,5 2,6 - 5,0 5,1 - 7,5 7,6 - 10,0 10,1 - 12,5 12,6 - 15,0 15,1 - 17,5 17,6 - 20,0 20,1 - 22,5 22,6 - 25,0 25,1 - 27

Slika 6.26: Povprečna mesečna bilanca dušika (kg N ha^{-1} mesec) (obdobje 2003-2011) v obliki izpiranja iz profila tal ob povprečni kmetijski tehnologiji in povprečenem kolobarju brez upoštevanja (Scenarij 32) in z upoštevanjem (Scenarij 33) vodovarstvenega režima po uredbi Ur.l. RS, št. 22/2013 in 24/2013.

Razprava in ovrednotenje scenarijev

V razpravi so ovrednoteni povprečni scenariji kmetijskih tehnologij in kolobarjev iz prakse, priporočil kmetijskih svetovalcev in smernic za strokovno utemeljeno gnojenje ter njihove alternativne različice iz stališča vpliva na bilanco N v tleh in s tem potencialne ogroženosti podtalne vode zaradi prekoračene vsebnosti nitrata.

Primerjava osnovnih kolobarjev iz prakse med seboj je pokazala, da imajo tehnologije pridelovanja z večjim vnosom N v tla negativne posledice na bilanco N, ki se pokaže z večjim izpiranjem. Še bolj pomemben podatek je, da ista tehnologija ni primerna za vse tipe tal (Preglednica 6.5). Kot kaže primer tehnologije pridelovanja iz Maribora, ki je primerna za relativno globoka tla v okolici Letališča Maribor, lahko le-ta na plitvih tleh v Dobrovcih povzroči dva do trikrat večje izpiranje N. Po sedanjí uredbi za vodovarstvena območja na

Dravsko-ptujskem polju ukrepi omejevanja vnosa dušičnih gnojil niso definirani glede na tip tal. Območja režima I, II in delno tudi III so bila oblikovana z namenom preprečitve mikrobiološkega onesnaženja vrtin pitne vode, ki v večini izvira iz živinskih gnojil (ni nujno). Rezultati naloge kažejo, da bi bilo za namen preprečitve negativne bilance N potrebno območja režima oblikovati glede na tip tal. To je še bolj pomembno, ker nas vodna direktiva zavezuje, da izboljšamo kakovostno stanje celotnega vodonosnika in ne le tistega dela vodonosnika v okolici vrtin za pitno vodo.

Primerjava osnovnih kolobarjev s preurejenimi gnojilnimi normami je pokazala, da na lokacijah Ptuj in Maribor v povprečju gnojijo bolj kot so gnojilne norme za povprečen pridelek po smernicah MKO (Mihelič in sod., 2009). Zamenjava dela organskih gnojil za mineralna in obratno je pokazala, da organska povzročijo presežek N v bilanci (Preglednica 6.6). Iz tega sledi, da je potrebno vložiti več dela v pripravo izobraževanj (kmetijske tehnologije, kolobarji, poznavanje tal, ekonomika bilance hranil) za pridelovalce in v večji nadzor izpolnjevanja zahtev gnojilnih načrtov v zvezi z nanosom gnojil. Po drugi strani je potrebno za vsak tip tal preveriti, koliko gnojil lahko tla sprejmejo in koliko jih je potrebno ob danih lastnostih nanesti, da dosežemo optimalne ali celo maksimalne pridelke in da hkrati ne pride do prekomernega izpiranja N. Na tej podlagi lahko ocenimo in zavzamemo stališča o ekonomski upravičeni kmetijski pridelavi in varovanju voda. Dokler ni narejene take *“cost-benefit”* ocene, so vsi ukrepi ugibanje na pamet in njihovi učinki nepredvidljivi.

Uvedba soje namesto koruze za zrnje na lokaciji Maribor je prispevala k zmanjšanju nanosa dušika in s tem manjšemu izpiranju (Preglednica 6.7). Žal je tehnologija pridelave soje dokaj zapletena, še posebno zaradi dejstva, da je za njeno uporabo v prehrani živali potrebna predhodna toplotna obdelava. Zato bi bila soja zanimiva bolj za poljedelce kot za živinorejce oziroma za prodajo na trg. Večje težave se lahko pojavijo tudi ob žetvi, ki lahko sovpadе z jesensko slano, kar povzroča odpiranje strokov, iz katerih izpadajo semena, kar zmanjša pridelek.

Primerjava lokacije Dobrovce z ekološkemu podobnim kolobarjem in klasičnimi integriranimi vrtnarskimi kolobarji z gnojilnimi normami za optimalno pridelavo zelenjave je pokazala, da na tem območju intenzivna vrtnarska pridelava na prostem ne kaže najbolj ugodnih učinkov na izpiranje N (Preglednica 6.7). Razlog je v lastnostih tal, ki so zelo plitva s prodnato in peščeno matično podlago. Ko smo osnovni kolobar iz Dobrovca primerjali z ekološkim vrtnarskim kolobarjem smo ugotovili, da med njima ni razlik (Preglednica 6.10). To pomeni, da glede na rezultate modela vrtnarska pridelava na prostem na tleh podobnih tem v Dobrovcih (plitva, peščena) najverjetneje ni optimalna raba kmetijskih zemljišč iz stališča varstva voda. To pa seveda nima vpliva na vrtnarsko pridelavo v zaprtih rastlinjaki s betonskim dnom. Sicer pa ekološki vrtnarski kolobar povzroči večje izpiranje od osnovnega tudi na Ptuj in Maribor. Veliko boljše rezultate je pokazal ekološki poljedelski kolobar, ki je po izpiranju N identičen osnovnim in v primeru Dobrovca zmanjša izpiranje N. A simulirana razlika med Ptujem in Mariborom pri enaki tehnologiji je preko 20 kg bilančnega presežka N. Iz vidika varstva voda je potrebno pri ekološkem kmetijstvu zasledovati tudi druge cilje, kot je npr. večja biodiverzitet, počutje živali in prepoved uporabe sintetičnih pripravkov za varstvo rastlin. Ekološko poljedelstvo se je iz vidika izpiranja N izkazalo za primerljivo trenutni praksi. Vsekakor je potrebno pri promociji ekološkega kmetijstva zagotoviti, da ne bo prihajalo do bilančnih presežkov N iz živinskih in ostalih organskih gnojil (kompost, zeleno gnojenje). Mineralizacija N iz organskih gnojil je namreč močno odvisna od vremenskih pogojev in jo ni

moč nadzirati. V prihodnosti bo potrebno v ekološkem kmetijstvu (morda tudi v konvencionalnem) v pripravo gnojilnih načrtov in kmetijske tehnologije v celoti vključiti tudi lastnosti tal (globina, tekstura, vodno-zadrževalna sposobnost tal za vodo).

Travniška raba se je skozi vse alternativne scenarije po smernicah MKO (Mihelič in sod., 2009) izkazala z izredno ugodno bilanco N v tleh. Zanimivo je, da tudi štirikosna intenzivna raba brez pretirane uporabe živinskih gnojil prispeva k drastičnemu znižanju izpiranja N (Preglednica 6.8). Pri modeliranju trajnega travnika s povprečno tehnologijo pridelave se je izkazalo, da obdelovalci v povprečju trikrat (v določenih primerih tudi večkrat) letno nanesejo gnojevko ter dodajajo še mineralna gnojila. Tak način rabe povzroči na lokaciji Dobrovce zaradi lastnosti tal velike izgube N, ki so primerljive tistim na njivah. Tako se ukrep popolne prepovedi uporabe živinskih gnojil na območju VVO I kaže kot primeren ukrep (Preglednica 6.11), saj se večji del gnojevke nanese ravno na travne površine. Ponovno gre opozoriti, da lastnosti tal pomembno vplivajo na bilanco N, kar je razvidno tudi iz preglednice 6.9. Bilanca N tehnologije pridelovanja povprečnega trajnega travnika v Dobrovcah je šestkrat večja ($74,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ letno}$) kot na Ptujju ($12,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ letno}$) ter tri in pol krat večja kot v Mariboru ($20,9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ letno}$).

Kot kažejo kolobarji prilagojeni VVO I režimu, je zmanjšanje izgub N občutno ob tem pa razvoj biomase in pridelka ni prizadet (Preglednica 6.11, Slika 6.23 – 6.24). Razlog temu je neuporaba živinskih gnojil in strogo nadzorovan količinski nanos mineralnega N v času rastne sezone. Učinki ukrepov VVO I režima niso enako učinkoviti na vseh območjih (Preglednica 6.11). Učinkovitost je močno povezana z lastnostmi tal. Scenarij VVO I je zelo privlačna opcija, a ima zelo pomembne stranske učinke na kmetijstvo, na katere bo moral regulator podati odgovore. Prvi učinek je višek živinskih gnojil in njihova obdelava, drugi stroški nakupa mineralnih gnojil in tretji kontrola izvajanja ukrepov na tako velikem območju, če bi prišlo do razširitve območja VVO I režima.

Ukrepi VVO II in III režima imajo na njivah minimalne učinke kar pomeni, da obdelovalci praktično kmetujejo brez resnejših omejitev oziroma so kmetovalci prilagodili tehnologije pridelovanja glede na zahteve uredb za vodna telesa na območjih Dravsko-ptujskega polja (Slika 6.22). To ima za posledico tudi nespremenjeno bilanco N, ki ostaja enaka povprečnemu stanju izven VVO območij. Glede na to, da VVO I režim zajema le manjši del polja je učinek teh ukrepov na kakovost podtalnice minimalen. Ob tem na večjem osrednjem delu polja s plitvimi tlemi pod VVO II in III režimom poteka običajna kmetijska praksa. Rezultati modela SWAT kažejo, da je možno zmanjšati količine nanesenega in s tem tudi iz tal izpranega N ne da bi s tem bistveno vplivali na prirast biomase ali na pridelek.

Sklepi

Rezultati modela SWAT kažejo, da imajo na bilanco dušika ob enaki tehnologiji pridelave in vremenskih pogojih največji vpliv lastnosti tal. Zato predlagamo, da se v prihodnosti ukrepi oz. režim VVO oblikuje ne samo na smer toka podtalne vode in bližine črpališča pitne vode temveč tudi glede na tip in lastnosti tal. Da bi bilo to možno izvesti, bo potrebno pripraviti karto tal večje natančnosti, saj je očitno, da obstoječa karta v merilu 1:25.000 ni optimalna. Karta tal na območju bi morala imeti natančnost vsaj 1:10.000 ali še bolje 1:5.000. Pripravljena bi morala biti na podlagi terenskega vzorčenja tal. V nadaljevanju je potrebno prilagoditi kmetijske tehnologije pridelovanja na lastnosti tal, ki najbolj vplivajo na izpiranje N (globina, tekstura, vodno-zadrževalne lastnosti).

Uspeh pri doseganju priporočene vsebnosti nitrata v podtalnici Dravsko-ptujskega polja bo močno odvisen od okoljskih, kmetijskih in prostorskih organizacij ter zakonodajalca, ki bodo oblikovali predpise. Izrednega pomena je stalna komunikacija z lastniki in obdelovalci zemljišč na območju pred, ob in po uveljavitvi morebitnih spremenjenih ukrepov. Predlagamo, da se na območju Dravsko-ptujskega polja oblikuje ena ali več reprezentativnih poskusnih ploskev (različna tla). Na njih bi lahko ugotavljali vpliv kmetijsko-okoljskih ukrepov na vodovarstvenih območjih na rast rastlin, pridelek, izpiranje dušika in pesticidov in to še pred njihovo uvedbo. Te ploskve bi lahko služile tudi za izobraževanje kmetov, saj jim na praktičen način prikažemo vplive ukrepov na pridelek. Redno izobraževanje bi moralo vključevati tudi predstavitev najnovejših tehnologij pridelovanja, oblikovanje kolobarjev, poznavanja lastnosti tal, ekonomiko bilance hranil in možnosti pridobitve sredstev za nakup strojne opreme za prilagoditev novim okoljsko manj spornim tehnologijam.

Zelo pomembno je tudi povečati nadzor nad izvajanjem obstoječih ukrepov, ki jih prepisujeta Uredbi za vodna telesa vodonosnikov na Dravsko-ptujskem polju (Ur.l. RS, št. 22/2013, 24/2013) in Program razvoja podeželja RS, še posebno preko navzkrižne skladnosti.

Priporočamo več naporov strokovnih služb in vzpodbud zakonodajalca pri uvajanju kmetijskih kultur, ki potrebujejo manjše vnose dušika za rast (npr. soja, fižol), kot tudi pri ozaveščanju o potrebnem zmanjšanju gnojilnih obrokov po številu in količini.

V prihodnosti naj se v ekološko kmetijstvo uvede tudi načrtovanje gnojenja na podlagi lastnosti tal. Raziskava je pokazala, da je ekološko poljedelstvo zaradi lastnosti tal glede izpiranja N primerljivo s konvencionalnim. Kakršnokoli vrtnarstvo (konvencionalno ali ekološko) širšega obsega na prostem na plitvih tleh osrednjega dela Dravsko-ptujskega polja naj bo izjema in se mu je potrebno izogibati. Pred morebitno uvedbo vrtnarstva naj se opravi analiza lastnosti tal in oceni vplive tehnologije na okolje.

Travniška raba je dobra alternativa njivski, a je potrebno s pomočjo strokovnih služb jasno predpisati količino, vrsto gnojila in obroke N glede na tip in lastnosti tal.

Ukrepi VVO I režima so ustrezni, saj občutno zmanjšajo izpiranje N in nimajo večjih vplivov na pridelek, ki ostaja stabilen. Trenutno stanje predstavlja dobro razmerje med koristima za dobro kakovostno stanje pitne vode in ekonomskim stanjem kmetijskih gospodarstev. Uveljavitev podobnih ukrepov (prepoved uporabe živinskih gnojil) na širšem območju bo potrebovala opredelitev, kako obdelati višek živinskih gnojil, da ne bo predstavljal nevarnosti za okolje ter kako pridobiti sredstva za nakup mineralnih gnojil, ki se z višanjem cen fosilnih goriv in elektrike dražijo.

Ukrepi VVO II in III režima so praktično ne razlikujejo od povprečen konvencionalne pridelovalne prakse izven VVO. Ker ti dve območji zavzemata veliko večino VVO in ker moramo glede na sprejete zaveze vodne direktive doseči dobro kakovostno stanje podzemne vode na celotnem vodonosniku, je potrebno pristopiti k drugačnemu oblikovanju VVO režimov, kot je v uveljavi sedaj.

Rezultati te raziskave so produkt enega računalniškega modela za modeliranje porečij (SWAT) in delo ter rezultat razumevanja porečij enega modelarja. Zato končnih ocen scenarijev ne smemo nikoli obravnavati kot dokončne, temveč le kot možen odziv sistema na spremembe v rabi zemljišč in kmetijskih tehnologij ali kot možen vpliv kmetijsko okoljskih scenarijev na bilanco dušika v tleh. Rezultati modela in njihova interpretacija s strani modelarja mora voditi v konstruktivno razpravo, katere cilj je doseči in ohraniti dobro kakovost voda na raziskovalnem območju Dravsko ptujskega polja, kar je tudi cilj vodne direktive in ostale zakonodaje, ki se navezuje na področje ohranjanja dobre kakovosti voda.

Ocena vpliva scenarijev je bila narejena z vednostjo o negotovostih, ki spremljajo pripravo modela in so bile opisane v nalogi. Negotovosti so povezane z vzpostavitvijo tehnologij pridelovanja, kolobarjev, termina žetve, termina košnje, termina strojnih opravil in termina aplikacije gnojil. Vsi omenjeni podatki so tako le povprečne ocene, saj ima vsak kmetovalec svoj terminski plan in pogosto tudi svojo tehnologijo pridelave, ki je različna glede na vrsto kmetijskih kultur, glede na vrsto živali, ki jih goji, glede na intenzivnost kmetijske pridelave in glede na vsakoletne spreminjajoče se vremenske razmere. Dodatna negotovost izvira iz karte tal, saj model zahteva podatke o točki venenja, poljski kapaciteti in hidravlični prevodnosti, ki jih standardna pedološka karta ne vsebuje. Osnovna karta tal je tudi omejena s prostorsko natančnostjo.

Viri

ARSO, 2013. Bilanca dušika v kmetijstvu K22.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=465

ARSO, 2013. Nitrati v podzemni vodi VD05.
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=546

Arnold J.G., Kiniry J.R., Srinivasan R., Williams J.R., Haney E.B., Neitsch S.L. 2011. Soil and water assessemnt tool – Input/Output file documentation – Version 2009. Temple, Texas AgriLife Research, Blackland Research Center, Agricultural Research Service, Grassland, Soil and Water Research Laboratory: 528 str.

Arnold J.G., Srinivasan R.S., Muttiah R.S., Williams J.R. 1998. Large area hydrological modelling and assessment Part I: Model development. Journal of the American Water Resources Association, 34, 1: 73–89

Barlund I., Kirkkala T., Malve O., Kamari J., 2007. Assessing SWAT model performance in the evaluation of management actions for the implementation of the Water Framework Directive in a Finnish catchment. Environ Modell Softw 22, 719-724

- Bergant J., 2008. Pridelek in možnosti uporabe pri nas pridelane soje v prehrani domačih živali. Diplomsko delo. Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Oddelek za zootehniko 41 pp.
- Bormann H., Breuer L., Graff T., Huisman J.A. 2007. Analysing the effects of soil properties changes associated with land use changes on the simulated water balance: A comparison of three hydrological catchment models for scenario analysis. *Ecological modelling*, 209: 29–40
- Bouraoui F., Grizzetti B. 2008. An integrated modelling framework to estimate the fate of nutrients: Application to the Loire (France). *Ecological Modelling*, 212: 450–459
- Bryant R.B., Gburek W.J., Veith T.L., Hively W.D. 2006. Perspectives on the potential for hydrogeology to improve watershed modeling of phosphorus loss. *Geoderma*, 131: 299–307
- Di Luzio M., Arnold J. G., Srinivasan R. 2005. Effect of GIS data quality on small watershed streamflow and sediment simulations. *Hydrological Processes*, 19, 3: 629–650
- Frede H-G., Bach M., Fohrer N., Breuer L. 2002. Interdisciplinary modeling and the significance of soil functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 460–467
- Gassman P.W., Reyes M.R., Green C.H., Arnold J.G. 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research direction. *Transactions of the ASABE*, 50, 4: 1211–1250
- Glavan M. 2011. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki v Goriških Brdih in reki Dragonji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 222 str.
- Glavan M., Pintar M. 2010. Impact of point and diffuse pollution sources on nitrate and ammonium ion concentrations in the karst-influenced Temenica river. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, 5A: 1005–1014
- Glavan M., Pintar M. 2012. Modelling of Surface Water Quality by Catchment Model SWAT, V: Kumarasamy, M. (Ed.), *Studies on Water Management Issues*. InTech: 274 str.
- Glavan M., White S., Holman I.P. 2011. Evaluation of River Water Quality Simulations at a Daily Time Step - Experience with SWAT in the Axe Catchment, UK. *Clean-Soil Air Water* 39: 43-54
- Hess T.M. 2000. AWSET – calculation of reference evapotranspiration from automatic weather stations. Cranfield University, School of applied sciences, Natural resources department. <http://www.cranfield.ac.uk/sas/naturalresources/research/projects/awset.html> (15. dec. 2009)
- Kronvang B., Borgvang S. A., Barkved L. J. 2009a. Towards European harmonised procedures for quantification of nutrient losses from diffuse sources – the EUROHARP project. *Journal of Environmental Monitoring*, 11, 3, 503–505
- Krysanova V., Arnold J.G. 2008. Advances in ecohydrological modelling with SWAT—a review. *Hydrological Sciences–Journal des Sciences Hydrologiques*, 53, 5: 939–947
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.

- Kralj T., 2008. Primerjava sistemov za razvrščanje tal na izbranih tleh v Sloveniji. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 151 str.
- Kreittler C.W. 1979. Nitrogen-isotope ratio studies of soils and groundwater nitrate from alluvial fan aquifers in Texas. *Journal of Hydrology*, 42, 1–2: 147–170
- Lamande M., Hallaire V., Curmi P., Peres G., Cluzeau D. 2003. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. *Catena*, 54: 637–649
- Lobnik F., Hudnik V., Leskošek M., Vidic N.J. 1995. Možni izvori onesnaženja tal in podtalnice na intenzivnih kmetijskih območjih (CRP ZEMLJA). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja: 185 str.
- MKO, 2011. Bilanca dušika v kmetijstvu na nacionalni ravni 1992-2011 (OECD-EUROSTAT metodologija). Ljubljana, Kmetijski inštitute Slovenije: 4 str. http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/bilanca_dusika_novelacija_2011.pdf
- 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: 184 str.
- Moriasi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50, 3: 885–900
- Nash J., Sutcliffe J. 1970. River flow forecasting through conceptual models: I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10: 374–387
- Nacionalni program varstva okolja (NPVO) za obdobje 2005–2008. 2004. Ministrstvo za okolja, prostor in energijo: 127 str. http://www.npvo.si/osnutek/celoten_dokument.pdf (4. feb. 2010)
- Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R. 2005. Soil and water assessment tool theoretical documentation – Version 2005. Temple, Texas Agricultural Experiment Station, Blackland Research Center, Agricultural Research Service, Grassland, Soil and Water Research Laboratory: 528 str.
- Nelson L., Giles J., Macilwain C., Gewin V., 2004. Organic FAQs. *Nature* 428, 796-798
- Osvald J., Kogoj-Osvald M., 2005. Vrtnarstvo : splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana.
- Pintar M. 1996. Vpliv kmetijske dejavnosti na koncentracije nitratov in atrazina v vodah Apaškega polja. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 106 str.
- Rejec Brancelj I. 2001. Kmetijsko obremenjevanje okolja v Sloveniji. Ljubljana, Inštitut za geografijo: 104 str.

Persolja J., 2008. Napoved izpiranja herbicidov v tleh Dravskega in Ptujkega polja z modelom PELMO. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 118 str.

Ritter W.F. 2000. Agricultural drainage and water quality. V: Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology. Ritter W. F., Shirmohammadi A. (eds.). Boca Raton, Lewis Publishers: 59–90

Rusjan S. 2008. Hidrološke kontrole sproščanja hranil v porečjih : doktorska disertacija = Hydrological controls of nutrient mobilization in watersheds. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 206 str. http://www.dlib.si/documents/visokosolska_dela/visokosolska_dela/pdf/URN_NBN_SI_Doc-KQ51WATK.Pdf (20. jan. 2009)

Saxton K.E., Rawls W.J., Romberger J.S., Papendick R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal, 50, 4: 1031–1036

Schilling K.E., Wolter C.F. 2009. Modeling Nitrate-Nitrogen Load Reduction Strategies for the Des Moines River, Iowa Using SWAT. Environmental Management, 44: 671–682

Schoumans O.F., Silgram M., Walvoort D.J.J., Groenendijk P., Bouraoui F., Andersen H. E., Lo Porto A., Reisser H., Le Gall G., Anthony S., Arheimer B., Johnsson H., Panagopoulos Y., Mimikou M., Zweynert U., Behrendt H., Barr A. 2009. Description of nine nutrient loss models: capabilities and suitability based on their characteristics. Journal of Environmental Monitoring, 11: 506–514

Silgram M., Anthony S., Collins A., Strömqvist J., Bouraoui F., Schoumans O., Lo Porto A., Groenendijk P., Arheimer B., Mimikou M., and Johnsson H., 2009. Evaluation of diffuse pollution model applications in EUROHARP catchments with limited data, Journal of Environmental Monitoring, 11: 554–571

Stolze M., Piorr A., Haring A., Dabbert S., 2000. The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. 127 str. <https://www.uni-hohenheim.de/i410a/ofeurope/organicfarmingineurope-vol6.pdf>

Wells E.R., Krothe N.C. 1989. Seasonal fluctuation in $\delta^{15}\text{N}$ of groundwater nitrate in a mantled karst aquifer due to macropore transport of fertilizer-derived nitrate. Journal of Hydrology, 112, 1–2: 191–201

Whitehead J. 2006. Integrated catchment scale model of a lowland eutrophic lake and river system: Norfolk, UK. Ph.D.Thesis. Cranfield University: 303 str.

Williams, J.R. 1995. Chapter 25. The EPIC model. V: Computer models of watershed hydrology. Water resources publications. Highlands ranch, Colorado: 909–1000

Wolfe M.L. 2000. Hydrology. V: Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology. Ritter W.F., Shirmohammadi A. Boca Raton, Lewis Publishers: 342 str.

Zahn M.T., Grimm W.D. 1993. Nitrate and chloride loadings as anthropogenic indicators. Water, Air and Soil Pollution, 68, 3–4: 469–483

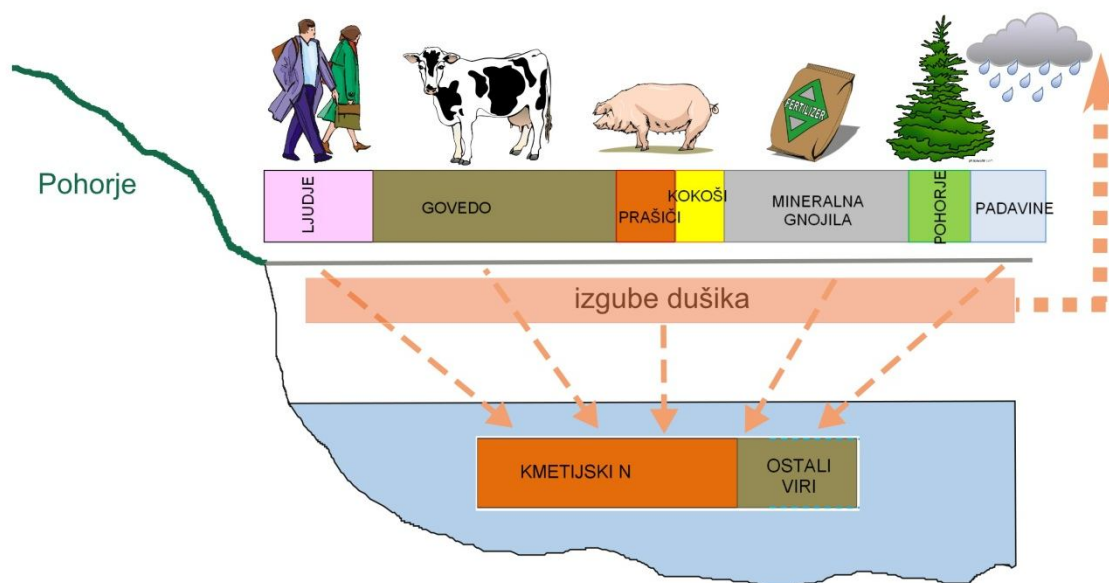
Žlindra D., Skudnik M., Rupel M., Simončič P. 2011. Meritve kakovosti padavin na prostem in v sestoju na ploskvah intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov. Gozdarski vestnik 69, 5-6: 279-288

6.2. Hidrokemijski bilančni model vodonosnika

S hidrokemijskim bilančnim modelom vodonosnika smo želeli podrobneje kvantificirati masni tok dušika v vodonosniku. S površja se v vodonosnik dušik izpira iz različnih virov:

- Fekalne izplake lokalnega prebivalstva
- Živalske izplake s kmetij oziroma farm
 - o Govedo
 - o Prašiči
 - o Drobnica
 - o Kokoši
- Mineralna gnojila na kmetijskih površinah
- Depozicija dušika s padavinami
- Dotoki potokov z obrobja vodonosnika

Dravsko polje - hidrokemijski bilančni model



Slika 6.27: Viri dušika upoštevani v hidrokemijskem bilančnem modelu

O potencialnih povzročiteljih vnosa obstaja precej kvantitativnih podatkov. Število in lokacija prebivalstva je zbrano v bazi E-hiš, natančno evidenco staleža živali vodi Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, porabo mineralnih gnojil spremlja Statistični urad Slovenije, ARSO in Gozdarski inštitut (Žlindra in sod., 2011), pa spremljajo tudi količino dušika v padavinah v različnih delih Slovenije.

V podzemno vodo pa se ne izpere celotni dušik, ki se nahaja na površju vodonosnika, ampak prihaja do različnih izgub, ki zmanjšajo količino dušika v vodonosniku:

- Poraba dušika z rastlinami
- Izgube dušika pri pretvorbi v gnoj, izhlapevanje amonjaka, preperevanje gnoja na njivah ipd.
- Denitrifikacijski procesi v nenasičeni coni vodonosnika

Gre za vrsto kompleksnih procesov, ki se dogajajo bodisi na površju ali pod površjem v tleh ter nenasičeni coni vodonosnika. Ker nimamo neposrednega nadzora nad temi procesi, je zato praktično nemogoče zanesljivo kvantitativno opredeliti masni tok dušika v tem segmentu.

Zaradi tega smo izdelali dodatni reverzni hidrokemijski model, pri katerem iz merjenih koncentracij nitratov v podzemni vodi izračunamo letno količino vnesenega dušika. Za izračun letnega vnosa dušika z reverznim hidrokemijskim modelom moramo poleg podatka o koncentraciji nitratov v podzemni vodi dobro poznati tudi količinske odnose v sistemu:

- Volumen vode v vodonosniku
- Količino infiltrirane padavinske vode
- Količino vode, ki v vodonosnik doteka z zahodnega obrobja (Pohorja)
- Skupno količino letnega obnavljanja vode v vodonosniku

Podatke o koncentraciji nitratov v podzemni vodi smo povzeli po rezultatih nacionalnega monitoringa kemijskega stanja podzemnih vod, ki ga izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje. Količinske odnose v vodonosniku smo opredelili na osnovi vhodnih podatkov hidravličnega modela vodonosnika Dravskega polja v programu Modflow. Količino vode, ki v vodonosnik prispe s Pohorja pa smo opredelili na osnovi GIS opredelitve površin zaledij posameznih vodotokov ter podatkov o specifičnih odtokih na tem območju (ARSO, 1998). Ker je možno opisane vhodne parametre reverznega modela opredeliti s precejšnjo zanesljivostjo, lahko tudi rezultate reverznega hidrokemijskega modela smatramo kot dokaj zanesljive.

V naslednji fazi dela pa smo oba hidrokemijska modela, model vnosov ter reverzni model združili. Na ta način smo lahko kvantitativno opredelili izgube dušika, ki nastanejo na poti od virov emisij do podzemne vode. Na ta način smo s hidrokemijskim modelom dokaj zanesljivo opredelili tri pomembne komponente obravnavanega sistema:

- a) potencialne vnose dušika iz posameznih virov
- b) izgube dušika na poti od virov do podzemne vode
- c) količine dušika v podzemni vodi

Za približno opredelitev deleža kmetijskega dušika glede na ostale vire dušika smo uporabili količinsko razmerje virov kmetijskega oziroma nekmetijskega dušika na vhodu v sistem na površini vodonosnika. To razmerje je možno na osnovi obstoječih evidenc določiti dokaj zanesljivo. Lahko predpostavljamo, da je tudi v podzemni vodi razmerje med obema skupinama virov dušika dokaj podobno.

Ker rezultati meritev kemijske sestave podzemnih vod kažejo pomembne razlike med severnim, srednjim ter južnim delom vodonosnika Dravskega polja, smo v sklopu hidrokemijskega modela poleg modela celotnega polja izdelali ločene hidrokemijsko – bilančne modele za srednji in južni del polja. Na ta način smo lahko podrobneje opredelili razlika v hidrogeoloških pogojih, ki se odražajo tudi v kemijskih značilnostih podzemne vode, s posebnim poudarkom na koncentraciji nitratov v podzemni vodi.

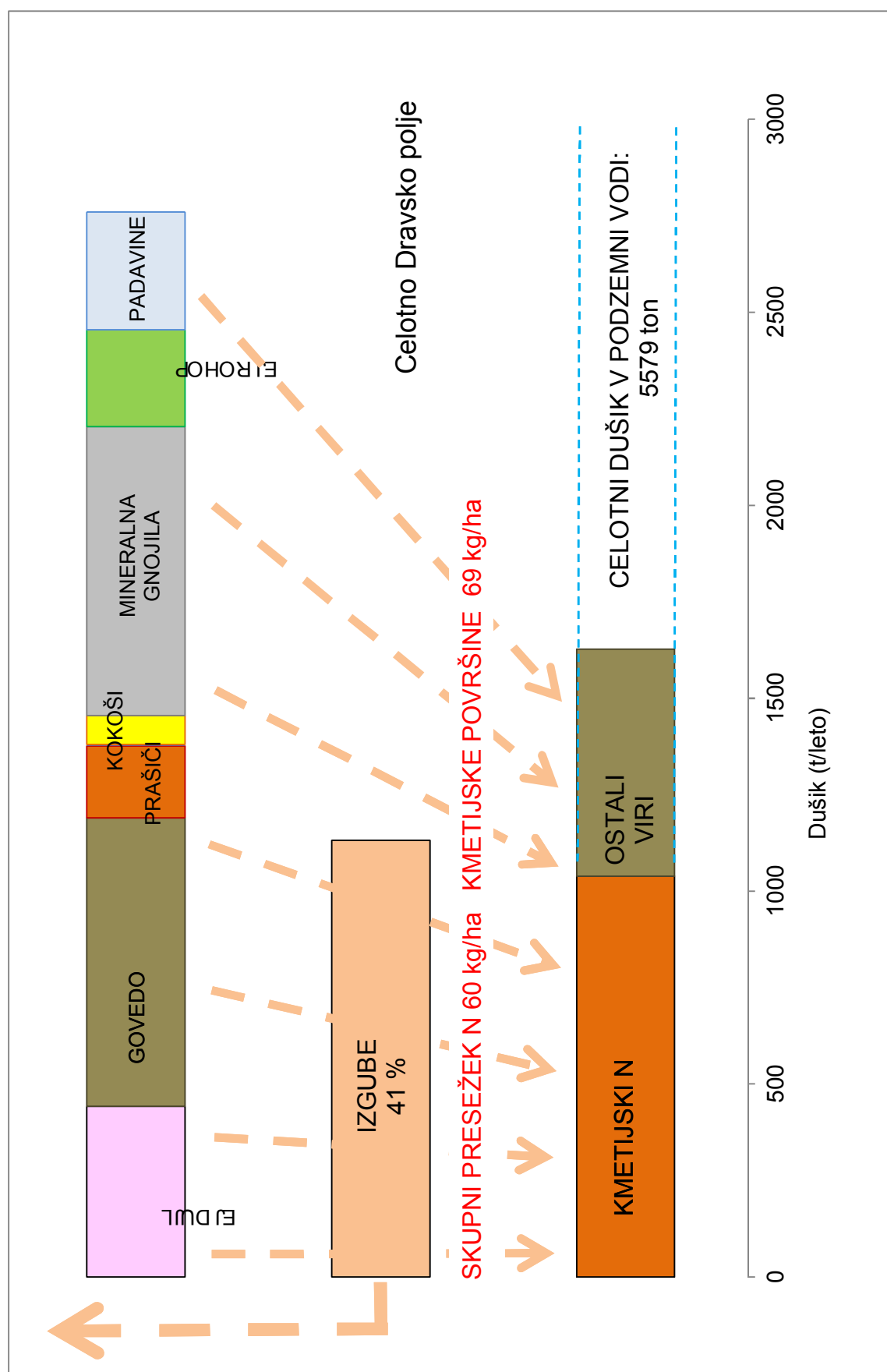
Rezultati hidrokemijskega bilančnega modela vodonosnika Dravskega polja so prikazani v tabeli 6.20.

Tabela 6.20: Rezultati hidrokemijskega bilančnega modela vodonosnika Dravskega polja

	CELOTNO POLJE	SREDINA	JUG	ENOTA
Število ljudi:	130.095	24.272	19.576	
Število glav goveje živine:	14.975	4.727	9.860	
Število prašičev:	19.599	5.020	14.388	
Število glav drobnice:	433	115	281	
Število perutnine:	357.146	7.721	349.290	
Skupna površina območja:	27.118	8.852	14.441	ha
Površina intenzivnih kmetijskih zemljišč:	12.379	4.215	7.479	ha
Površina ekstenzivnih kmetijskih zemljišč:	2.604	987	1.267	ha
Skupna površina kmetijskih zemljišč:	14.984	5.203	8.746	ha
Neobdelano in gozd:	6.194	1.857	3.755	ha
Urbana območja:	5.328	1.618	1.687	ha
Ostalo (močvirja, voda, golo):	613	174	253	ha
Izmerjena koncentracija nitratov v podzemni vodi:	47	44	75	mg/L
Letni delež nove infiltracije:	0,196	0,204	0,178	
Letni delež površinskih dotokov:	0,096	0,188	0,014	
Skupna stopnja letnega obnavljanja:	0,292	0,393	0,192	
N-dotoki s Pohorja:	250.738	154.064	20.726	kg/leto
N iz mineralnih gnojil	749.186	260.128	437.287	kg/leto
N iz depozicije padavin:	305.078	99.585	162.461	kg/leto
N- ljudje (30% kanalizacija):	442.082	82.480	66.522	kg/leto
N-govedo:	748.600	236.303	492.901	kg/leto
N-prašiči:	185.995	47.640	136.542	kg/leto
N-drobnica:	3.096	822	2.009	kg/leto
N-kokoši:	75.001	1.621	73.351	kg/leto
N-živali:	1.012.691	286.386	704.804	kg/leto
N živali, ljudje:	1.454.774	368.866	771.326	kg/leto
Skupna količina dušika (živali,	2.759.775	882.644	1.391.799	kg/leto

Ijudje, mineralna gnojila, depozicija):				
Skupna količina kmetijskega dušika:	1.761.878	546.515	1.142.090	kg/leto
Skupna količina nekmetijskega dušika:	997.897	336.129	249.708	kg/leto
Delež vhodnega kmetijskega dušika:	63,8	61,9	82,1	%
Modelirana ocena izgube dušika:	1.132.000	239.500	391.100	kg/leto
Izguba izražena v kg/ha:	41,7	27,1	27,1	kg/ha
Delež izgub glede na vhodno količino dušika:	41,0	27,1	28,1	%
Skupna količina dejanskega dušika v vodonosniku:	1.627.775	643.144	1.000.699	kg/leto
Skupni dejanski presežek N:	60,0	72,7	69,3	kg/ha
Ocena dejanske količine kmetijskega dušika v vodonosniku:	1.039.193	398.221	821.159	kg/leto
Ocena dejanskega presežka kmetijskega dušika na kmetijskih površinah:	69,4	76,5	93,9	kg/ha
Dušik v celotnem sektorju vodonosnika:	5.579.668	1.638.082	5.212.630	kg

Količinski odnosi dušika v okviru celotnega vodonosnika Dravskega polja, ki so bili opredeljeni s hidrokemijskim modelom, so prikazani na sliki 6.28.



Slika 6.28: Količinski odnosi dušika v okviru celotnega vodonosnika Dravskega polja

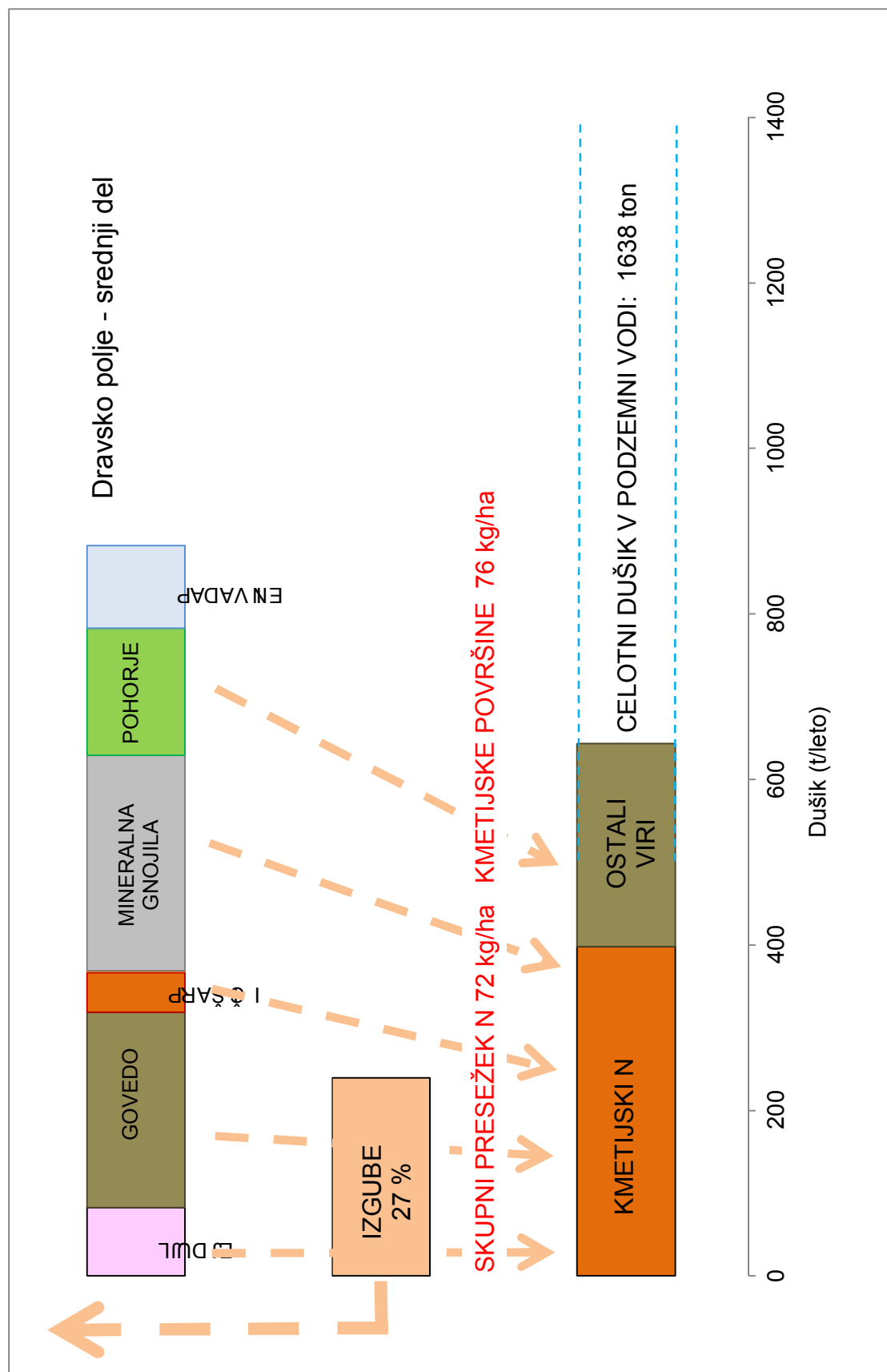
Iz tabele oziroma grafičnega prikaza je razvidno, da je celotni letni potencialni vnos dušika v vodonosnik iz različnih virov 2759 ton. Izraz potencialni pomeni, da bi bil takšen vnos dušika v vodonosnik, če ne bi bilo izgub; realizirani vnosi dušika v vodonosnik so seveda občutno nižji. Delež kmetijskih potencialnih virov dušika glede na nekmetijske potencialne vire dušika znaša 63 %.

Iz razlike med potencialnim dušikom iz različnih virov ter dejanskim dušikom v vodonosniku, ki je bil izračunan na osnovi meritev koncentracij dušika v podzemni vodi ter volumskih deležev posameznih komponent sistema, smo opredelili izgube dušika na poti od virov do podzemne vode. Izgube dušika znašajo 41 % celotne potencialne količine dušika, ki bi se lahko izpral v podzemno vodo.

Z reverznim hidrokemijskim modelom smo izračunali, da letno v vodonosnik Dravskega polja dospe približno 1627 t novega dušika, kar pomeni, da znaša realizirani presežek dušika 60 kg/ha. Ocenjujemo, da je v sklopu novega dušika v vodonosniku 1039 ton dušika, ki izhaja iz kmetijske dejavnosti, bodisi iz živinorejskih obratov ali aplikacije mineralnih gnojil na kmetijskih površinah. Na tej osnovi bi bil presežek dušika samo na kmetijskih površinah vodonosnika Dravskega polja okoli 69 kg/ha.

Skupna količina dušika v celotnem vodonosniku znaša 5579 ton.

Na naslednji sliki so prikazani količinski odnosi dušika samo za srednji del vodonosnika Dravskega polja na območju med Razvanjem ter Dogošami na severni strani ter Račami in Prepoljem na južni strani območja.



Slika 6.29: Količinski odnosi dušika na območju srednjega dela vodonosnika Dravskega polja

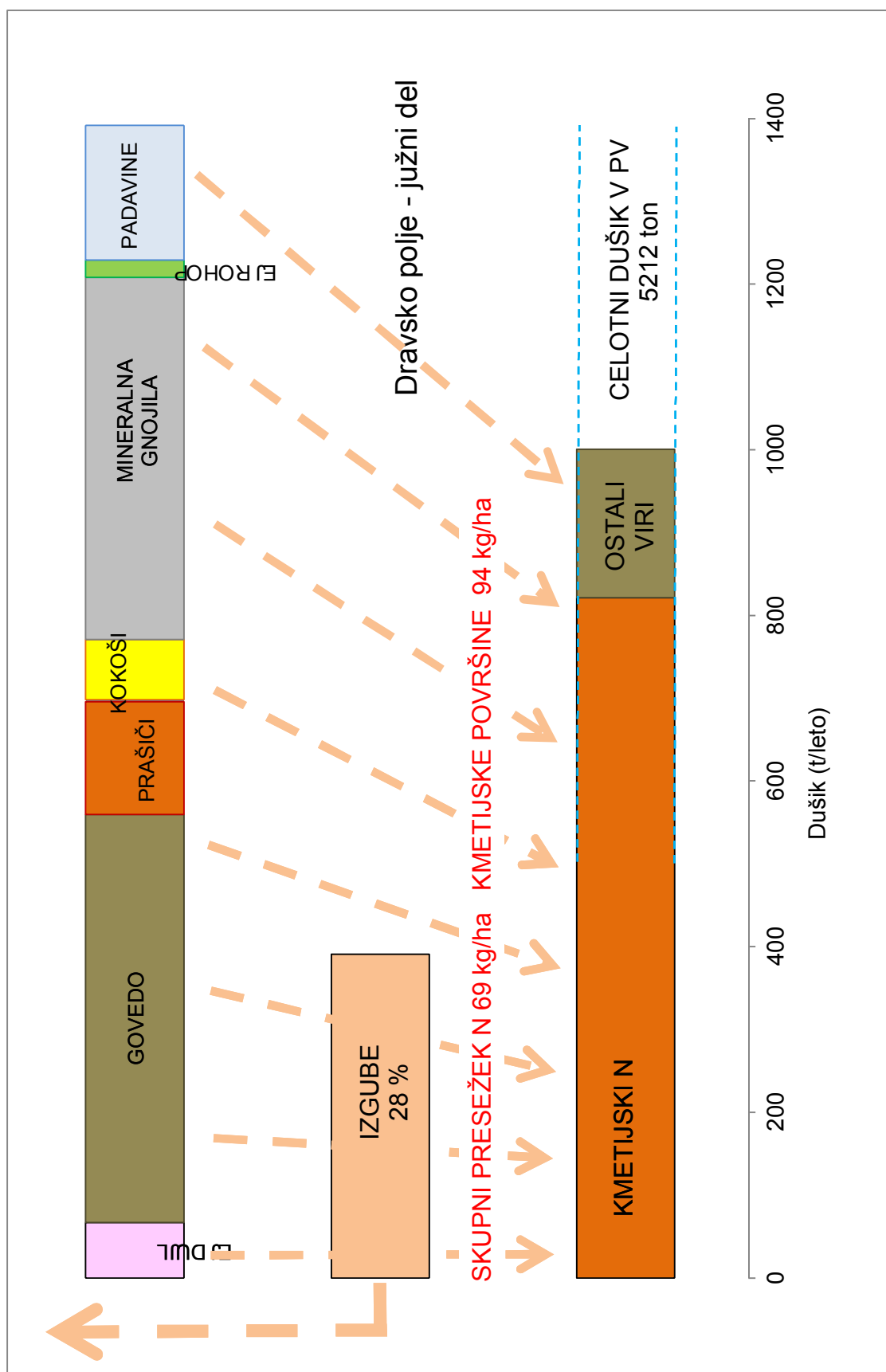
Iz tabele oziroma grafičnega prikaza je razvidno, da je celotni letni potencialni vnos dušika v osrednji del vodonosnika Dravskega polja iz različnih virov 882 ton. Delež kmetijskih potencialnih virov dušika glede na nekmetijske potencialne vire dušika znaša približno 62 %.

Izgube dušika osrednjem delu vodonosnika Dravskega polja znašajo 27 % celotne potencialne količine dušika, ki bi se lahko izpral v podzemno vodo.

Letno v vodonosnik srednjega dela Dravskega polja dospe približno 643 t novega dušika, kar pomeni, da znaša realizirani presežek dušika 72 kg/ha. Ocenjujemo, da je v sklopu novega dušika v vodonosniku 398 ton dušika, ki izhaja iz kmetijske dejavnosti, bodisi iz živinorejskih obratov ali aplikacije mineralnih gnojil na kmetijskih površinah. Na tej osnovi bi bil presežek dušika samo na kmetijskih površinah vodonosnika Dravskega polja okoli 76 kg/ha.

Skupna količina dušika v celotnem srednjem segmentu vodonosnika znaša 1638 ton.

Na sliki 6.30 so prikazani količinski odnosi dušika samo za južni del vodonosnika Dravskega polja.



Slika 6.30: Količinski odnosi dušika na območju južnega dela vodonosnika Dravskega polja

Sliki 6.29 in 6.30 imata enako skalo na osi X, zato je že na prvi pogled razvidno, da so potencialni viri dušika na južnem segmentu vodonosnika Dravskega polja precej bolj obsežni kot v srednjem delu vodonosnika. Celotni letni potencialni vnos dušika v južni del vodonosnika Dravskega polja iz različnih virov znaša 1391 ton, kar je skoraj polovico več, kot v srednjem delu. Delež kmetijskih potencialnih virov dušika glede na nekmetijske potencialne vire dušika je tudi občutno večji in znaša kar okoli 82 %.

Izgube dušika v južnem delu vodonosnika Dravskega polja znašajo 28 % celotne potencialne količine dušika, ki bi se lahko izpral v podzemno vodo in so torej povsem primerljive z izgubami dušika v srednjem delu vodonosnika.

Letno v vodonosnik južnega dela Dravskega polja v skladu z reverznim hidrokemijskim modelom dospe približno 1000 t novega dušika, kar pomeni, da znaša dejanski oziroma realizirani presežek dušika 69 kg/ha. Ocenjujemo, da je v sklopu novega dušika v vodonosniku 821 ton dušika, ki izhaja iz kmetijske dejavnosti, bodisi iz živinorejskih obratov ali aplikacije mineralnih gnojil na kmetijskih površinah. Na tej osnovi bi bil presežek dušika samo na kmetijskih površinah vodonosnika Dravskega polja okoli 94 kg/ha.

Skupna količina dušika v celotnem srednjem segmentu vodonosnika znaša 5212 ton.

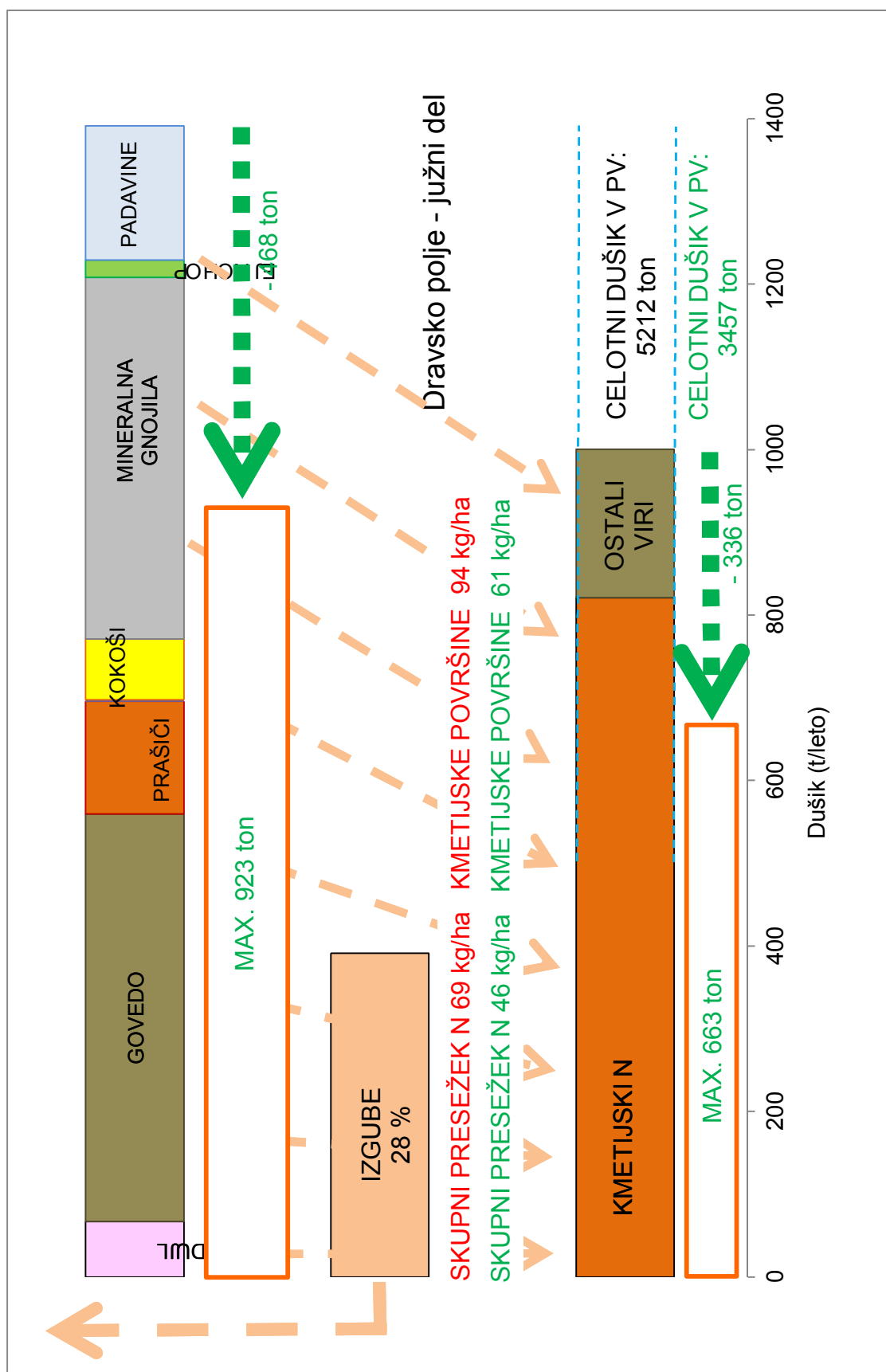
Hidrokemijski bilančni model pa nam omogoča tudi izračun parametrov za doseganje dobrega kemijskega stanja podzemne vode na južnem segmentu vodonosnika Dravskega polja. V kolikor bi uspeli na tem delu doseči dobro kemijsko stanje, bi to pomenilo dobro kemijsko stanje celotnega telesa podzemne vode, kar je izjemno pomembno s stališča izpolnjevanja obveznosti evropske okvirne vodne direktive.

Za realizacijo scenarija dobrega kemijskega stanja podzemne vode smo predpostavili največjo koncentracijo 50 mg/l v južnem segmentu vodonosnika. V tabeli 6.21 ter sliki 6.31 so prikazani parametri, ki bi jih bilo potrebno doseči za dosego dobrega kemijskega stanja v primerjavi s sedanjimi parametri.

Tabela 6.21: Scenarij dobrega kemijskega stanja podzemne vode na južnem segmentu vodonosnika Dravskega polja, izračunan s pomočjo hidrokemijskega bilančnega modela

	SEGMENT JUG	DOBRO STANJE	ENOTA
Število ljudi:	19.576		
Število glav goveje živine:	9.860		
Število prašičev:	14.388		
Število glav drobnice:	281		
Število perutnine:	349.290		
Skupna površina območja:	14.441		ha
Površina intenzivnih kmetijskih zemljišč:	7.479		ha
Površina ekstenzivnih kmetijskih zemljišč:	1.267		ha
Skupna površina kmetijskih zemljišč:	8.746		ha
Neobdelano in gozd:	3.755		ha
Urbana območja:	1.687		ha

Ostalo (močvirja, voda, golo):	253		ha
Izmerjena koncentracija nitratov v podzemni vodi:	75		mg/L
Letni delež nove infiltracije:	0,178		
Letni delež površinskih dotokov:	0,014		
Skupna stopnja letnega obnavljanja:	0,192		
N-dotoki s Pohorja:	20.726		kg/leto
N iz mineralnih gnojil	437.287		kg/leto
N iz depozicije padavin:	162.461		kg/leto
N- ljudje (30% kanalizacija):	66.522		kg/leto
N-govedo:	492.901		kg/leto
N-prašiči:	136.542		kg/leto
N-drobnica:	2.009		kg/leto
N-kokoši:	73.351		kg/leto
N-živali:	704.804		kg/leto
N živali, ljudje:	771.326		kg/leto
Skupna količina dušika (živali, ljudje, mineralna gnojila, depozicija):	1.391.799	923.261	kg/leto
Skupna količina kmetijskega dušika:	1.142.090	740.074	kg/leto
Skupna količina nekmetijskega dušika:	249.708	183.186	kg/leto
Delež vhodnega kmetijskega dušika:	82,1	80,2	%
Modelirana ocena izgube dušika:	391.100	259.436	kg/leto
Izguba izražena v kg/ha:	27,1	18,0	kg/ha
Delež izgub glede na vhodno količino dušika:	28,1	28,1	%
Skupna količina dejanskega dušika v vodonosniku:	1.000.699	663.824	kg/leto
Skupni dejanski presežek N:	69,3	46,0	kg/ha
Ocena dejanske količine kmetijskega dušika v vodonosniku:	821.159	532.114	kg/leto
Ocena dejanskega presežka kmetijskega dušika na kmetijskih površinah:	93,9	60,8	kg/ha
Dušik v celotnem sektorju vodonosnika:	5.212.630	3.457.947	kg



Slika 6.31: Scenarij vzpostavitve dobrega kemijskega stanja podzemne vode na območju južnega dela vodonosnika Dravskega polja

Iz predstavljenih podatkov v tabeli 6.21 ter na sliki 6.31 je razvidno, da bi bilo za doseg dobrega kemijskega stanja podzemne vode potencialne letne skupne vnose dušika zmanjšati od 1391 ton na 923 ton, oziroma za 468 ton potencialno vnesenega dušika. Pri scenariju smo uporabili predpostavko, da se bo tudi delež urbanega dušika zaradi priključive na kanalizacijski sistem zmanjšal na nič. Za potencialni vneseni kmetijski dušik pa bi bilo na letnem nivoju za doseg dobrega stanja potrebno zmanjšati vir vnosa dušika s 1142 ton na 740 ton.

Na nivoju dejanskih vnosov bi se moral vnos dušika zmanjšati s sedanjih 1000 ton na 663 ton, kar pomeni znižanje realnega vnosa skupnega dušika za 336 ton. V tem primeru bi se znižal sedanji skupni presežek dušika na južnem segmentu Dravskega polja s 69 kg/ha na 46 kg/ha.

Po scenariju vzpostavitve dobrega kemijskega stanja podzemne vode bi se moral znižati sedanji dejanski vnos dušika kmetijskega izvora z 821 ton na 532 tone oziroma za 289 ton. To pomeni, da bi se sedanji ocenjeni presežek dušika na kmetijskih površinah južnega segmenta Dravskega polja znižal z 94 kg/ha na približno 61 kg/ha.

V primeru uveljavitve scenarija dobrega stanja bi se opazno znižala tudi celotna količina dušika v južnem segmentu vodonosnika Dravskega polja, in sicer s sedanjih 5212 ton na 3458 ton.

Na kmetijskem sektorju je torej za doseg dobrega stanja vodonosnika potrebno znižanje količine dejansko vnesenega dušika za 289 ton, kar za ilustracijo npr. pomeni 63.590 m³ gnojevke. Gre torej za znatne količine potrebnega znižanja vnosov dušika, kar pomeni, da bodo morali biti ukrepi za znižanje vnosa dušika zares temeljiti in ne bo možno ostati le na nivoju manjših popravkov sistema. Določene količine dušika je nujno odstraniti z območja vodonosnika, saj model povsem jasno kaže, da naravni sistem nima zadostne absorpcijske kapacitete za tako velike količine dušika iz kmetijske dejavnosti.

Viri:

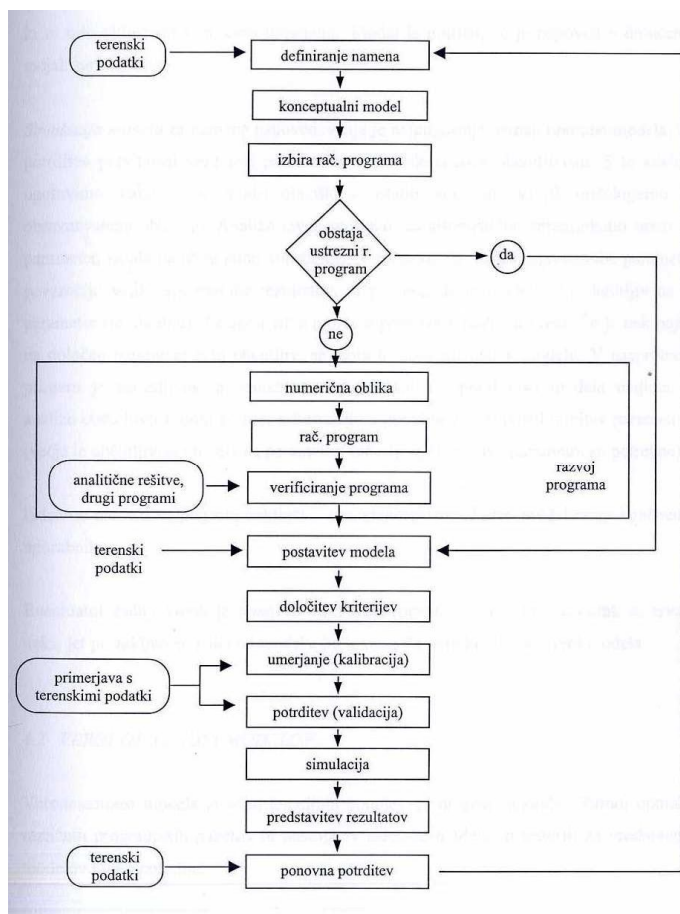
Agencija Republike Slovenije za okolje, 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije (obdobje 1961 - 90), Ljubljana.

Žlindra D., Skudnik M., Rupel M., Simončič P. 2011. Meritve kakovosti padavin na prostem in v sestoju na ploskvah intenzivnega spremljanja gozdnih ekosistemov. Gozdarski vestnik 69, 5-6: 279-288

6.3. Hidravlični model vodonosnika Modflow

V okviru ARRS projekta »Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih (CRP)«, je bil na Geološkem zavodu Slovenije izdelan statični hidrogeološki model vodonosnika Dravskega polja.

Izdelava hidrogeološkega modela je zahteven postopek, ki zahteva dobro poznavanje modeliranega procesa, pogosto pa tudi praktične izkušnje iz modeliranja (Janža, 2000). Za izdelavo modela se uporablja t.i. protokol modeliranja (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) (Anderson in Woessner, 1992 v Janža, 2000).



Slika 6.32: Protokol modeliranja (Anderson in Woessner, 1992 v Janža, 2000).

V nadaljevanju poročila so podani ključni podatki o izdelavi hidrogeološkega modela, ki si sledijo v zaporedju protokola modeliranja.

Namen modeliranja

Dravsko polje je ravninsko območje ki se razteza od Maribora proti vzhodu in jugovzhodu do Ptuja, na jugozahodu do Pragerskega, na jugu je omejeno s Halozami. Zgornje plasti Dravskega polja so sestavljene iz holocenskih in pleistocenskih prodnih ter glinastih naplavin (Žlebnik, 1982).

Obravnavano območje predstavlja kvartarni vodonosnik, ki pripada vodnemu telesu podzemne vode Dravska kotlina (VTPpodV 3012), na skrajnem jugozahodnem delu pa tudi vodnemu telesu podzemne vode Haloze in Dravinjske gorice (VTPodV 3014). Obravnavano območje je veliko 352 km².

Namen modeliranja je pripraviti simulacijsko orodje za vrednotenje in napovedovanje toka podzemne vode in transporta snovi s podzemno vodo na Dravskem polju ter optimiziranja ukrepov v zvezi s kmetovanjem na vodovarstvenih območjih.

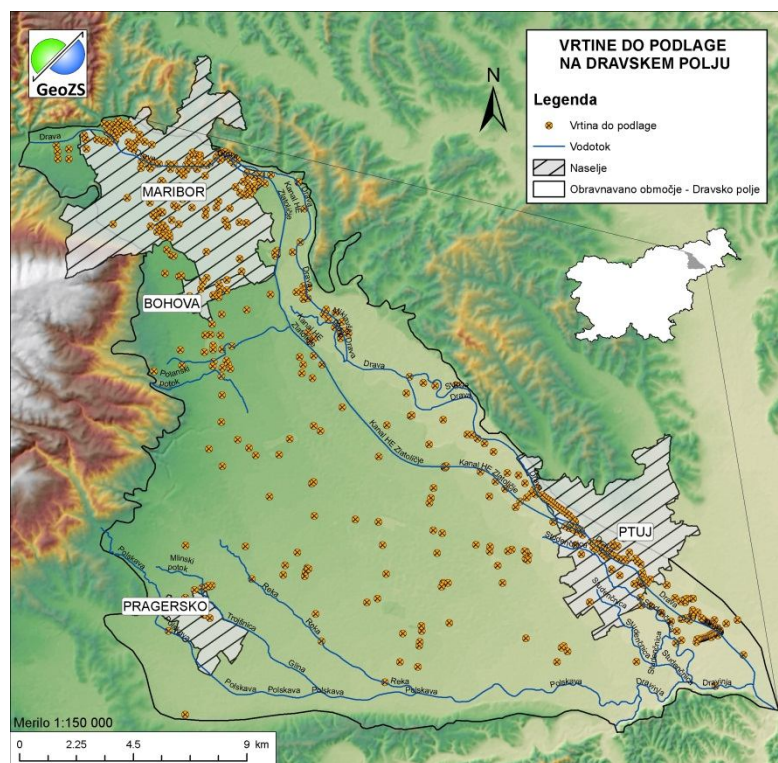
Konceptualni model

Za potrebe izdelave modela so bili na spletu in iz arhiva GeoZS Oddelka za hidrogeologijo zbrani vsi dostopni podatki:

- o vrtinah na Dravskem polju,
- o izmerjenih koeficientih prepustnosti,
- o izmerjenih nivojih gladin podzemne vode v piezometrih in hišnih vodnjakih (nov. 2012),
- o višinah vodostajev rek na obravnavanem območju ter
- že izdelana geometrija neprepustne podlage vodonosnika Dravskega polja (Krivic, 2007).

Vrtine

Iz arhiva je bilo pridobljenih več kot 400 vrtin, ki so navrtale neprepustno podlago kvartarnega vodonosnika Dravskega polja. Vrtine so dokaj enakomerno razporejene po celotnem območju, zato se lahko na podlagi podatkov pridobljenih iz vrtin dobro opredeli geometrija neprepustne podlage (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.33: Razporeditev vrtin na Dravskem polju.

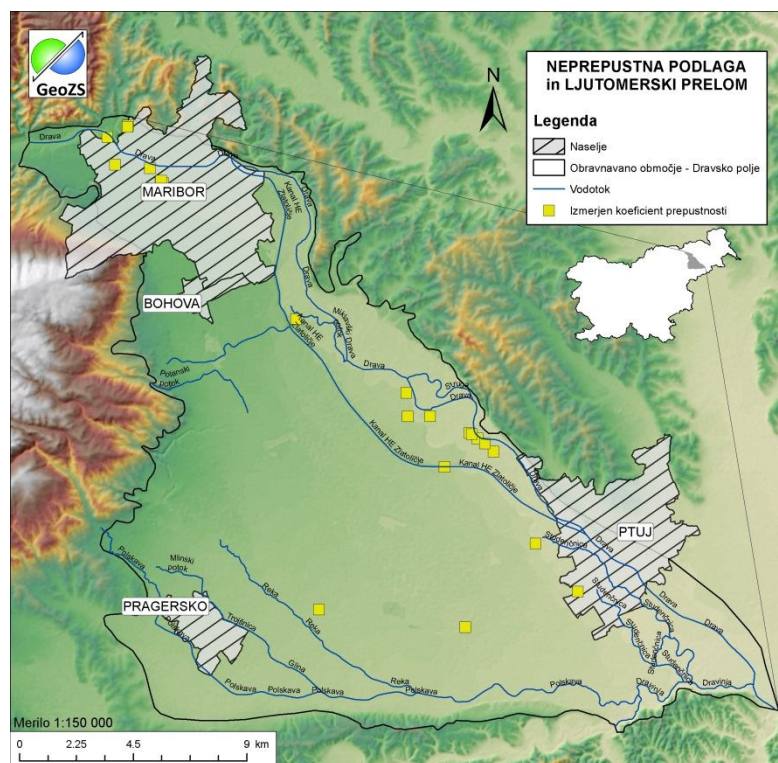
Koeficient prepustnosti

Iz dostopne literature ter arhiva Geološkega zavoda Slovenije (npr. Mali et al., 1994, Žlebnik, 1982) so bili pridobljeni koeficienti prepustnosti (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).

Tabela 6.22: Koeficient prepustnosti.

Lokacija	Koeficient prepustnosti (m/s)
Maribor	$3.43 \cdot 10^{-2}$ do $4.03 \cdot 10^{-3}$
Miklavž	$1 \cdot 10^{-3}$
Zlatoličje z okolico	$5.3 \cdot 10^{-3}$ m/s do $2.5 \cdot 10^{-4}$
Starše z okolico	$5.3 \cdot 10^{-3}$ m/s do $3.45 \cdot 10^{-3}$
Skorba	$2.7 \cdot 10^{-3}$
Hajdina	$1.5 \cdot 10^{-3}$
Kidričevo	$5.2 \cdot 10^{-3}$
Cirkovce	$3 \cdot 10^{-3}$

Pridobljene meritve koeficientov prepustnosti so se izvajale predvsem ob reki Dravi ter v mestu Maribor (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).

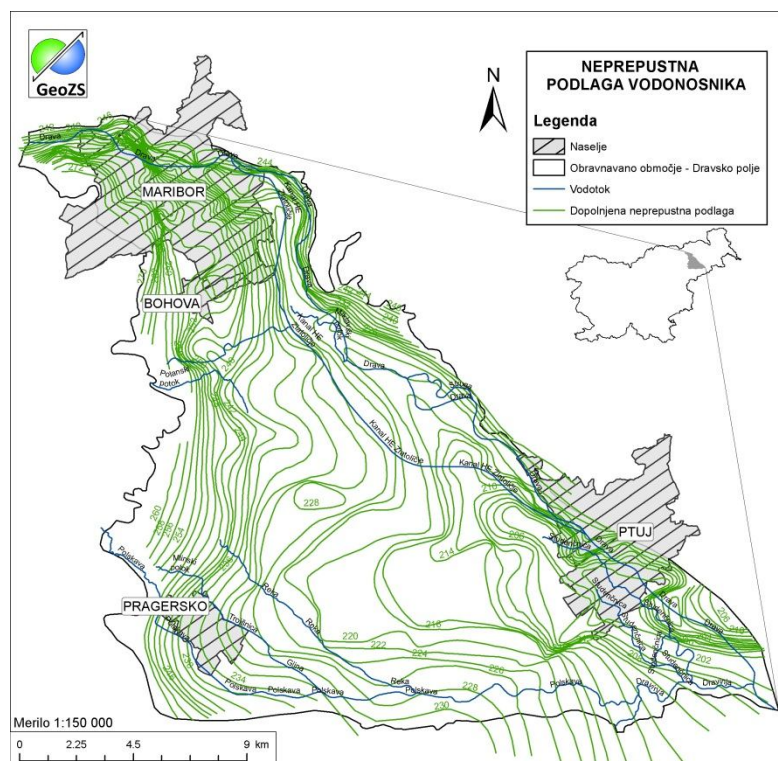


Slika 6.34: Izmerjeni koeficienti prepustnosti na Dravskem polju.

Tako razporejeni podatki ne zapolnjujejo celotnega raziskovalnega območja in posledično ne zadoščajo za izdelavo karte prepustnosti, predstavljajo pa dobro osnovo pri umerjanju parametrov v matematičnem modelu.

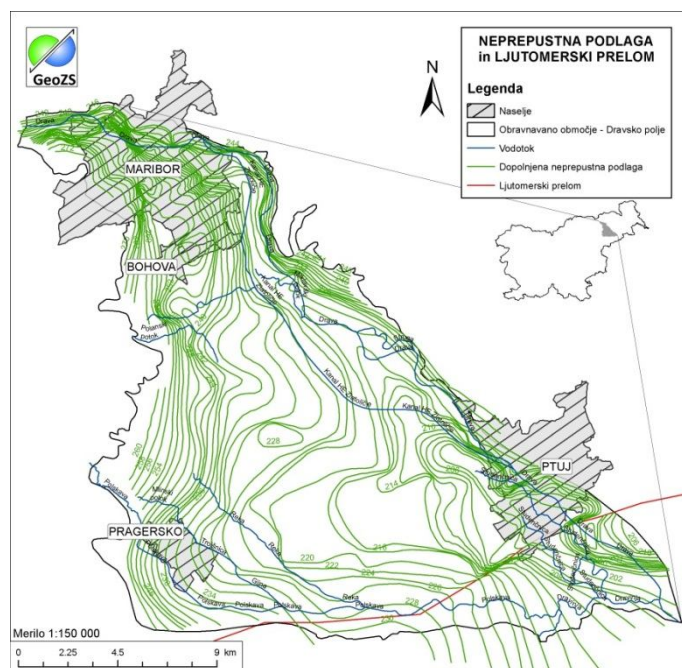
Izdelave geometrije neprepustne podlage kvartarnega vodonosnika

Osnova za izdelavo geometrije neprepustne podlage kvartarnega vodonosnika je bila obstoječa karta (Krivic, 2007). K njej so bile dodane vrline pridobljene iz arhiva. Na podlagi že izdelane karte neprepustne podlage ter več kot 400 vrtin je bila ročno izrisana nova neprepustna podlaga. Na skrajnem severu-zahodu obravnavanega območja (področje mesta Maribor), kjer podlaga predhodno ni bila izdelana, se je karta izrisala na novo (slika 6.35).



Slika 6.35: Podlaga vodonosnika Dravskega polja.

Pri izrisu podlage je bil poleg vrtin upoštevan tudi Ljutomerski prelom, ki je nedvoumno dokazan med vrtinama LVS-1/99 ter LVS-2/99 (Prestor in Drobne, 1999). Preostali potek Ljutomerskega preloma po Dravskem polju je opredelil Klasinc (2013) (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**). Z vključenim Ljutomerskim prelomom je izboljšana geometrija podlage na južno-vzhodnem delu Dravskega polja.



Slika 6.36: Potek Ljutomerskega preloma na Dravskem polju.

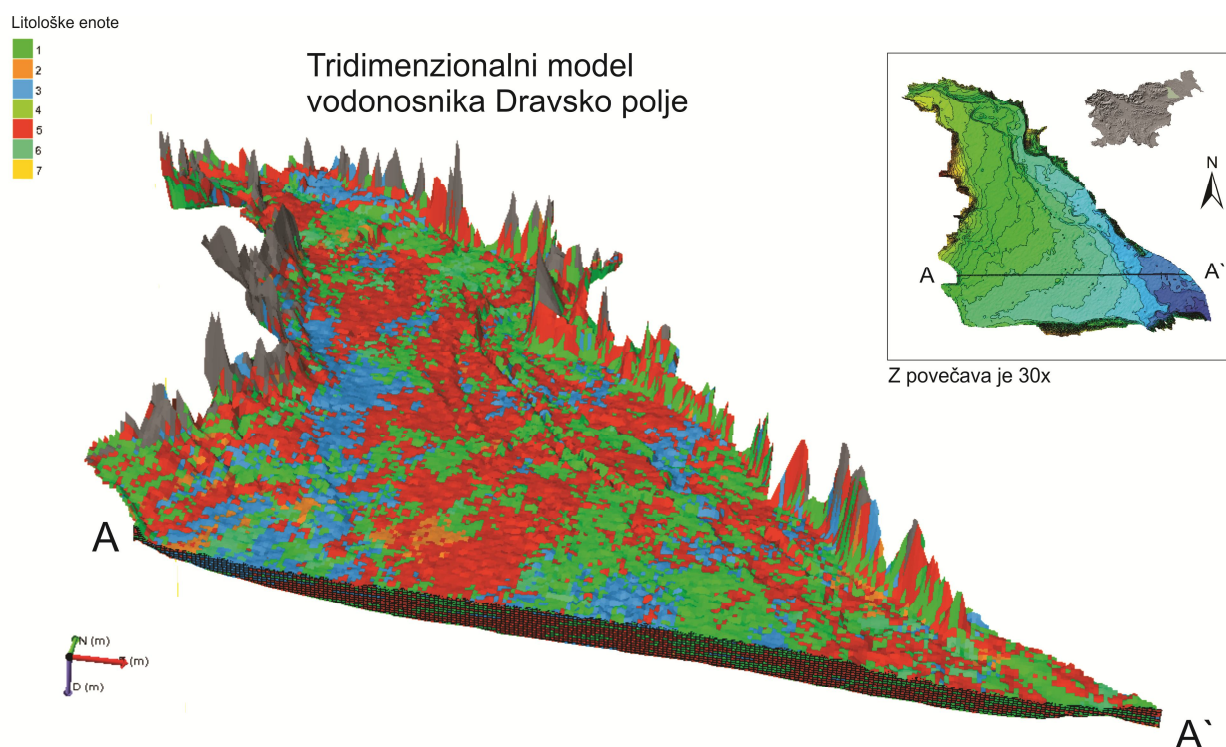
Tridimenzionalni litološki model

Dosedanje študije obravnavajo vodonosnik Dravskega polja kot enotno homogeno telo. Cilj izdelave tridimenzionalnega litološkega modela je bil preveriti ali je mogoče razdeliti vodonosnik na več zveznih in hidrogeološko smiselnih enot ali ne.

S programsko opremo Jewel Suite 2012 je bil izdelan tridimenzionalni litološki model. Vhodne podatke predstavljajo litološki popisi vrtin, ki dosežejo podlago vodonosnika. Litološke enote so bile združene v 7 skupin in sicer:

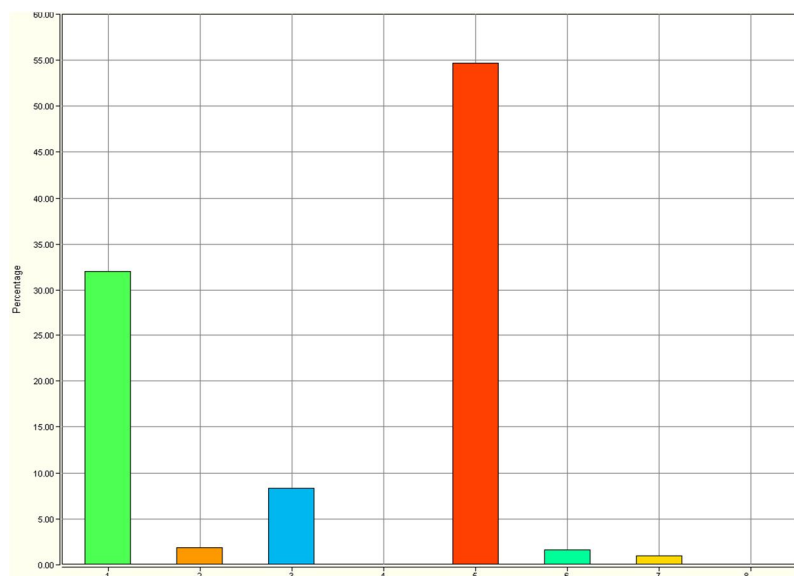
1. Prod,
2. Melj in glina s prodom,
3. Melj in glina,
4. Konglomerat,
5. Prod, pesek, melj,
6. Humus,
7. Lapor, podlaga.

Za izdelavo tridimenzionalnega litološkega modela je bila uporabljena interpolacijska metoda sekvenčna indikatorska simulacija. Pridobljen model predstavlja eno izmed verjetnih razporeditev izbranih litoloških enot na izbranem območju (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti..37**).



Slika 1.37: Tridimenzionalni litološki model vodonosnika Dravskega polja.

V izdelanem modelu sta najbolj zastopani skupini »prod« ter »prod, pesek, melj«, ki skupaj predstavljata skoraj 90% celotne litološke sestave (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.38: Razporeditev litološke sestave v 3D modelu.

Litološka skupina »prod, pesek, melj« se pojavlja v litoloških zapisih iz vrtin po celotnem območju, njena sestava pa je zelo kompleksna. V skupino so uvrščene vse enote, kjer se skupaj pojavijo prod, pesek in melj ne glede na količinsko zastopanost. Tako je lahko enkrat v večini npr. prod, medtem ko sta pesek in melj v manjšini in je posledično prepustnost višja, drugič je lahko več peščene in meljne frakcije, prod pa se pojavi v manjšini in je prepustnost bistveno nižja.

Nadaljnja členitev skupine v podenote verjetno ni smiselna, kajti napake se lahko pojavijo že pri samem popisu vrtin, saj različni popisovalci lahko različno interpretirajo razmerja med prodom, peskom in meljem.

Rezultati kažejo enakomerno razporeditev dveh najbolj zastopanih enot (»prod« ter »prod, pesek, melj«) po celotnem območju. Enote se med sabo prepletajo in ju ni mogoče ločiti v dve ali več smiselnih hidrogeoloških enot. Ker imata obe enoti načeloma dobro prepustnost, se v nadaljevanju vodonosnik obravnava kot ena plast, z lokalno različnimi prepustnostmi.

Programska oprema

Za izdelavo hidrogeološkega numeričnega modela je bil uporabljen program GMS 9.0.3 (Groundwater Modelling System), ki ga je razvilo podjetje Aquaveo. GMS deluje kot grafični vmesnik za vnos podatkov v druge programe (kot so Modflow, Mt3dms, itd.). Za modeliranje toka podzemne vode je bil uporabljen Modflow-2000.

Modflow

Modflow je programski paket za tridimenzionalno modeliranje toka podzemne vode z metodo končnih diferenc (Internet 2). Pri uporabi te metode je modelirani prostor razdeljen v 3-D

mrežo pravokotnih elementov. V tem primeru so vsi elementi enako veliki in je modeliranje enostavnejše, saj je potrebnih manj podatkov, vendar je natančnost manjša, ker se pravokotni elementi slabše prilagajajo realnim podatkom (Verbovšek, 2013).

Enačba uporabljena v Modflow-u, ki opisuje tok podzemne vode se glasi:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Kjer je:

K_{xx}, K_{yy} , in K_{zz} - koeficient prepustnosti v X, Y in Z smeri,

h - hidravlični potencial,

W – opisuje količino dotokov/iztokov (na enoto volumna)

S_s – specifični koeficient elastičnega uskladiščenja in

T – čas.

Modflow rešuje zgoraj zapisano enačbo s pomočjo metode končnih elementov. Tako v modelu izračuna gladino podzemne vode za vsako celico posebej.

MT3DMS

Razširjanje onesnaženja v vodonosniku je bilo simulirano s programom MT3DMS (Zheng & Wang, 1999). Transport snovi je odvisen od različnih parametrov. Opišemo ga lahko s sledečo enačbo za trodimenzionalni tok snovi:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \underbrace{-\frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C)}_{\text{advekcija}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_i} (D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j})}_{\text{disperzija}} + \underbrace{\frac{q_s}{n_e} C_s}_{\text{izvor / ponor}} + \underbrace{\frac{\rho_b}{n_e} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} - \lambda (C + \frac{\rho_b}{n_e} \bar{C})}_{\text{reakcije (sorpcija in razpad prvega reda)}}$$

kjer so:

C koncentracija raztopljenih snovi [ML^{-3}]

x_i razdalja po osi [L]

v_i pora hitrost [LT^{-1}]

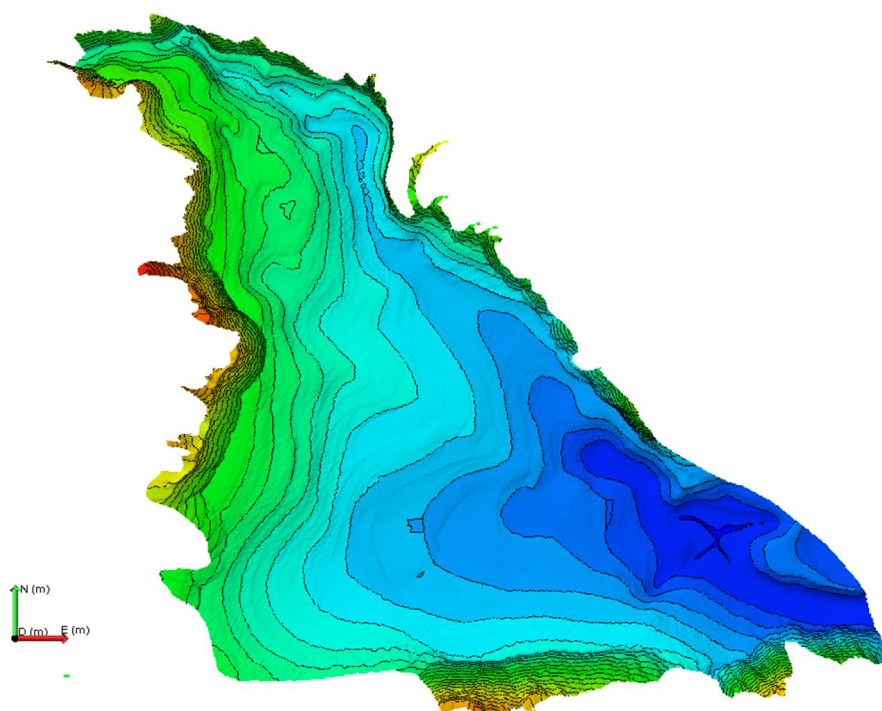
D_{ij} tenzor hidrodinamske disperzije [L^2T^{-1}]

q_s pretok vode v pritokih/odtokih na volumsko enoto vodonosnika [T^{-1}]

n_e	efektivna poroznost [-]
C_s	koncentracija pritokov/odtokov [ML ⁻³]
ρ_b	gostota poroznega medija [ML ⁻³]
$\bar{C}$	koncentracija substance, ki se sorbira na matriks [-]
λ	konstanta reakcije prvega reda ali razpada [T ⁻¹]

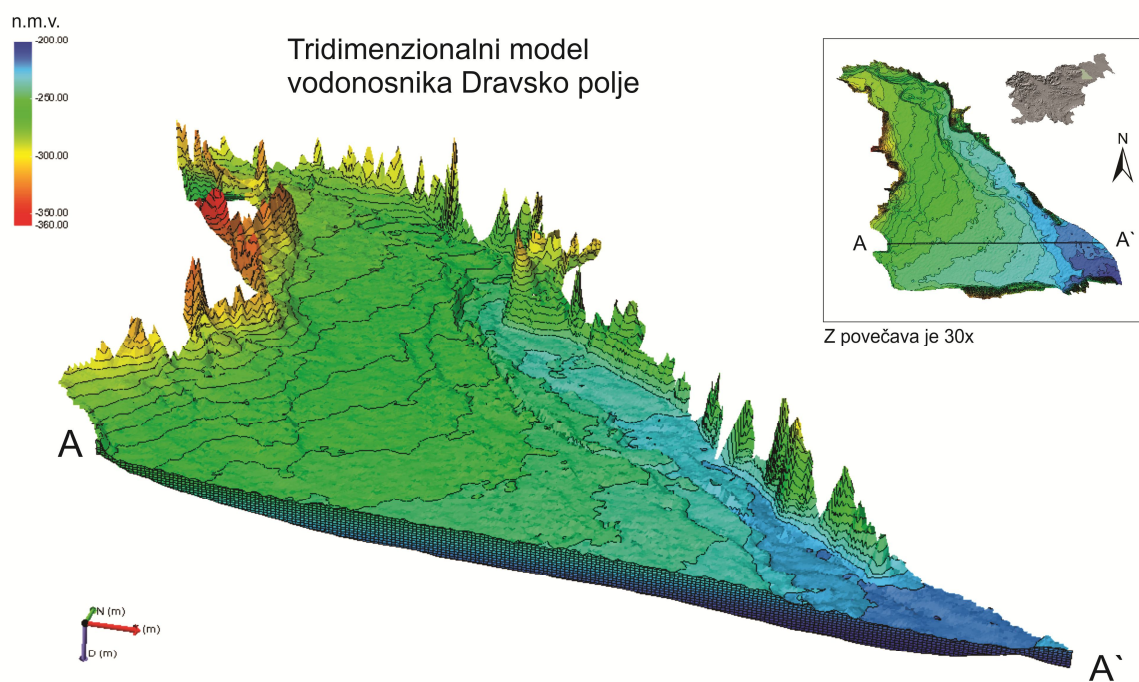
Vhodni podatki - 3D model

Vodonosnik Dravskega polja je glede na predhodne študije in prav tako po podatkih iz litološkega modela precej homogen in ga je mogoče obravnavati kot en sloj. Tako je tridimenzionalni model v programu GMS omejen z zgornjo ploskvijo, ki jo predstavlja digitalni model višine z ločljivostjo 25 x 25 m. Spodnjo mejo pa predstavlja na novo izdelan model podlage vodonosnika prav tako z ločljivostjo 25 x 25 m (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).

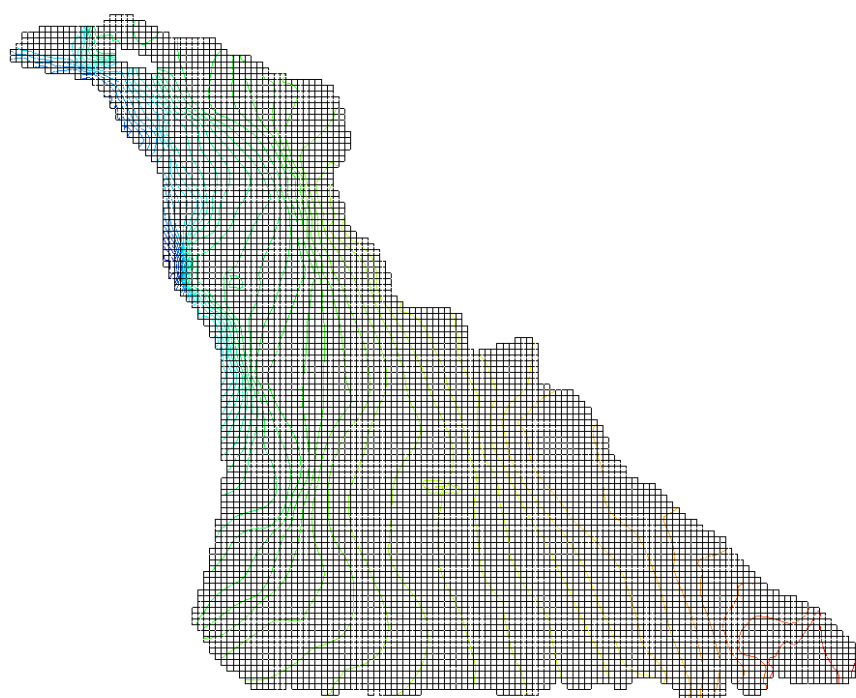


Slika 6.39: 3D prikaz podlage vodonosnika Dravskega polja (Z povečava je 50x).

Tridimenzionalni model (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) je razdeljen na celice velikosti 200 x 200 m (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**), ki so pogojene z relativno velikim območjem modeliranja in procesorsko močjo računalnika.



Slika 6.40: Tridimenzionalni model vodonosnika Dravskega polja.



Slika 6.41: Celice v modelu vodonosnika Dravskega polja.

Hidrološki podatki

Generalni tok podzemne vode vodonosnika Dravskega polja je usmerjen od zahoda proti vzhodu. Glavni viri napajanja vodonosnika so padavine, potoki, ki pritečejo iz Pohorja in večinoma poniknejo na Dravskem polju ter na severozahodnem območju modela mestoma reka Drava.

Za izdelavo hidrogeološkega modela je bilo potrebno model omejiti z določenimi hidrološkimi pogoji. Zahodna meja modela je definirana kot stalna gladina podzemne vode. Njena nadmorska višina, je bila določena na podlagi »Karte gladine podzemne vode na Dravskem polju v novembru 2012«, katera je bila izdelava v sklopu projekta CRP, ter robnih piezometrov. Severno ter severo-vzhodno mejo modela predstavlja reka Drava, južno mejo pa Poljska oz. Dravinja (od sotočja Polskave in Dravinje dalje).

Na območju Dravskega polja je še nekaj potokov in kanalov, ki lahko delujejo kot ponori ali izviri za podzemno vodo.

Nadmorska višina vodostajev rek in potokov je bila odčitana iz digitalnega modela reliefa ločljivosti 5 m ter iz spletne strani Dravskih elektrarn Maribor (DEM) (Internet 1).

Na Dravskem polju je v povprečju okoli 945 mm padavin na leto. Napajanje iz padavin je ocenjeno na 400 mm leto z že upoštevano evapotranspiracijo.

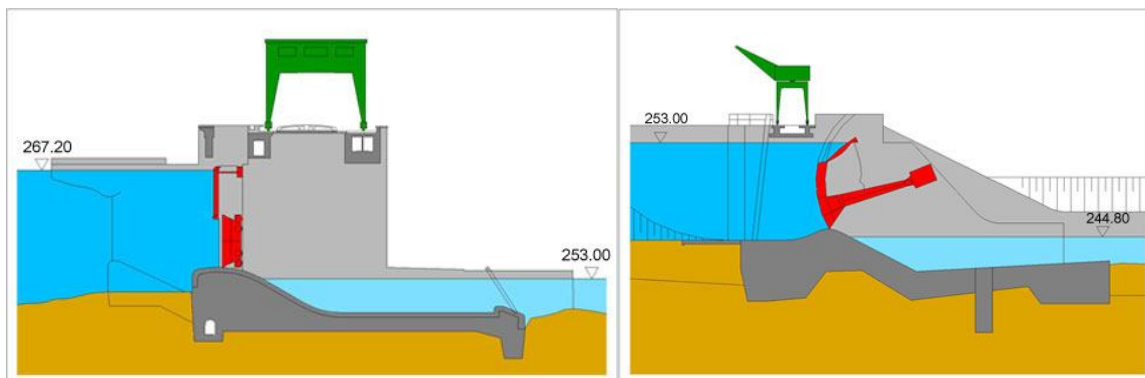
V model je vključenih devet črpališč podzemne vode (Mariborski otok, Vrbanski plato, Betnava, Bohova, Dobrovce, Šikole, Kidričevo, Skorba in Lancova vas). Črpališče Vrbanski plato je najpomembnejši vodni vir za Maribor in okolico, s katerim se pokrije večji del potreb (okoli 70%) po pitni vodi v regiji. Črpališče ima sistem bogatenja podzemne vode in sicer z vodo načrpano iz vodnjakov na Mariborskem otoku. Črpališče ima skupno 15 vodnjakov, skupne kapacitete do 760 l/s.

Model je umerjen na skupno črpanje 1488.5 l/s iz vseh črpališč in sočasno bogatenje Vrbanskega platoja z 200 l/s načrpane vode iz vodnjakov na Mariborskem otoku (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**). Količine izčrpane vode iz posameznih vodnjakov so bile ocenjene na podlagi podatkov upravljavcev in podatkov v bazi vodnih virov v javni uporabi.

Tabela 6.23: Količina načrpane vode po posameznih črpališčih.

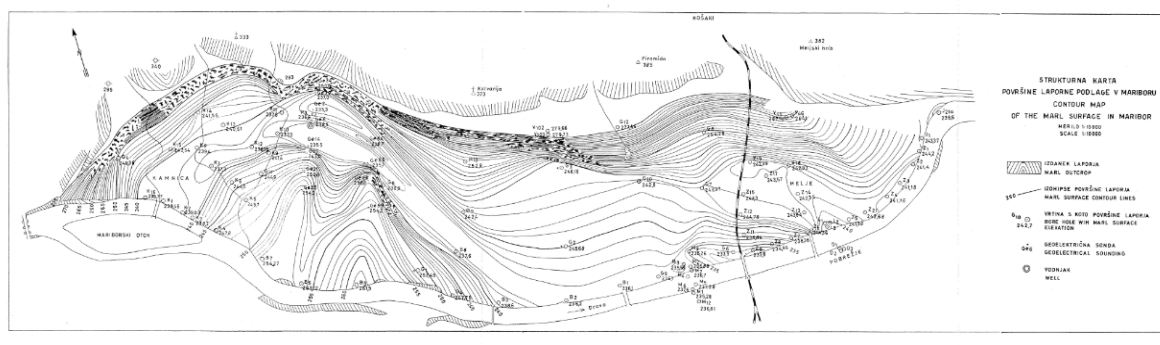
Črpališče	Načrpane količine (l/s)
Mariborski otok	200
Vrbanski plato	760 (bogatenje 200)
Betnava	40
Bohova	50
Dobrovce	60
Šikole	44.5
Kidričevo	183
Skorba	135.5
Lancova vas	15.5

Drava je na območju mesta Maribor, med hidroelektrarnama HE Mariborski otok in HE Melje zajezena na koti 253 m.n.v. (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) in ima na določenih delih zelo slabo oziroma nima povezave s podzemno vodo.



Slika 6.42: Pregrada HE Mariborski otok (levo) in pregrada HE Melje (desno) (Internet 1).

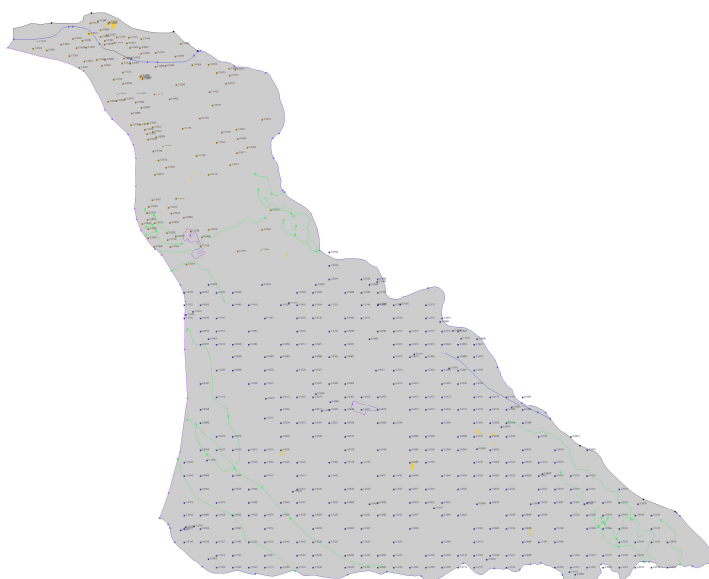
Drava povezave s podzemno vodo zagotovo nima na območju med Mariborskim otokom ter Studenško brvjo, kjer pride neprepustna podlaga na površje (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**), novejša meritev (meritve v piezometru Medicinske fakultete) pa prav tako kažejo na slabo povezavo dolvodno od Studenške brvi.



Slika 6.43: Strukturna karta površine laporne podlage (Žlebnik, 1965).

Umerjanje modela (PEST)

V programskem paketu GMS je za umerjanje parametrov na voljo PEST (parameter estimation) metoda. Metodo je razvil J. Doherty iz Watermark Computing. Z njo je mogoče avtomatsko umerjanje parametrov v postavljenem modelu (koeficient prepustnosti, napajanje, itd...). V konkretnem hidrogeološkem modelu je bil umerjen koeficient prepustnosti. Za umeritev parametra je bilo razporejenih 203 točk po obravnavanem območju (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.44: Točke za umeritev koeficienta prepustnosti.

Iz meritev (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) so znane vrednosti koeficientov prepustnosti, v razponu od $3.43 \cdot 10^{-2}$ do $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Glede na izmerjene vrednosti, ter podatke iz literature (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**) so bile določene mejne vrednosti za umerjanje koeficienta prepustnosti in sicer od $k = 5 \cdot 10^{-2}$ m/s do $1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

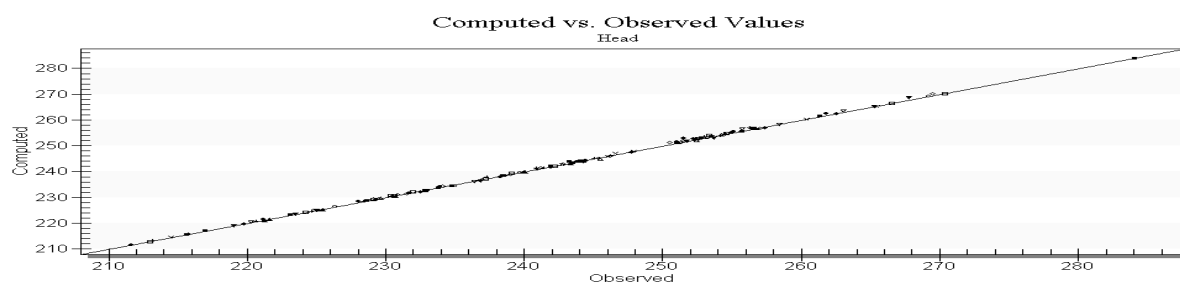
Tabela 6.24: Prepustnost sedimenta (prirejeno po Prestor et al., 2001; Freeze in Cherry, 1979).

Prepustnost (m/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3} do 10^{-5}	10^{-5} do 10^{-8}	10^{-9} do 10^{-11}
Vrsta nevezanega sedimenta	Čisti prod		Čisti pesek, mešanica peska in prod	Droben pesek, zaglinjen pesek, mešano pesek, melj in glina; plastovita glina	Gline
Velikost delcev (mm)	8 - 16		0.25 – 0,5	0.004 – 0.062	<0.004
Prepustnost	Zelo dobra		Dobra	Srednja	Slaba
					Zelo slaba ali praktično neprepustno

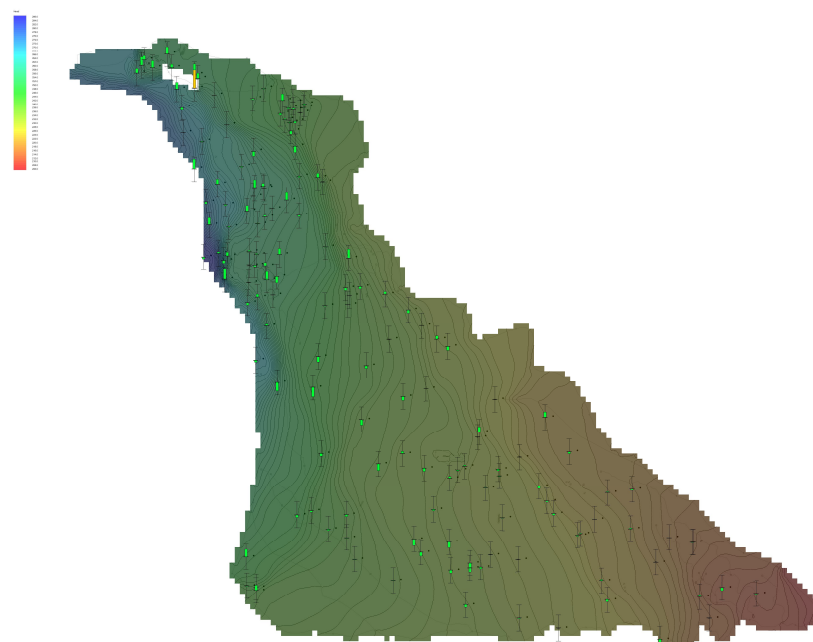
Vhodni podatki za umerjanje parametra so bili:

- stalna gladina podzemne vode na zahodu modela,
- reke Drava, Polskava in Dravinja, ki omejujejo model na severni, vzhodni in južni strani,
- potoki, ki lahko delujejo kot izvir ali ponor,
- črpališča,
- padavine,
- gramozne jame,
- izmerjene gladine podzemne vode na 157 lokacijah po celotnem Dravskem polju ter
- izmerjeni koeficienti prepustnosti.

Umerjanje parametrov je potekalo tako dolgo, dokler se niso ujemale izmerjene in izračunane gladine podzemne vode z možnostjo odstopanja do 1m (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).

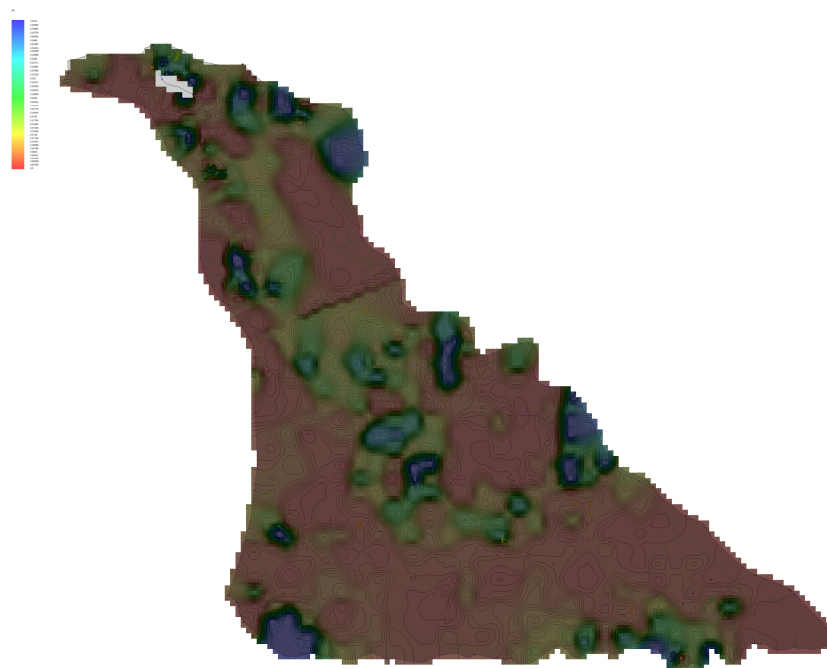


Slika 6.45: Ujemanje izmerjene in izračunane vrednosti gladine podzemne vode (1).



Slika 6.46: Ujemanje izmerjene in izračunane vrednosti gladine podzemne vode (2)

Na podlagi umerjenih koeficientov prepustnosti je bila interpolirana prepustnost po celotnem modelu z IDW interpolacijsko metodo (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.47: Interpolirane vrednosti koeficienta prepustnosti.

Transport snovi v zasičeni coni

Model transporta snovi je izdelan na podlagi hidrogeološkega modela iz katerega sta tudi privzeta hidravlično polje in hidravlična prevodnost. Poroznost kvartarnega zasipa Dravskega polja je privzeta 0.15. Vrednosti disperzije so prirejene po literaturnih podatkih (Brigham Young University, 2004; Danish Hydraulic Institute, 1999; Mallants, 2004). Vzdolžna disperzija je ocenjena na 10, razmerje prečne in vzdolžne disperzije je ocenjeno na 0.2, razmerje navpične in vzdolžne disperzije pa na 0.01. Pri izračunu transporta nitrata niso bile upoštevane sorpcija, retardacija in reakcije.

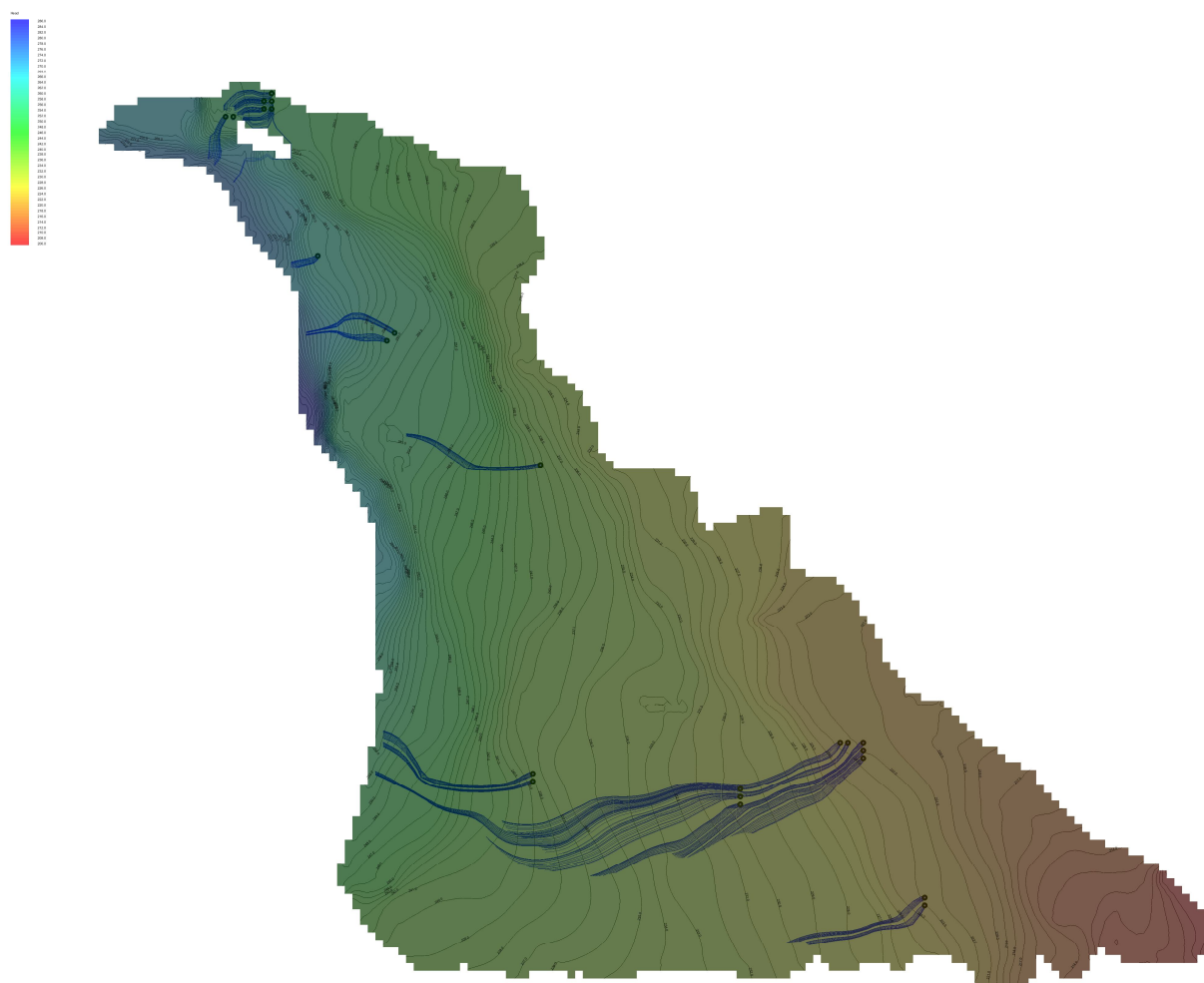
Vhodni podatki o presežkih dušika za model transporta snovi v zasičeni coni so bili pripravljani na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani z uporabo modela SWAT. Izdelano je bilo več možnih scenarijev izpiranja dušika iz tal v podzemno vodo. Scenariji obravnavajo različne Transporte dušika skozi pedološki horizont, sestavljenih iz kombinacij različnih živalskih kolobarjev, tipa tal ter vodovarstvenih območij. Ti scenariji obravnavajo zgolj presežke dušika iz kmetijske dejavnosti na območju Dravskega polja. Presežki dušika iz drugih virov na območju Dravskega polja ter iz prispevnega območja na zahodu niso upoštevani. Podatki predstavljajo količino izpranega dušika iz pedološkega horizonta v kilogramih na hektar na leto (N kg/ha/leto).

Z namenom ovrednotenja celotne obremenjenosti podzemne vode z nitratom in kontrole pravilnosti modelskih izračunov smo simulirali tudi transport snovi za celokupen vnos dušika v podzemno vodo, ki predstavlja presežke dušika iz kmetijstva, prebivalstva, cest, odlagališč,

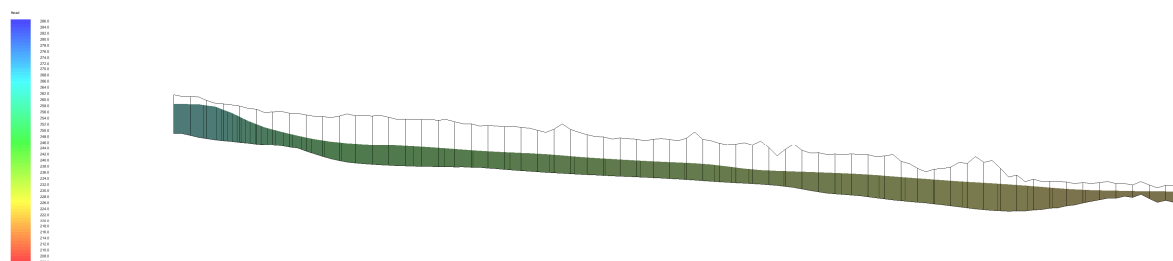
IPPC zavezancev in izpustov odpadnih voda direktno v podzemno vodo na območju Dravskega polja in v njegovem napajalnem zaledju. Podatki so bili pred nekaj leti pripravljeni na Geološkem zavodu Slovenije (Krivic et al., 2008).

Tok podzemne vode

V sklopu projekta »Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih (CRP)« je postavljen statični hidrogeološki model vodonosnika Dravskega polja. Rezultati prikazujejo stanje gladine podzemne vode novembra 2012 ter sledenje delcev v dani situaciji (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** in **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



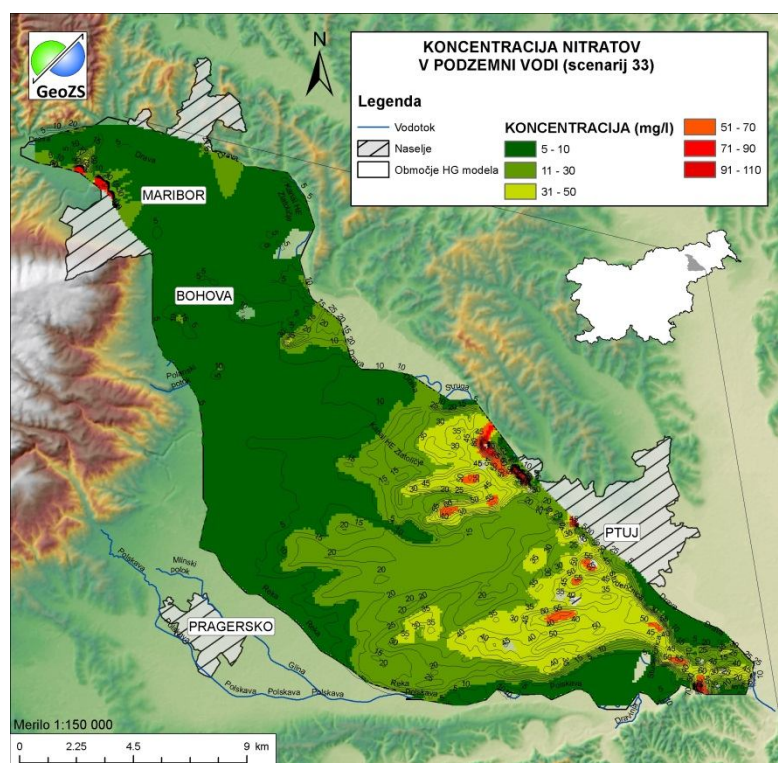
Slika 6.48: Modelirana gladina podzemne vode ter sledenje delcev do črpališč.



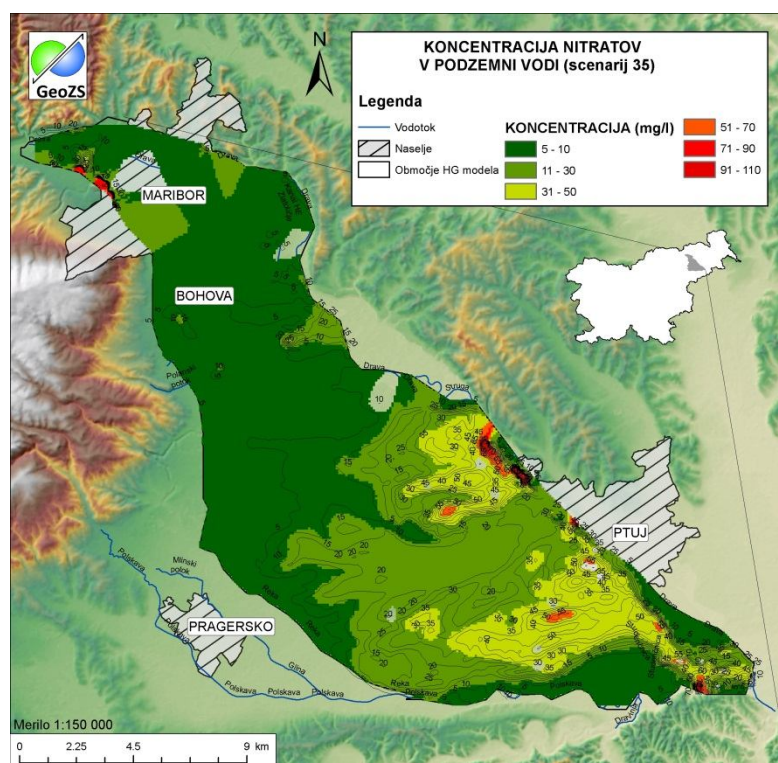
Slika 6.49: Presek iz HG modela (modelirana gladina podzemne vode).

Transport snovi v zasičeni coni

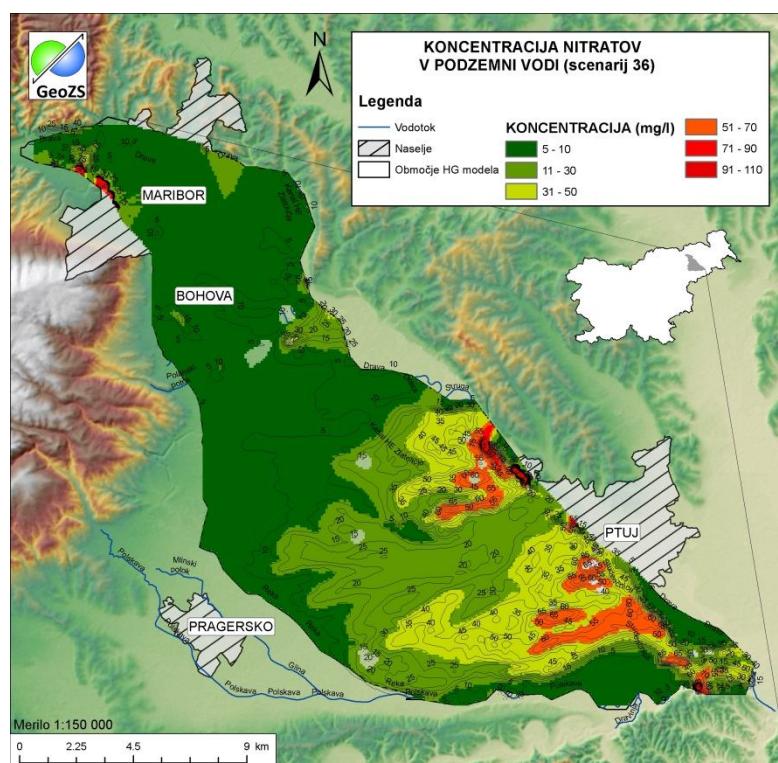
Simuliran je bil vnos dušika iz kmetijskih površin na območju kvartarnega vodonosnika Dravskega polja. Za simulacijo so bili uporabljeni scenariji 33 (scenarij z upoštevanjem VVO) in 35 (scenarij z upoštevanjem vrste rejene živali po GERK in z upoštevanjem VVO), ter scenarij 36 (inverzni model) ki so bili pripravljeni na Biotehniški fakulteti z modelom SWAT. Rezultati so predstavljeni na naslednjih slikah (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti., Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti., Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.50: Koncentracija nitratov v podzemni vodi kot posledica kmetijske dejavnosti (scenarij 33).



Slika 6.51: Koncentracija nitratov v podzemni vodi kot posledica kmetijske dejavnosti (scenarij 35).

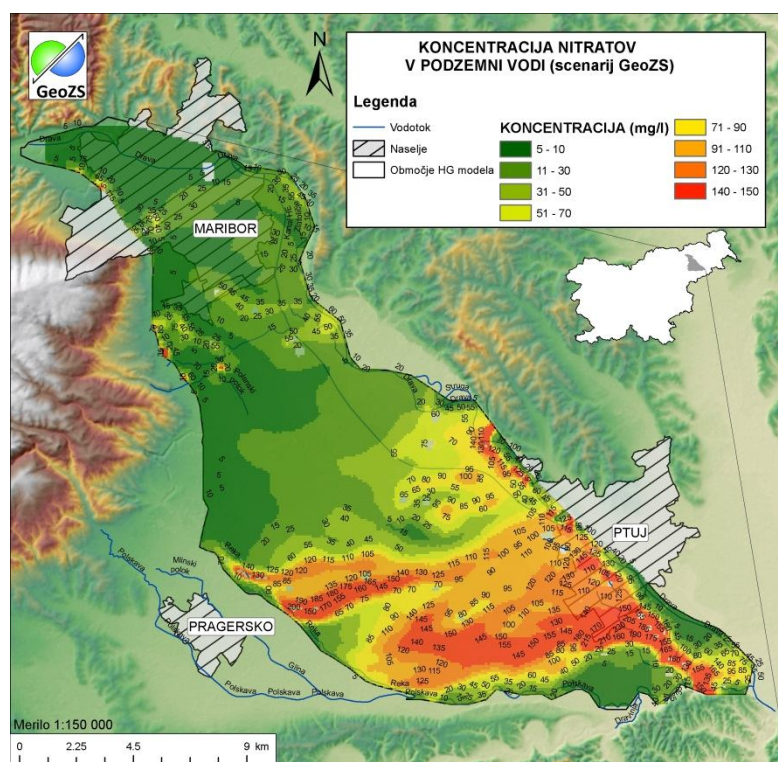


Slika 6.52: Koncentracija nitratov v podzemni vodi kot posledica kmetijske dejavnosti (scenarij 36).

Predstavljeni rezultati imajo na izbranih merilnih mestih nižje vrednosti kot so izmerjene v sklopu državnega monitoringa.

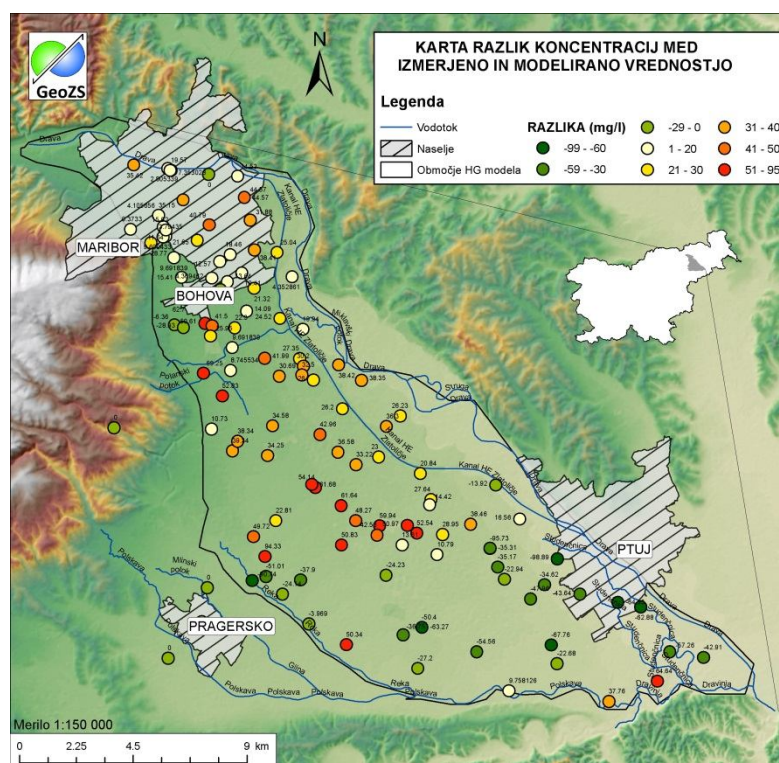
Razliko v vrednostih med simuliranimi ter izmerjenimi vrednostmi je mogoče pripisati manjšemu vnosu dušika v podzemno vodo na celotnem območju, saj simuliran vnos upošteva samo dušik iz kmetijstva, ne upošteva pa ostalega vnosa dušika v podzemno vodo iz drugih virov na območju vodonosnika in njegovem zaledju.

Model transporta snovi, ki upošteva vse znane presežke nitrata in posledično izpiranje v podzemno vodo, prikazuje višje koncentracije nitratov v podzemni vodi (**Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**).



Slika 6.53: Koncentracija nitratov v podzemni vodi kot posledica celokupne obremenitve (scenarij GeoZS).

Razlika med modelirano in povprečno izmerjeno vrednostjo vsebnosti nitrata v podzemni vodi je prikazana na sliki 6.54.



Slika 6.54: Razlika med modelirano in izmerjeno koncentracija nitratov.

Sklep

Model prikazuje precej dobro ujemanje modeliranih vrednosti gladin podzemne vode z izmerjenimi vrednostmi na terenu, kar je dobra osnova za nadaljnje študije vodonosnika Dravskega polja.

Karta neprepustne podlage dobro oriše geometrijo spodnje plasti vodonosnika, saj je za ta namen zbranih več kot 400 vrtin, prav tako je definiran tudi Ljutomerski prelom. Kljub temu je v nadaljnjih študijah potrebno posvetiti posebno pozornost območju Studencev, kjer je nekoliko manj vrtin, podlaga pa izdanja na površju.

V prihodnjih študijah bi bilo smotno sočasno z gladinami podzemne vode pridobiti gladine vodostajev rek, saj so ti zelo pomembni pri izdelavi hidrogeološkega modela na območjih, kjer so v povezavi s podzemno vodo.

Viri:

Brigham Young University, 2004: Groundwater Modeling System, GMS v5.1, Reference Manual, Environmental Modeling Research Laboratory, Brigham Young University.

Danish Hydraulic Institut, 1999: MIKE SHE WQ – User Manual, Advection-Dispersion Module, DHI.

Freeze, R., Cherry, J. A. Groundwater. New Jersey: Prentice Hall, Inc. 1979. 589 str.

Janža, M., 2000: Varovanje vodnega vira z uporabo GIS in hidrogeološkega modeliranja. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.

Krivic, J., 2007: Ocena tveganja onesnaženja podzemnih vod s prometne infrastrukture. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.

Krivic, J., Meglič, P., Prestor, J., 2008: Modeliranje vplivov obremenitev na podzemno vodo Dravskega polja. Geološki zavod Slovenije, 18 str.

Klasinc, M., 2013: Pliocenski vodonosnik Dravskega polja. Diplomsko delo.

Mallans, D., 2004: Basic concepts of water flow, solute transport, and heat flow in soils and sediments, SKC-CEN, Belgium.

Mali, N., Brenčič, M., Urbanc, J., 1994: Sanacija kvalitete podtalne vode na Vrbanškem platoju - novelacija varstvenih pasov. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko. Raziskovalna naloga.

Prestor, J., Drobne, F., 1999: Hidrogeološke raziskave za zajem podzemne vode z globokim vodnjakom pri Lancovi vasi. (poročilo o izdelavi raziskovalnih strukturnih vrtin LVS-1/99 in LVS-2/99). Poročilo.

Prestor, J., Janža, M., Rikanovič, R., Strojani, M. Dosegljivost, izkoristljivost in izkoriščenost podzemnih vodonosnikov. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2001. 44 str.

Verbovšek, T., 2013: Računalniške metode v geologiji. Prosojnice s predavanj. Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.

Zheng, C., Wang, P.P., 1999: MT3DMS: A Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems; Documentation and User's Guide. – US Army Corps of Engineers, Washington, DC.

Žlebnik, L., 1965: Hidrogeološki problemi v zvezi z epigenetsko dolino Drave v Mariboru. Geologija 8, 320-328.

Žlebnik, L., 1982: Hidrogeološke razmere na Dravskem polju. Geologija 25/1 str. 151-164.

Internet 1: <http://www.dem.si/slo/> (6.6.2013)

Internet 2: <http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/modflow-status-2011Jan.pdf> (27.6.2013)

6.4. Sistem za podporo odločitvam v obliki spletne GIS aplikacije

Namen podnaloge Internetna aplikacija je vzdrževanje spletne GIS aplikacije za pregledovanje in povpraševanje po podatkih vodonosnika Dravsko polje.

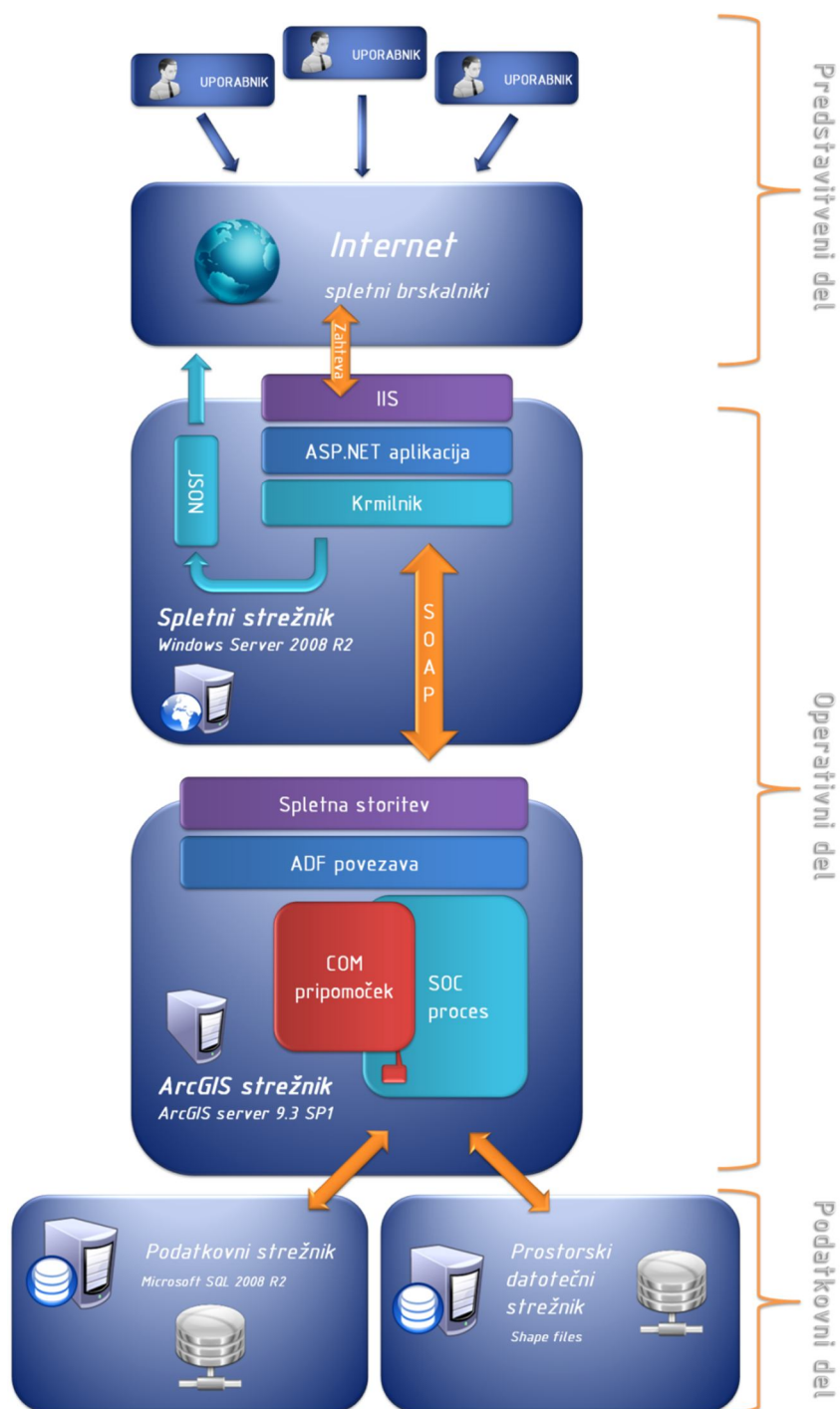
Spletna GIS aplikacija je namenjena vizualizaciji v različnih bazah zbranih prostorskih podatkov oziroma podatkov, ki jih lahko posredno predstavimo v prostoru. Uporabniku je na razpolago enostavno in učinkovito orodje, ki mu preko različnih topografskih kart in digitalnega ortofoto pomaga pri orientaciji v prostoru, nudi informacije o parcelah, hkrati pa zagotavlja še vrsto drugih podatkov o prostoru. S svojo uporabniku prijazno zasnovo omogoča enostavno uporabo in je namenjen vsem uporabnikom, ki pri svojem delu potrebujejo podatke o vodonosniku Dravskega polja.

Spletni pregledovalnik je dostopen na naslovu: »akvamarin.geo-zs.si/VodonosnikDravskoPolje«. Uporabniku preko različnih iskalnih mask nudi enostavno določitev zelene lokacije v prostoru. Vsak uporabnik ima možnost prilagoditve vsebine prikaza iz širokega nabora prostorskih podatkov, hkrati pa sistem sam skrbi za dinamično spreminjanje vsebine glede na merilo prikaza. Premikanje po karti je omogočeno s standardnimi funkcijami kot so povečava, premik, povečava/pomanjšava za faktor, prikaz v izbranem merilu, itd.

2. 1 Arhitektura sistema

Koncept arhitekture spletne GIS aplikacije temelji na ArcGIS. Arhitektura sistema sestoji iz treh osnovnih sklopov, ki se med seboj povezujejo. Ti sklopi so sledeči:

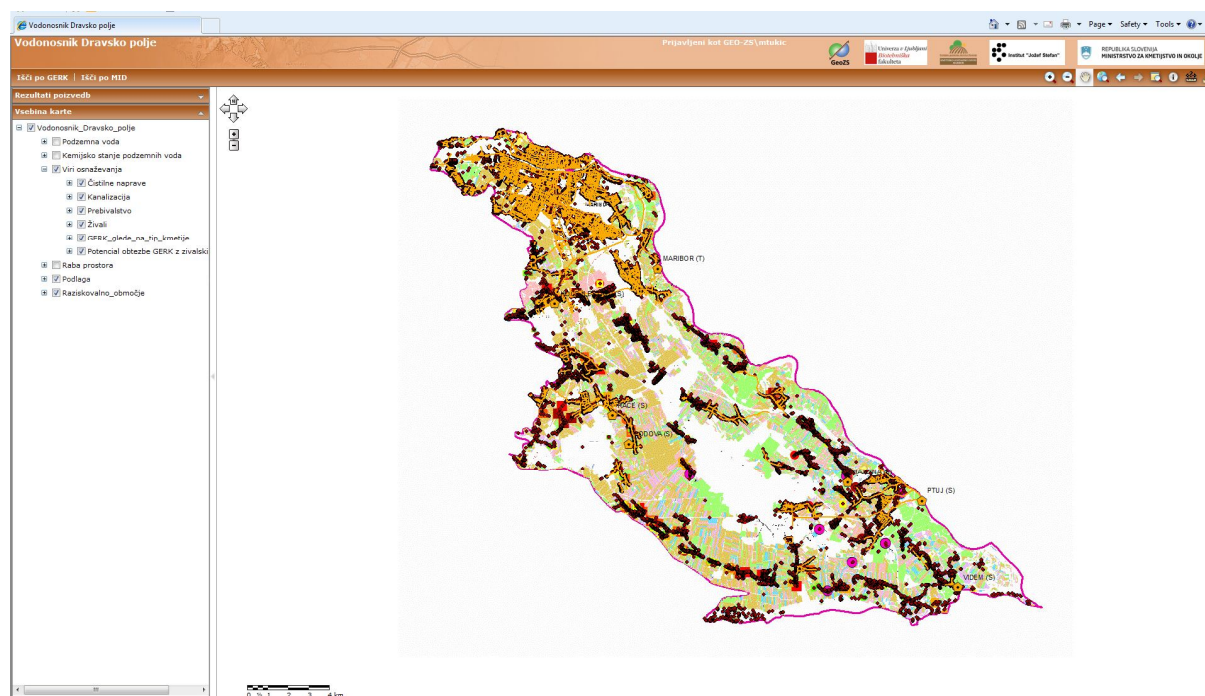
- predstavitveni del,
- operativni,
- podatkovni del.



6.55: Koncept arhitekture spletne GIS aplikacije

Predstavitveni del

Predstavitveni del omogoča uporabniku poizvedovanje po informacijah (Slika 6.56). Preko spletnega brskalnika lahko uporabnik dostopa do pregledovalnika prostorskih geoloških podatkov in pošlje zahtevo po želeni informaciji.



Slika 6.56: Spletna GIS aplikacija Vodonosnik Dravsko polje

Operativni del

Operativni del poganja pregledovalnike in obdeluje povpraševanja in odgovore na ta povpraševanja. Zahteva, poslana s strani uporabnika, prispe do spletnega strežnika, kjer jo krmilnik posreduje do operativnega ArcGIS strežnika. Ta poišče pot do podatkovnega ali datotečnega strežnika, ki posreduje odgovor na poslano zahtevo.

Prvi strežnik operativnega dela omenjenega GIS-a temelji na Esri-jevi programski opremi ArcGIS server 9.3 SP1 (<http://www.esri.com>), ki omogoča ustvarjanje, upravljanje in distribucijo GIS storitev prek spleta za podporo namiznih, mobilnih in spletnih aplikacij.

Drugi strežnik operativnega dela pa predstavlja Microsoftov Windows Server 2008 R2 Standard (x64) SP0 na katerem je delujoča spletna GIS aplikacija. Spletna GIS aplikacija je izdelana v programskem okolju Microsoft Visual Studio 2008 SP1. Poleg delujoče aplikacije je na Windows strežniku naložen še IIS (Internet Information Services 7.5), preko katerega gre želena zahteva uporabnika.

Podatkovni del

Podatkovni del predstavlja prostorski datotečni strežnik v katerem so shranjeni GIS podatki.

Prostorska baza predstavlja pomemben del spletne GIS aplikacije. Prostorske podatke lahko opredelimo kot podatke o opisnih in kartografskih lastnostih ter odnosih med geografskimi objekti, katerih lokacija je podana v enotnem georeferenčnem sistemu (Državni koordinatni sistem D48).

Opis procesa delovanja internetne aplikacije:

- aplikacija se nahaja na naslovu:
»akvamarin.geo-zs.si/VodonosnikDravskoPolje«,
- vsi GIS podatki se zbirajo v GIC GeoZS,
- podatki so uporabnikom dostopni preko spletne aplikacije, ki omogoča njihovo pregledovanje in enostavnejše povpraševanje
- spletna aplikacija:
 - uporabniški spletni vmesniki;
 - hiter in enostaven dostop do razpoložljivih informacij o prostorskih podatkih vodonosnika Dravsko polje;
 - pregled podatkov;
 - povpraševanje.

Tehnične značilnosti sistema

Strojna oprema (strežnik)

- Procesor: Intel Xeon CPU E5520 @ 2.27GHz
- RAM: 8 GB
- Trdi Disk: 1000 GB

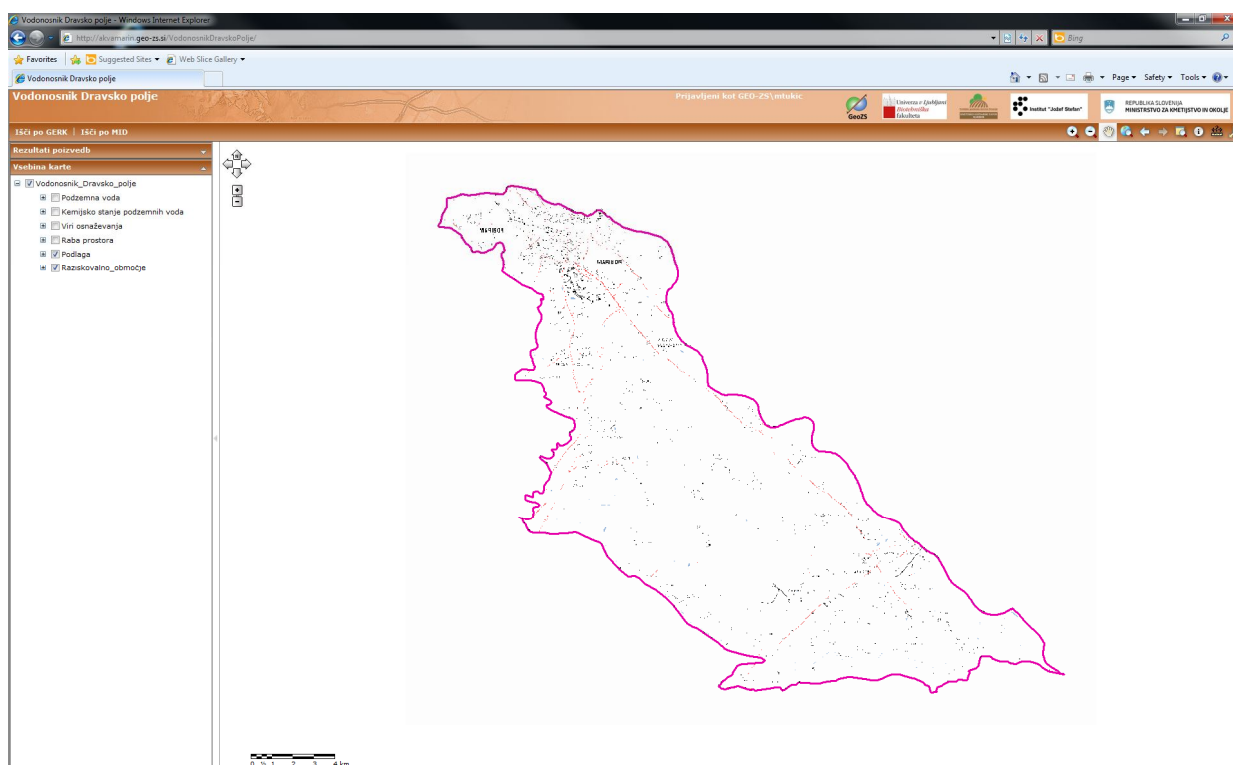
Programska oprema

- Operacijski sistem Windows Server 2008 R2 Standard (x64) SP0
- Internet Information Services 7
- ServletExec 5.0 ISAPI
- ESRI ArcGIS Server 9.3 SP1

Organiziranost uporabnikov

Informacijski sistem vodonosnik Dravsko polje omogoča uporabnikom dostop do njim dodeljenih delov prostorskih podatkov in njihovo nadaljnjo uporabo.

Spletni uporabniški vmesnik (Slika 6.57).



Slika 6.57: Spletna aplikacija.

Funkcije spletne aplikacije

Podatke delimo na:

- Vektorske podatkovne sloje:
- Rastrske informacijske sloje:
 - digitalni model višin (SRTMv1) - senčen relief,
 - topografska podlaga meril (GURS):
 - 1 : 250.000 (Pregledna karta),
 - 1 : 25.000 (Topografska karta),
 - digitalni ortofoto posnetki (leto izdelave 2006 in 2009).

Vhodni podatki za GIS podatkovno bazo so v sledečih formatih:

- Vektorski obliki: ESRI Shapefile in
- Rastrski obliki:
 - ESRI/ArcInfo Grid;
 - Geokodiran tiff.

Specifikacija funkcionalnosti aplikacije

Spletna aplikacija je sestavljena iz 5 modulov:

- Procedure za pretvorbo in uvoz podatkov,
- Centralna GIS baza podatkov,
- Sistem varnosti dostopov,
- Spletna aplikacija / Spletni pregledovalnik prostorskih podatkov:
 - Prilagoditev vsebine prikaza,
 - Premikanje po karti/prostoru:
 - Povečava,
 - Pomanjšava,
 - Premik,
 - Poizvedba,
 - Poizvedba po območju,
 - Merjenje,
 - Prikaz pregledne karte,
 - Iskanje po lokaciji,
 - Poizvedba po GERK-ih,
 - Splošno iskanje,
 - Iskanje po parcelah,
 - Pomoč,
- Arhiviranje podatkov.

Sistem varnosti dostopov

Sistem varnosti dostopov je podsistem, ki omogoča določanje pravic uporabe aplikacije, modula, funkcije, podatka oziroma metapodatkov posameznemu uporabniku ali uporabniški skupini,

Uporabnik lahko uporablja določene elemente (aplikacijo, modul, podatke, metapodatke,...) sistema, če ima nastavljene ustrezne pravice. V sistemu varnosti dostopov imamo ustrezne evidence (uporabniki, uporabniške skupine, aplikacije, module, podatke, skupine podatkov, metapodatke) ter module za vzdrževanje (kreiranje uporabnika, vzdrževanje pravic za uporabnika, uporabniško skupino, dodajanje skupine uporabniku itd.).

Dodeljevanje pravic dostopa uporabniku je lahko neposredno (npr. dovoli vpogled v izbran podatek) ali pa posredno, prek uporabniške skupine. Uporabniška skupina združuje množico pravic za tipičnega uporabnika aplikacije. S tem je olajšano vzdrževanje dodeljevanja pravic za uporabnika, celoten sistem dodeljevanja pravic uporabnikom je bolj pregleden.

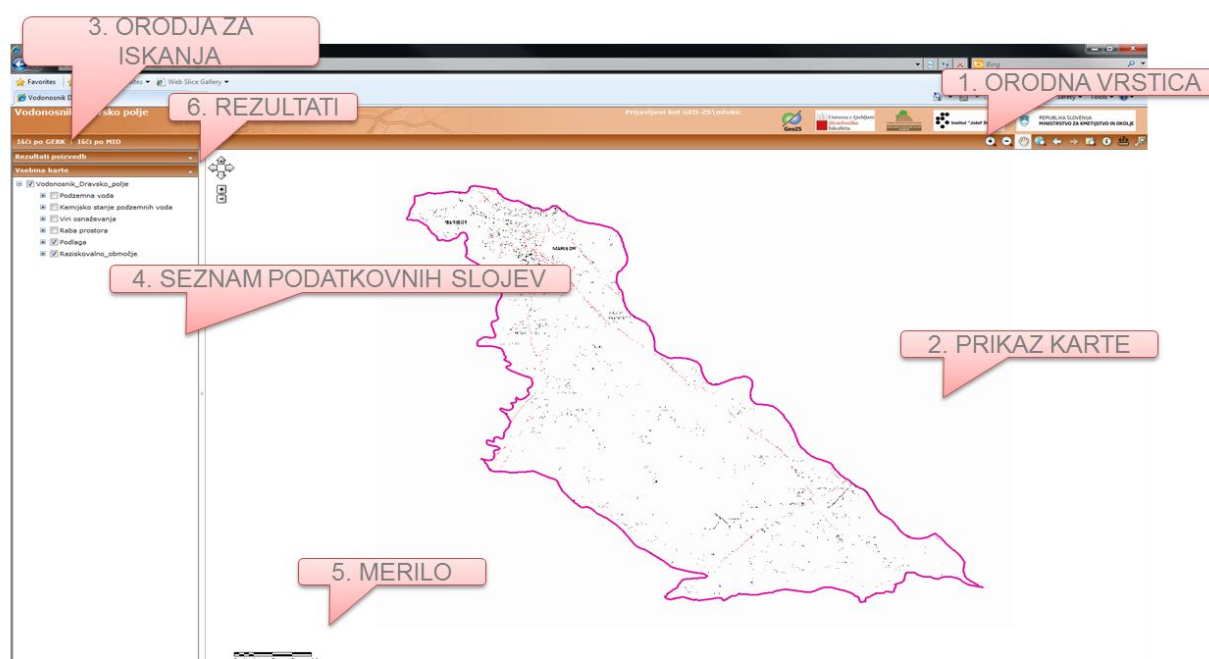
Spletni pregledovalnik prostorskih podatkov

Spletni pregledovalnik prostorskih podatkov je namenjen vizualizaciji v različnih bazah zbranih prostorskih podatkov oziroma podatkov, ki jih lahko posredno predstavimo v prostoru. Uporabniku je na razpolago enostavno in učinkovito orodje, ki mu preko različnih topografskih kart in digitalnega ortofoto pomaga pri orientaciji v prostoru, nudi informacije o parcelah, hkrati pa zagotavlja še vrsto drugih podatkov o prostoru. Uporabnik ima na razpolago prostorske podatke. S svojo uporabniku prijazno zasnovo omogoča enostavno

uporabo in je namenjen vsem uporabnikom, ki pri svojem delu potrebujejo podatke o značilnostih rabe prostora na območju vodonosnika Dravskega polja.

Osnovno okno pregledovalnika je razdeljeno na sedem razdelkov in sicer (Slika 6.58):

1. Orodna vrstica z orodji (za delo z aplikacijo);
2. Osrednje okno za prikazovanje podatkov;
3. Dodatna orodja za povpraševanja in iskanja po podatkih;
4. Seznam podatkovnih slojev in njihov prikaz;
5. Merilo;
6. Rezultati poizvedb in iskanj;



Slika 6.58: Osnovno okno pregledovalnika

Uporabniku preko različnih iskalnih mask nudi enostavno določitev želene lokacije v prostoru. Vsak uporabnik ima možnost prilagoditve vsebine prikaza iz širokega nabora prostorskih podatkov, hkrati pa sistem sam skrbi za dinamično spreminjanje vsebine glede na merilo prikaza. Premikanje po karti je omogočeno s standardnimi funkcijami kot so povečava, premik, povečava/pomanjšava za faktor, prikaz v izbranem merilu, itd. Uporabnik si trenutni izris vedno lahko tudi stiska na tiskalniku ali pa shrani kot sliko za nadaljnjo uporabo. Uporabnik lahko pridobi tudi atributne podatke o nahajališčih mineralnih surovin.

V spodnji preglednici so prikazane funkcionalnosti spletne GIS aplikacije.

Preglednica 6.25: Funkcionalnosti spletne GIS aplikacije.

	Povečava	Uporabniku omogoča povečavo in sicer bodisi s preprostim klikom na vidno območje ali z vlečenjem + miškega kazalca v obliki okvirja, ki določa novo vidno območje.
	Pomanjšava	Uporabniku omogoča pomanjšavo in sicer bodisi s preprostim klikom na vidno območje ali z vlečenjem + miškega kazalca v obliki okvirja, ki določa novo vidno območje.
	Premik	Uporabniku omogoča premikanje pogleda v katerokoli smer. Uporabnik z miškinim kazalcem klikne na trenutni pogled ter med držanjem miškega gumba premika pogled, dokler ne najde želenega območja. Premikanje konča tako, da spusti miškin gumb. Nov pogled je enakega merila.
	Celotno območje	Uporabniku omogoča vrnitev na začetno vidno območje.
	Prejšnje območje	Uporabniku omogoča vrnitev na prejšnjo povečavo / pomanjšavo.
	Naslednje območje	Uporabniku omogoča prehod na naslednjo povečavo / pomanjšavo.
	Poizvedba - točka	Uporabniku omogoča pregled atributov <u>določenega</u> objekta. Atributi so prikazani v novem oknu.
	Merjenje	S klikom na orodje »Merjenje« lahko izbiramo med 3 možnostmi. 1. možnost: kliknemo na karto in izpišejo se nam koordinate trenutne lokacije, 2.možnost: narišemo na karti črto in prikaže se nam njena dolžina. Z dvoklikom prekinemo delovanje tega orodja, 3.možnost: narišemo na karti poligon in prikaže se nam njegova površina. Z dvoklikom prekinemo delovanje tega orodja.
	Prikaz pregledne karte	S klikom na to orodje se nam prikaže pomanjšana slika celotne karte.
	Išči po GERK	Uporabniku omogoča iskanje po GERK. S klikom na gumb »Išči po GERK« se odpre novo okno za iskanje. Tukaj vpišemo šifro GERK. S klikom na gumb »išči« se izvede iskanje po želeni parceli. Rezultati se prikažejo v tabeli »Rezultati«. V tej tabeli lahko s klikom na iskani rezultat prikažemo njegovo vrednost na karti.

	Išči po MID	Uporabniku omogoča iskanje po MID. S klikom na gumb »Iskanje po parcelah« se odpre novo okno za iskanje. Tukaj vpišemo šifro MID. S klikom na gumb »išči« se izvede iskanje po želeni parceli. Rezultati se prikažejo v tabeli »Rezultati«. V tej tabeli lahko s klikom na iskani rezultat prikažemo njegovo vrednost na karti.
	Iskanje po parcelah	Uporabniku omogoča iskanje po parcelah. S klikom na gumb »Iskanje po parcelah« se odpre novo okno za iskanje. Tukaj vpišemo šifro katastrske občine in šifro parcele ZK. S klikom na gumb »išči« se izvede iskanje po želeni parceli. Rezultati se prikažejo v tabeli »Rezultati«. V tej tabeli lahko s klikom na iskani rezultat prikažemo njegovo vrednost na karti.
	Počisti izbiro	Počistijo se vsi izbrani objekti. To lahko naredimo samo, če smo prej poizvedovali ali iskali po podatkih. V tabeli Rezultati pritisnemo »počisti vse«.
	Vir	Izpisane se viri zajema geoloških podatkov aktivnega sloja.
	Pomoč	Odpre se okno z navodili za uporabo portala.
	Prikaz merila	Izpiše se trenutno merilo.
	Seznam podatkovnih slojev	Seznam vseh slojev, ki so na voljo. Uporabnik sam določa, kateri sloji so vidni.

Orodna vrstica

Prikaz orodij v orodni vrstici prikazuje Slika 6.59: Orodna vrstica (Toolbox)



Slika 6.59: Orodna vrstica (Toolbox)

POVEČAVA



Uporabniku omogoča povečavo in sicer bodisi s preprostim klikom na vidno območje ali z vlečenjem levega miškega kazalca v obliki okvirja, ki določa novo vidno območje.

POMANJŠAVA



Uporabniku omogoča pomanjšavo in sicer bodisi s preprostim klikom na vidno območje ali z vlečenjem levega miškega kazalca v obliki okvirja, ki določa novo vidno območje.

PREMIK



Uporabniku omogoča premikanje pogleda v katerokoli smer. Uporabnik z miškinim kazalcem klikne na trenutni pogled ter med držanjem miškega gumba premika pogled, dokler ne najde želenega območja. Premikanje konča tako, da spusti miškin gumb. Nov pogled je enakega merila.

CELOTNO OBMOČJE



Uporabniku omogoča vrnitev na začetno vidno območje.

PREJŠNJE OBMOČJE



Uporabniku omogoča vrnitev na prejšnjo povečavo / pomanjšavo.

NASLEDNJE OBMOČJE



Uporabniku omogoča prehod na naslednjo povečavo / pomanjšavo.

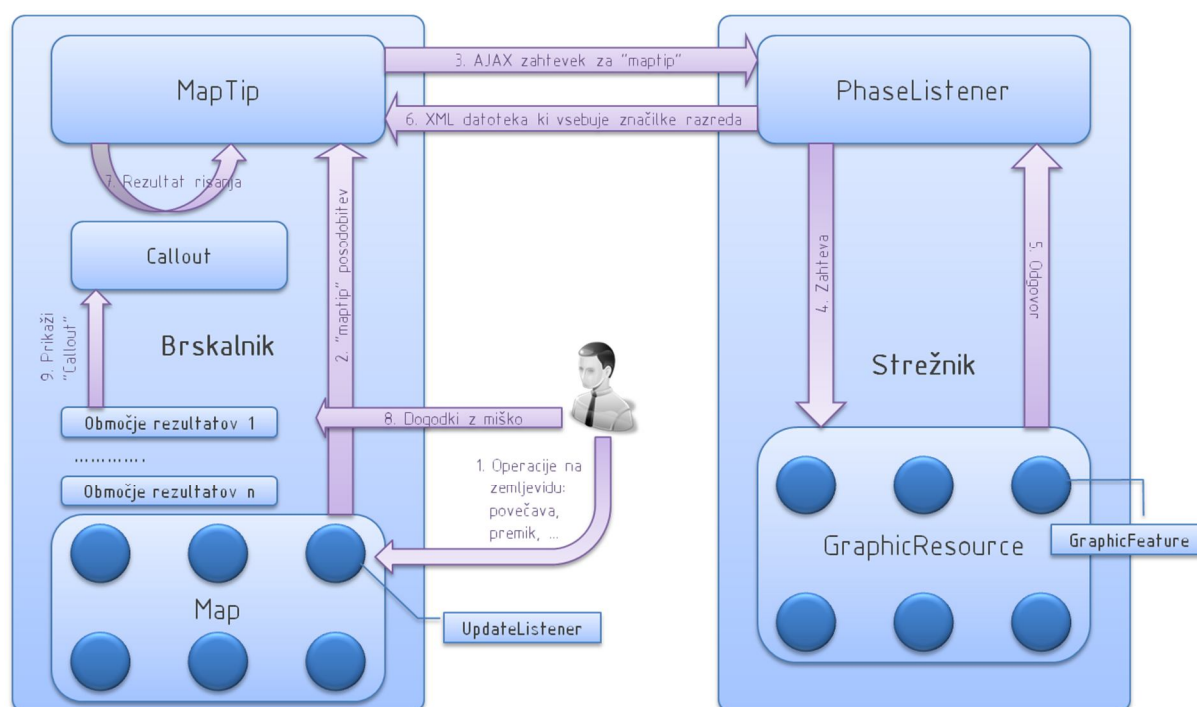
POIZVEDBA PO TOČKI ALI PO OBMOČJU

točka 

Orodje poizvedba omogoča prikaz osnovnih podatkov točke/poligona.

V ArcGIS Serverju 9.3 so rezultati poizvedb predstavljeni na dva načina: Predstavitev podatkov (prikazano v območju rezultatov) in vizualna predstavitev (prikazano na zemljevidu v oblaku (angl. Callout)). Naslednja slika 6.60: Rezultati poizvedb (2. načina)

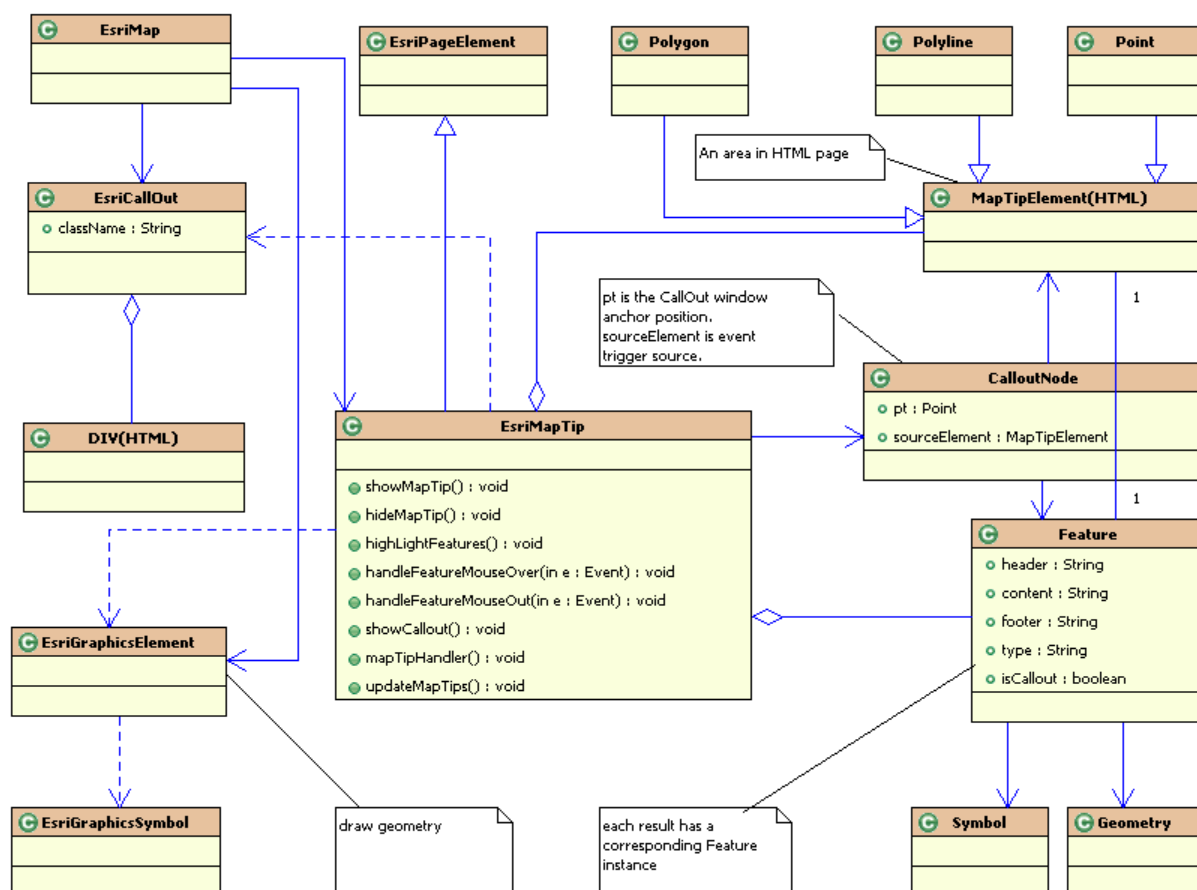
prikazuje oba načina poizvedbe.



Slika 6.61: Kako deluje poizvedba

Razlaga razredov na strani odjemalca za lažje razumevanje (Slika 6.62):

- **EsriMapTip**: To je jedro celotnega klica. Štiri najpogostejše uporabljeni razredi, ki jih uporablja so: **EsriCallOut**, **MapTipElement**, **Feature** in **CalloutNode**. Z njimi opravlja vsa možna obnašanja, kot so prikazovanje in skrivanje pojavnega okna.
- **EsriMap**: Ta razred ima instanco »**EsriMapTip**«. Vsebuje boolean atribut »**enableMapTips**« kateri se odloči ali bodo omogočena pojavna okna ali ne.
- **EsriCallout**: Ta razred predstavlja pojavno okno poizvedbe. Uporablja štiri DIV DOM elemente za gradnjo pojavnega okna poizvedbe.
- **MapTipElement**: Predstavlja rezultat območja na zemljevidu. Je SVG element v Firefox brskalniku in VML element v Internet Explorer brskalniku.
- **Feature**: Ta razred vsebuje značilke rezultatov. Ima naslednje lastnosti na strani odjemalca za opravljanje: Glavo (angl. header), vsebino (angl. content), nogo (angl. footer), geometrijo (angl. Geometry) in simbol (angl. Symbol). Podrobnosti glave, vsebine in noge so informacije ki bodo prikazane v pojavnem oknu. Podrobnosti geometrije opisujejo rezultat lokacije na zemljevidu medtem, ko simbol definira simbolične značilke (npr. barvo linije, prosojnost in označitev markerja). Te lastnosti so definirane z AJAX sporočili, ki pridejo iz strežnika.
- **CalloutNode**: Ta razred, dejansko struktura, vsebuje informacijo o podrobnosti nahajališča po katerem trenutno poizvedujemo. Torej, naenkrat je lahko samo ena instanca »**CalloutNode**«-a. Vendar pa je lahko več »**MapTipElements**« in značilk ker ima lahko vsak rezultat več le-teh. »**CalloutNode**« ima tri attribute: »**pt**« (instancio točke (angl. Point) ki predstavlja glavne točke (angl. anchor point)), »**SourceElement**« (**MapTipElement** instanco, ki predstavlja rezultat območja) in značilko (instancio značilke, ki predstavlja rezultat značilke).



Slika 6.62: Razredi na strani odjemalca

MERJENJE



S klikom na orodje »Merjenje« lahko izbiramo med 3 možnostmi:

- kliknemo na karto in izpišejo se nam koordinate trenutne lokacije,
- na karti narišemo črto in prikaže se nam njena dolžina. Z dvoklikom prekinemo delovanje tega orodja,
- na karti narišemo poligon in prikaže se nam njegova površina. Z dvoklikom prekinemo delovanje tega orodja.

PRIKAZ PREGLEDNE KARTE



Z izbiro orodja se nam prikaže pomanjšana slika celotne karte.

PRIKAZ KARTE

To je vizualno največji del spletne GIS aplikacije v katerem prikazujemo zemljevid iskanih podatkov. Preko tega dela spletne aplikacije je omogočeno interaktivno delo preko karte

območja. Ta del se spreminja z izvrševanjem ukazov v orodni vrstici (npr. premik, povečava, pomanjšava, itd.).

Dodatna orodja za iskanje po podatkih

Če se ne odločimo za vizualno iskanje to je »poizvedba po točki« ali »poizvedba po območju«, lahko poiščemo želene podatke preko različnih iskalih kriterijev (Slika 6.63):



Slika 6.63: Dodajna orodja za iskanje po podatkih

IŠČI PO GERK

Pri tej poizvedbi izberemo želeno lokacijo, nato pa kliknemo išči. V rezultatih se nam izpišejo iskani rezultati (Slika 6.64).



Slika 6.4: Išč po GERK

IŠČI PO MID

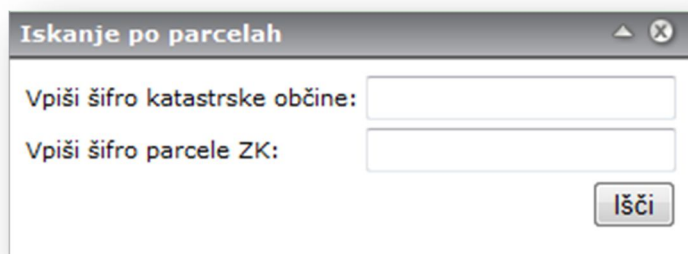
Pri splošnem iskanju vnesemo želeno besedo ali niz besed in kliknemo išči (Slika 6.65). Nato se začne iskanje po večih kriterijih (iskanje po imenu nahajališča, naslovu, datumu koncesijske pogodbe, ID nahajališča, itd.). V rezultatih se nam izpišejo iskani rezultati.



Slika 6.65: Išč po MID

ISKANJE PO PARCELAH

Pri iskanju po parcelah pa vpišemo šifro katastrske občine in / ali šifro parcele zemljiške knjige (Slika 6.66). V rezultatih se nam izpišejo iskani rezultati.



Slika 6.66: Iskanje po parcelah

Merilo

Na dnu spletne GIS aplikacije imamo merilo, ki nam med drugim pove, kolikokrat smo resnično razdaljo v naravi pomanjšali na zemljevidu.

Uporabniški profili

V sistemu nastopajo naslednji profili uporabnikov:

- administrator sistema
- registrirani uporabnik

Administrator sistema je uporabnik, ki zagotavlja delovanje sistema na nivoju strojne in systemske programske opreme. Hkrati zagotavlja osnovne dostopne pravice do posameznih sistemov.

Registrirani uporabnik ima dostop do spletne aplikacije in s tem do podatkov, ki se nahajajo na njej.

Testiranje spletne aplikacije

S testiranjem smo verificirali fazo kodiranja, na koncu pa še preverili, če celotna delujoča aplikacija ustreza osnovnim zahtevam. Spletno aplikacijo smo testirali tako, da smo jo izvajali in preverjali, če pri tem pride do napak. Napake smo nato odpravili.

Uporabili smo sledeče metode testiranja:

- Strukturna analiza:
 - Testiranje glavnih poti,
 - Testiranje zank,
- Funkcionalna analiza:
 - napačne ali manjkajoče funkcije,
 - napake vmesnika,
 - napake pri branju podatkov v podatkovnih bazah,
 - nizko zmogljivost,
 - napake pri inicializaciji in na koncu procesiranja.

Sam postopek testiranja je bil sledeč:

1. Testiranje modulov - Posamezne module smo testirali po načelu bele skrinjice. S testiranjem smo preverili vse poti skozi modul. Po potrebi smo testirali tudi zanke, vmesnike in druge elemente.
2. Testiranje integracije – Ta faza je potrebna zato, ker pri povezovanju sicer pravilnih modulov lahko pride do številnih napak zaradi neusklajenih vmesnikov in skupnih podatkovnih struktur.
3. Sistemsko testiranje – Ta faza testiranja je nastopila, ko je sistem že integriran. Aplikacija naj bi že pravilno delovala, preverili pa smo, ali res deluje tako, kot je predpisano v specifikaciji — to je validacija sistema.

7. ZAKLJUČKI IN PREDLOGI UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE STANJA

7.1 Povzetek zaključkov projekta

- Za podrobni študij problematike kmetijstva na vodovarstvenih območjih smo kot pilotno območje izbrali vodonosnik Dravskega polja. Vodonosnik Dravskega polja je medzrnskega tipa, ki je značilen za slovenske razmere. Na vodonosniku se nahaja več črpališč pitne vode z vzpostavljenimi vodovarstvenimi območji. Na vodonosniku najdemo tako območja intenzivne in razpršene poselitve kot izrazito kmetijska območja. V slovenskem Načrtu upravljanja z vodami je vodonosnik Dravskega polja opredeljen kot vodonosnik s slabim kakovostnim stanjem, za katerega obstaja tveganje, da do leta 2015 ne bo zadostil zahtevam evropske Okvirne vodne direktive.
- Na območjih vodonosnikov, ki se uporabljajo kot viri pitne vode za prebivalstvo, se kmetijska dejavnost sooča z dvema vrstama omejitev: zaščita vodnega vira ter implementacija evropske Okvirne vodne direktive ter iz nje izhajajoče Direktive o podzemni vodi.

Meritve talnih parametrov

- Za pridobitev verodostojnih podatkov o vplivu kmetijske dejavnosti na podzemno vodo so bili vzpostavljeni trije raziskovalni poligoni oziroma testne kmetijske površine, na katerih so potekale terenske meritve parametrov kmetijskega onesnaženja. Lokacije raziskovalnih poligonov: Semenarna Ptuj, Mariborsko letališče ter kmetija Rukav v Dobrovcih.
- Raziskovalni poligoni so bili opremljeni s sistemi za zajem prenikajoče vode pod kmetijsko površino ter drugimi merilnimi inštrumenti za meritve klimatskih in pedoloških parametrov.
- Na testnih poligonih so bile opravljene podrobne pedološke analize ter vgrajeni TDR sistemi za zvezno spremljanje količine vode v tleh.
- Za odvzem vzorcev ter meritve količine prenikajoče vode pod kmetijskimi površinami smo razvili posebne vzorčevalne profile oziroma »mini lizimetre«. Z zajemnimi profili smo želeli ugotoviti dejanske koncentracije onesnaževal, ki se s kmetijskih površin izpirajo v podzemno vodo.
- Izmerjene koncentracije nitratov v infiltrirani prenikajoči vodi krepko presegajo največjo dovoljeno koncentracijo 50 mg/l in so torej nadopustno visoke. Iz tega sledi, da če je infiltrirana voda tako močno obremenjena z nitrati, tudi celotni vodonosnik oziroma telo podzemne vode ne more biti v dobrem kemijskem stanju.
- Da bi ugotovili dejansko stanje obremenitev kmetijskih površin, smo v okviru projekta izvajali tudi terenske meritve parametrov onesnaženja tal na tistih kmetijskih površinah, ki so glede na stalež živali potencialno najbolj obremenjene z dušikom iz živinoreje. Rezultate smo primerjali tudi z arhivskimi podatki analiz, ki jih je na območju Dravskega polja vršil laboratorij Kmetijsko gozdarskega zavoda Maribor.
- Ugotavljamo, da je kar nekaj kmetijskih površin čezmerno obremenjenih s kalijem in fosforjem (razred D), nekateri vzorci pa segajo celo na območje ekstremno visokih vsebnosti. Ocenjujemo, da do tako visokih vrednosti kalija in fosforja v tleh prihaja zaradi pretiranega raztrosa živalske gnojevke na kmetijske površine. Očitno v nekaterih primerih

ne gre več za gnojenje kmetijskih površin, ampak predvsem zato, da se lastniki večjih živalskih obratov znebijo živalskih odpadkov.

- Na osnovi analiz tal na kmetijskih površinah, ki so potencialno najbolj obremenjene z dušikom iz živinoreje ocenjujemo, da s pomočjo podatkov o vsebnosti kalija in fosforja v tleh oziroma iz njih izračunanega indikatorja pregnojenosti lahko dokaj zanesljivo opredelimo, na katerih parcelah so bile raztrosene prekomerne količine gnojil živalskega izvora. Predlagamo, da se v bodoče predvsem na najbolj občutljivem južnem sektorju vodonosnika Dravskega polja analize kalija in fosforja v tleh v večji meri uporabljajo tudi za nadzor ravnanja z živalskimi odpadki iz kmetijske proizvodnje.

Nenasičena cone vodonosnika

- Hitrost prehoda onesnaževala (nitrata) preko nenasičene cone vodonosnika je bila ocenjena na osnovi sledilnega poizkusa v lizimetru Selniška Dobrava. Pri povprečni debelini nezasičene cone 8,1 m ter hitrosti 0,37 m/d, bi prvo onesnaženje doseglo gladino podzemne vode v 22 dneh (14 - 54 dni). Najvišja koncentracija onesnaženja pa bi pri dominantni hitrosti 0,023 m/d prispela do podzemne vode približno v enem letu.
- V predelih z večjo debelino nenasičene cone lahko pričakujemo čas prihoda najvišje koncentracije onesnaževala v približno 2,5 letih (debelina nenasičene cone 20 m). Opisani podatki veljejo za idealna sledila brez retenzije, kakršno je nitrat. Zaradi tega moramo pri večini ostalih onesnaževal računati še z daljšimi časi prehoda preko nenasičene cone vodonosnika.
- Podatki o hitrostih prehoda onesnaževal do podzemne vode nam kažejo, da se vsakokratna onesnaženja v podzemni vodi odražajo s precejšnjim zamikom. Zaradi tega moramo tudi pri izvajanju zaščitnih ukrepov računati s tem, da ukrepi ne bodo učinkovali takoj, ampak v daljšem časovnem obdobju.

Ocena stanja onesnaženja v vodonosniku

- V južnem sektorju vodonosnika so koncentracije nitratov najvišje. Takšne rezultate interpretiramo z dejstvom, da v srednjem sektorju vodonosnika prihaja do zmanjševanja koncentracij onesnaževal v podzemni vodi zaradi vpliva zatekanja vod z območja Pohorja, kjer so koncentracije onesnaževal izrazito nižje. Tako prihaja do efekta razredčenja nitratov v podzemni vodi. Južni sektor vodonosnika torej predstavlja posebej občutljivo območje vodonosnika Dravskega polja (hot spot) za onesnaženje z nitrati ter tudi ostalimi vrstami onesnaževal podzemne vode.
- Stanje onesnaženja podzemne vode z nitrati smo opredelili tudi na osnovi dolgoročnega monitoringa kemijskega stanja podzemnih vod na posameznih opazovalnih mestih, ki ga izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje. V severnem in srednjem delu polja onesnaženje z nitrati ni kritično, saj v podzemni vodi večinoma ne opazujemo prekoračitev največjih dovoljenih koncentracij nitratov. Tudi trendi koncentracij nitratov so večinoma ugodni. V južnem delu vodonosnika pa opazamo intenzivno onesnaženje z nitrati, tako da se povprečne vrednosti gibljejo kar med 70 in 80 mg/l. Tudi trendi sprememb koncentracij so večinoma neugodni ali nejasni. Iz tega sledi, da bo potrebno predvsem v južnem delu vodonosnika uvesti učinkovitejše ukrepe za izboljšanje stanja, ki bodo temeljili na občutnem zmanjšanju vnosov dušika v tla ter večji kontroli nad izvajanjem veljavnih ukrepov.
- Drugi pokazatelj kakovostnega stanja podzemne vode Dravskega polja pa je kemijsko stanje vodnih virov, ki se uporabljajo za oskrbo prebivalcev s pitno vodo. Dolgoročne

časovne serije koncentracij nitratov v plitvih vodnjakih črpališča Skorba kažejo, da v izčrpani pitni vodi južnega sektorja vodonosnika Dravskega polja pogosto prihaja do prekoračitev najvišje dovoljene koncentracije nitratov v podzemni vodi. Kar je še bolj zaskrbljujoče, pa je naraščajoči trend koncentracij nitratov, ki ga opazujemo v zadnjih letih.

- Dolgoročno spremljanje koncentracij nitratov v globokih vodnjakih črpališča Skorba kažejo na alarmantno povečevanje koncentracij nitratov tudi v spodnjem pliocenskem vodonosniku, ki bodo ob nadaljevanju takšnega trenda že v nekaj letih prebili najvišjo dovoljeno koncentracijo 50 mg/l. To pomeni, da ptujski vodovod že v obdobju nekaj let ne bo mogel več zagotavljati neoporečne pitne vode iz črpališča Skorba. Voda iz obeh vodonosnikov, ki se izkoriščata, bo imela prekoračene najvišje dovoljene koncentracije nitratov, tako da tudi mešanje vod iz obeh virov ne bo več zagotavljalo dovolj nizkih koncentracij nitratov.
- Zaradi vpliva višinskega izotopskega efekta smo zaznali bolj negativne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ v točkah, ki so v območju dotekanja vod z območja Pohorja. V primerjavi s severnim in srednjim segmentom vodonosnika ima podzemna voda južnega dela vodonosnika v povprečju bolj pozitivne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ kar kaže na manjši vpliv napajanja iz pohorskih potokov v tem delu vodonosnika.

Modeli za simulacijo stanja

- Za kvantitativno oceno sedanjega stanja vodonosnika ter predvidevanje učinkov posameznih ukrepov za izboljšanje stanja, so bili v okviru projekta poleg konceptualnega modela vodonosnika izdelani še trije podrobnejši tematski modeli: Model SWAT za modeliranje procesov v sistemu rastlina – tla, hidrokemijski bilančni model za predvidevanje kemijske sestave podzemne vode ter hidravlični model Modflow za modeliranje pretoka podzemne vode ter prenos onesnaževal v vodonosniku.

Model SWAT

- Primerjava osnovnih kolobarjev iz prakse med seboj je pokazala, da imajo tehnologije pridelovanja z večjim vnosom N v tla negativne posledice na bilanco N, ki se pokaže z večjim izpiranjem. Ista tehnologija ni primerna za vse tipe tal. Kot kaže primer tehnologije pridelovanja iz Maribora, ki je primerna za relativno globoka tla v okolici Letališča Maribor, lahko le-ta na plitvih tleh v Dobrovcih povzroči dva do trikrat večje izpiranje N. Rezultati naloge kažejo, da bi bilo za namen preprečitve negativne bilance N potrebno območja režima oblikovati glede na tip tal.
- Primerjava osnovnih kolobarjev s preurejenimi gnojilnimi normami je pokazala, da na lokacijah Ptuj in Maribor v povprečju gnojijo bolj kot so gnojilne norme za povprečen pridelek po smernicah MKO in da organska gnojila povzročijo presežek N v bilanci. Iz tega sledi, da je potrebno vložiti več dela v pripravo izobraževanj (kmetijske tehnologije, kolobarji, poznavanje tal, ekonomika bilance hranil) za pridelovalce in v večji nadzor izpolnjevanja zahtev gnojilnih načrtov v zvezi z nanosom gnojil.
- Predlagamo, da se na območju Dravsko-ptujskega polja oblikuje ena ali več reprezentativnih poskusnih ploskev (različna tla). Na njih bi lahko ugotavljali vpliv kmetijsko-okoljskih ukrepov na vodovarstvenih območjih na rast rastlin, pridelek, izpiranje dušika in pesticidov in to še pred njihovo uvedbo. Te ploskve bi lahko služila tudi za izobraževanje kmetov, saj jim na praktičen način prikažemo vplive ukrepov na pridelek.

- Zelo pomembno je tudi povečati nadzor nad izvajanjem obstoječih ukrepov, ki jih prepisujeta Uredbi za vodna telesa vodonosnikov na Dravsko-ptujskem polju (Ur.l. RS, št. 22/2013, 24/2013) in Program razvoja podeželja RS, še posebno preko navzkrižne skladnosti. Priporočamo več naporov strokovnih služb in vzpodbud zakonodajalca pri uvajanju kmetijskih kultur, ki potrebujejo manjše vnose dušika za rast (npr. soja, fižol), kot tudi pri ozaveščanju o potrebnem zmanjšanju gnojilnih obrokov po številu in količini.
- Glede na rezultate modela vrtnarska pridelava na prostem na tleh podobnih tem v Dobrovcih (plitva, peščena) najverjetneje ni optimalna raba kmetijskih zemljišč iz stališča varstva voda.
- Ekološko poljedelstvo se je iz vidika izpiranja N izkazalo za primerljivo trenutni praksi. Vsekakor je potrebno pri promociji ekološkega kmetijstva zagotoviti, da ne bo prihajalo do bilančnih presežkov N iz živinskih in ostalih organskih gnojil (kompost, zeleno gnojenje). Mineralizacija N iz organskih gnojil je namreč močno odvisna od vremenskih pogojev in je ni moč nadzirati. V prihodnosti bo potrebno v ekološkem kmetijstvu (morda tudi v konvencionalnem) v pripravo gnojilnih načrtov in kmetijske tehnologije v celoti vključiti tudi lastnosti tal (globina, tekstura, vodno-zadrževalna sposobnost tal za vodo).
- Travniška raba se je skozi vse alternativne scenarije po smernicah MKO (Mihelič in sod., 2009) izkazala z izredno ugodno bilanco N v tleh.
- Pri modeliranju trajnega travnika s povprečno tehnologijo pridelave se je izkazalo, da obdelovalci v povprečju trikrat (v določenih primerih tudi večkrat) letno nanesejo gnojevko ter dodajajo še mineralna gnojila. Tak način rabe povzroči na lokaciji Dobrovce zaradi lastnosti tal velike izgube N, ki so primerljive tistim na njivah. Tako se ukrep popolne prepovedi uporabe živinskih gnojil na območju VVO I kaže kot primeren ukrep.
- Bilanca N tehnologije pridelovanja povprečnega trajnega travnika v Dobrovcih je šestkrat večja ($74,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ letno) kot na Ptuj ($12,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ letno) ter tri in pol krat večja kot v Mariboru ($20,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ letno). Travniška raba je dobra alternativa njivski, a je potrebno s pomočjo strokovnih služb jasno predpisati količino, vrsto gnojila in obroke N glede na tip in lastnosti tal.
- Kot kažejo kolobarji prilagojeni VVO I režimu, je zmanjšanje izgub N občutno ob tem pa razvoj biomase in pridelka ni prizadet. Učinki ukrepov VVO I režima niso enako učinkoviti na vseh območjih. Učinkovitost je močno povezana z lastnostmi tal. Ukrepi VVO I režima so ustrezni, saj občutno zmanjšajo izpiranje N in nimajo večjih vplivov na pridelek, ki ostaja stabilen. Trenutno stanje predstavlja dobro razmerje med koristima za dobro kakovostno stanje pitne vode in ekonomskim stanjem kmetijskih gospodarstev.
- Ukrepi VVO II in III režima imajo na njivah minimalne učinke kar pomeni, da obdelovalci praktično kmetujejo brez resnejših omejitev oziroma so kmetovalci prilagodili tehnologije pridelovanja glede na zahteve uredb za vodna telesa na območjih Dravsko-Ptujskega polja. To ima za posledico tudi nespremenjeno bilanco N, ki ostaja enaka povprečnemu stanju izven VVO območij. Glede na to, da VVO I režim zajema le manjši del polja je učinek teh ukrepov na kakovost podtalnice minimalen. Glede na sprejete zaveze vodne direktive glede doseganja dobrega kakovostnega stanja podzemne vode na celotnem telesu podzemne vode je potrebno pristopiti k dopolnitvi sedanjih vodovarstvenih režimov.
- Rezultati modela SWAT kažejo, da je možno zmanjšati količine nanesenega in s tem tudi iz tal izpranega N ne da bi s tem bistveno vplivali na prirast biomase ali na pridelek. Ukrepi VVO II in III režima so praktično ne razlikujejo od povprečne konvencionalne pridelovalne prakse izven VVO. Ker ti dve območji zavzemata veliko večino VVO in ker

moramo glede na sprejete zaveze vodne direktive doseči dobro kakovostno stanje podzemne vode na celotnem vodonosniku, je potrebno pristopiti k dopolnitvi sedanjih VVO režimov.

- Predlagamo, da se v prihodnosti ukrepi oz. režim VVO oblikuje ne samo na smer toka podtalne vode in bližine črpališča pitne vode temveč tudi glede na tip in lastnosti tal. Da bi bilo to možno izvesti, bo potrebno pripraviti karto tal večje natančnosti vsaj 1:10.000 ali še bolje 1:5.000. Pripravljena bi morala biti na podlagi terenskega vzorčenja tal.

Hidrokemijski bilančni model

- Da bi lahko kvantitativno ocenili masni tok dušika v podzemni vodi vodonosnika Dravskega polja, smo izdelali hidrokemijski masno – bilančni model. V modelu smo upoštevali tako obremenitve podzemne vode (antropogeni dušik, kmetijski dušik iz živinoreje in poljedelstva, dušik iz depozicije padavin), kakor tudi rezultate dejanskih meritev koncentracije nitratov v podzemni vodi v sklopu različnih monitoringov kemijske sestave podzemne vode. Na ta način smo lahko dokaj realno opredelili dejansko stanje onesnaženja vodonosnika ter kvantificirali potrebno znižanje vnosov dušika, da bi dosegli dobro kemijsko stanje telesa podzemne vode.
- Učinki kmetovanja na podzemno vodo so v Sloveniji lahko izrazito različni, v odvisnosti od območja, na katerem se odvija kmetijska dejavnost. Presežek dušika 80 kg/ha se bo na vodonosniku Sorškega polja odrazil s koncentracijo nitrata 41 mg/l medtem ko bi enak presežek na vodonosniku Dravskega polja povzročil koncentracijo 94 mg/l. Iz tega sledi, da lokacija območja in hidrogeološke razmere lahko ključno vplivajo na ekološke učinke kmetovanja, kar bi bilo potrebno upoštevati tudi pri načrtovanju kmetijskih okoljskih programov. Kmetije na zelo občutljivih območjih morajo izvajati bistveno strožje omejitve zaradi okoljskih vplivov, kar se nujno odraža tudi v ekonomiki kmetovanja.
- Ker so hidrološki ter hidrogeološki pogoji na območju vodonosnika Dravskega polja dokaj različni, smo območje vodonosnika razdelili v tri sektorje, katerih meje potekajo po tokovnicah podzemne vode: severni sektor, ki pretežno zajema območje mesta Maribor ter srednji in južni sektor vodonosnika. Hidrokemijski bilančni model je bil izdelan tako za celotni vodonosnik Dravskega polja, kakor tudi bolj detaljno posebej za srednji ter južni sektor.
- Na območju celotnega vodonosnika Dravskega polja imamo 64 % potencialnih virov dušika kmetijskega izvora, bodisi iz živinoreje ali poljedelstva, preostali dušik lahko pripišemo komunalnim odplakam, depoziciji padavin ali drugim naravnim virom. Na južnem sektorju vodonosnika Dravskega polja je delež potencialnega kmetijskega dušika še višji in znaša preko 82 %.
- Ker imamo na razpolago dokaj dobre podatke o potencialnih virih dušika na območju vodonosnika Dravskega polja ter podatke o dejanskih vnosih dušika, ki smo jih opredelili iz rezultatov meritev koncentracij nitratov v podzemni vodi, smo lahko ocenili skupne izgube dušika na poti od povzročiteljev do podzemne vode. Skupne izgube dušika znašajo od 27 do 41 % vseh potencialnih virov dušika, ki se nahajajo na vodonosniku Dravskega polja.
- Severni in srednji sektor vodonosnika Dravskega polja imata na letnem nivoju približno še enkrat večjo stopnjo obnavljanja količine podzemne vode, kot pa južni sektor vodonosnika. Večja stopnja obnavljanja gre predvsem na račun dotokov s Pohorja, ki v vodonosnik prihajajo z njegove zahodne strani. Zaradi tega prihaja v severnem in

srednjem segmentu vodonosnika do učinka razredčenja onesnaževal podzemne vode in s tem do nižjih koncentracij nitratov, kar pa ni primer na južnem segmentu vodonosnika.

- Z reverznim hidrokemijskim modelom smo izračunali, da letno v vodonosnik Dravskega polja dospe približno 1627 t novega dušika, kar pomeni, da znaša realizirani presežek dušika 60 kg/ha. Ocenjujemo, da je v sklopu novega dušika v vodonosniku 1039 ton dušika, ki izhaja iz kmetijske dejavnosti, bodisi iz živinorejskih obratov ali aplikacije mineralnih gnojil na kmetijskih površinah. Na tej osnovi bi bil presežek dušika samo na kmetijskih površinah vodonosnika Dravskega polja okoli 69 kg/ha. Skupna količina dušika v celotnem vodonosniku pa znaša 5579 ton.
- Če želimo na vodonosniku Dravskega polja vzpostaviti dobro kemijsko stanje, je dobro kemijsko stanje potrebno doseči v prvi vrsti v južnem sektorju vodonosnika. Tu ima podzemna voda koncentracijo nitratov v povprečju preko 70 mg/l, kar je občutno nad najvišjo dovoljeno mejo 50 mg/l.
- Za doseg dobrega kemijskega stanja v južnem sektorju vodonosnika Dravskega polja, bi se moral znižati sedanjí dejanski vnos dušika kmetijskega izvora z 821 ton na 532 tone oziroma za 289 ton. To pomeni, da bi se sedanjí ocenjeni presežek dušika na kmetijskih površinah južnega segmenta Dravskega polja znižal z 94 kg/ha na približno 61 kg/ha. V primeru uveljavitve scenarija dobrega stanja bi se opazno znižala tudi celotna količina dušika v južnem segmentu vodonosnika Dravskega polja, in sicer s sedanjih 5212 ton na 3458 ton.

Hidravlični model Modflow

- V okviru projekta CRP Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih je bil dopolnjen hidravlični model vodonosnika Dravskega polja v programskem orodju Modflow z novimi geološkimi ter hidrogeološkimi podatki.
- Z modulom MT3DMS modela Modflow za simulacijo transporta snovi v vodonosniku so bili obdelani različni scenariji vnosov dušika v vodonosnik: scenariji kmetijske rabe tal, ki so bili modelirani z modelom SWAT in scenariji, ki izhajajo iz hidrokemijskega bilančnega modela vodonosnika Dravskega polja.
- Rezultati modeliranja transporta nitratov v vodonosniku se dobro ujemajo z dejansko izmerjenimi vrednostmi. Na osnovi dobljenih rezultatov ocenjujemo, da je hidravlični model Modflow učinkovito orodje za simulacijo tako sedanjega stanja kot napovedovanje učinkov različnih ukrepov za izboljšanje stanja v vodonosniku.

Spletna aplikacija

- Za lažje ter strokovno bolj utemeljeno delo ter odločitve na območju vodonosnika Dravskega polja je izdelana posebna spletna aplikacija za pregled prostorskih podatkov. Aplikacija je namenjena odločevalcem ter strokovnim službam, ki sodelujejo pri upravljanju: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija RS za okolje, kmetijska svetovalna služba, inšpekcijske službe ipd.
- Aplikacija deluje preko spleta ter ne potrebuje nobenih posebnih programskih orodij.
- Aplikacijo je možno poljubno nadgrajevati ter jo uporabiti tudi na drugih vodonosnikih, še posebej na posebej ranljivih ter tistih, ki ne dosegajo zahtev Evropske Okvirne vodne direktive ter Direktive o podzemni vodi.

7.2. Predlogi ukrepov za izboljšanje stanja podzemne vode

a) Predlogi sistemskih ukrepov

Ukrep: Opredelitev posebno ranljivih območij vodonosnikov v Sloveniji

Ena od pomembnih ugotovitev projekta Možnosti kmetovanja na vodovarstvenih območjih je, da dodatnih ukrepov za izboljšanje stanja podzemne vode ni potrebno izvajati na celotnem vodnem telesu oziroma vodonosniku, ampak da dobro stanje vodonosnika lahko dosežemo že s tem, da saniramo najbolj problematično območje vodonosnika oziroma »hot spot«. Na tak način lahko dosežemo bistveno boljšo učinkovitost vloženega dela in finančnih sredstev.

Ker je situacija podobna tudi na območjih drugih teles podzemne vode oziroma vodonosnikov predlagamo, da se za območje celotne Slovenije pripravi inventarizacija posebno ranljivih območij vodonosnikov, ter v tem sklopu pripravi tudi predlog prioritete njihovega reševanja. Na ta območja bo v prihodnosti nujno usmeriti tudi dodatna sredstva v okviru Kmetijskega okoljskega programa ter Načrta upravljanja z vodami.

Ukrep: Dodatna pomoč kmetom na posebej ranljivih območjih vodonosnikov v Sloveniji za izvajanje dodatnih ukrepov za zaščito podzemne vode oziroma vodnih virov

Od kmetov, ki izvajajo dejavnost na posebej ranljivih območjih vodonosnikov se pričakujejo večji vložki dela ter finančnih sredstev, povezanih z zaščito vodnih virov, ki izhajajo iz neugodnih naravnih danosti, predvsem klimatskih ter hidrogeoloških pogojev. Zaradi tega je nujno, da se takšne kmete s sistemom dodatnih pomoči čim bolj izenači z ostalimi kmeti, ki ne kmetujejo na tako občutljivih območjih. Izkušnje z vodonosnika Dravskega polja kažejo, da so lahko posebej ranljiva tudi območja vodonosnika, ki so opredeljena kot širša vodovarstvena območja (VVO-3).

Ukrep: Ukinitev sistema oddaje odvečnih živalskih gnojil drugim kmetijskim gospodarstvom s pogodbami na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja (v bodoče pa tudi na ostalih posebej ranljivih območjih ostalih slovenskih vodonosnikov)

Ugotavljamo, da s prerazporeditvijo vnosa živalskih gnojil ne dosežemo učinkov, ki bi v zadostni meri zmanjšali izpiranje dušika v vodonosnik. Zaradi tega so potrebni bolj radikalni ukrepi, pri katerih količino dušika v gnojilih dejansko zmanjšamo oziroma odvečni dušik odpeljemo z napajalnega območja vodonosnika.

Ukrep: Izvedba raziskovalno – demonstracijskih projektov:

- Oprema cistern z GPS sledilci
- Kompostiranje živalskih odpadkov pri večjih rejcih
- Manjše bioplinarne s kompostiranjem trdne frakcije (nivo farme ali vasi)
- Možnost odvoza viškov živalske gnojevke in gnojnice
- Terensko spremljanje dejanskih presežkov dušika pod kmetijskimi površinami z vzorčevalnimi žlebovi oziroma mini lizimetri na posebej ranljivih območjih vodonosnikov (Dravsko polje - nadaljevanje opazovanj, vzpostavitev na ostalih območjih)

b) Poostrena kontrola vnosov dušika**Ukrep: Uporaba GIS aplikacije za podporo odločitvam gospodarjenja z vodonosnikom pri delu inšpekcijskih služb ter kmetijsko svetovalne službe**

Pričakujemo, da bo na osnovi bolj zanesljivih ter ustrezno prikazanih podatkov o dejanskem stanju vodonosnika, ki jih nudi spletna aplikacija, v bodoče lažje poiskati ter sprejemati relevantne odločitve, povezane z gospodarjenjem na območju vodonosnika. Poleg kmetijske svetovalne službe so zanesljivi prostorski podatki nujni tudi za izvajanje nadzora, ki ga vrše različne pristojne inšpekcijske službe.

Ukrep: Kontrolne analize K, P in N-min, za ugotavljanje pregnojenosti kmetijskih površin prioriteto na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja

Z izvajanjem testnih analiz tal v okviru projekta je bilo ugotovljeno, da je možno z analizo vsebnosti kalija ter fosforja v tleh zelo dobro opredeliti stanje pregnojenosti zemljišča, ki na vodonosniku Dravskega polja v večini primerov izhaja iz pretirane aplikacije gnojil živalskega izvora. Pri analizah dušika v tleh pa je potrebno vzeti v obzir večjo letno variabilnost zaradi odvzemov ter izpiranja.

Ukrep: Namestitve GPS sledilnih naprav na cisterne za razvoz gnojnice in gnojevke na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja

Ukrep lahko štejemo med tehnične ukrepe. Vsaka od cistern za razvoz gnojevke oz. gnojnice na posebej ranljivem območju vodonosnika je opremljena z GPS napravo, ki sledi premikanje cisterne. Na ta način je možno za vsako cisterno slediti, kdaj in kam je bil opravljen prevoz. Tako se lahko evidentira prevoz ob nepravem času, ko aplikacija gnojevke ni dovoljena, prevoz na nedovoljeno lokacijo ali več prevozov, kot jih je zaradi dovoljene količine gnojevke smiselno.

Ob vsakem prevozu cisterne mora biti GPS naprava vključena. Nameščena mora biti tako, da je ni mogoče vključiti iz kabine traktorja. Prevozi cistern brez GPS naprave, ali z ugasnjeno GPS napravo na kmetijskih površinah na posebej ranljivih območjih niso dovoljeni.

Ukrep je zaradi enostavnosti in lahkega nadzora lahko zelo učinkovit. Podoben ukrep trenutno izvajajo na Danskem, kjer imajo (so imeli) izjemno velike probleme z gnojevko. Ukrep je bil z njihove strani ocenjen kot uspešen.

c) Zmanjšanje vnosov dušika na južnem delu Dravskega polja

Obvezni ukrepi za ravnanje z živalskimi izločki na farmah z več kot 40 glav govedi, 200 prašiči ali 5000 kokoši:

Ukrep: Ločevanje trdne in tekoče frakcije gnojevke, kompostiranje trdne frakcije, odvoz tekoče frakcije, izpust v kanalizacijo ali omejena raba tekoče frakcije na lastnih proizvodnih površinah (brez pogodb o oddaji)

Kompostiranje gnojevke oz. hlevskega gnoja je običajen postopek ravnanja z organskim gnojilom, pri katerem prihaja do naravnega biološkega preperevanja, v katerem se živalska gnojila spremenijo v bolj stabilno obliko organske snovi (humus). Kompostiranje ima veliko prednosti, med katerimi so najpomembnejše: lažje rokovanje z organski gnojilom, manjša nevarnost za onesnaževanje okolja in podzemne vode, manj neugodnih vonjav, uničenje večine patogenih mikroorganizmov ter semen plevelnih vrst, produkt kompostiranega gnojila ima odlične fizikalno kemijske lastnosti, ki izboljšajo strukturo in teksturo tal ter zmanjšajo možnost razvoja bolezni.

Pri kompostiranju pride najprej do ločevanja trdne in tekoče komponente živalskega gnojila, s tem zmanjšamo količino in maso trdne komponente – kar pomeni, da lahko za iste stroške gnojilo pripeljemo na daljše razdalje. Ker je količina trdnega dela manjša, jo lažje skladiščimo z manjšimi stranskimi učinki kot so izpusti smrdljivih plinov v ozračje.

Kompost, ki nastane kot produkt kompostiranja gnojevke lahko trosimo v bolj ugodnem delu leta. Posebej koristno je to za tiste pridelovalce, ki opuščajo ali zmanjšujejo osnovno obdelavo tal. Kompostiranje omogoča večjo fleksibilnost pri odvažanju gnoja in praznjenju hlevov, kar pozitivno deluje tudi na živino, ki ne doživlja nepotrebnih stresov zaradi izpraznitve hleva pri čiščenju in odstranjevanju gnoja. Kompost se lažje aplicira na njive, saj ima manjše grude kot gnoj in njegova razporeditev na njive je lažja in bolj enakomerna. Za aplikacijo komposta uporabljamo kar trosilce gnoja, ki so delno prirejeni za trošenje komposta. Pomanjkljivosti kompostiranja gnojevke vključujejo stroške kompostiranja, časovne in organizacijske omejitve (obveznosti), možnost izpusta plinov, ki onesnažujejo ozračje, kompostiranje zahteva prostor za kompostiranje, dodatno rokovanje s kompostom, daje možnost izgub dušika in počasnejšega sproščanja hranil.

Stroški, ki nastanejo pri kompostiranju, so odvisni od opreme, ki je na obratu, od količine gnoja, ki ga kompostiramo, od prostora, kjer uredimo kompostnik. Če gre za kompostiranje manjše količine gnoja, so stroški močno zreducirani. Prostor za kompostiranje mora biti dovolj velik, saj potrebuje prostor za shranjevanje gnoja in stelje, za postavitve kompostnega kupa in za shranjevanje končnega produkta - komposta. Kompostirani gnoj vsebuje 50% do 90% dušika ki se nahaja v svežem gnoju. Pri pravilnem rokovanju s kompostnim materialom so izgube dušika minimalne. Hranila so v kompostu večinoma v organski obliki, kar pomeni, da postanejo rastlini dostopna šele po mineralizaciji.

Ukrep: Oddaja gnojevke in gnojnice v lastno ali pogodbeno bioplinarno, ki ima urejeno kompostiranje trdne frakcije digestata ali pripravo suhih organskih gnojil iz digestata

Kompostiramo lahko tudi digestat iz bioplinarn. Postopki obratovanja bioplinarn in procesa fermentacije in kompostiranja blata so nadzorovani in predpisani, zato uvrščamo uporabo blata in komposta v skupino mikrobiološko najmanj tveganih organskih gnojil. Strokovna literatura navaja, da je sestava anorganskih in organskih komponent v blatu odvisna od vnosa organske snovi za pridelavo bioplina.

Tveganje predstavljajo predvsem klavnični odpadki in ostali odpadki iz gospodinjstev, ki morajo viti v primeru kompostiranja in uporabe digestata za gnojenje v kmetijstvu še posebej preverjeni. V primeru rabe prašičje gnojevke in koruzne silaže sta oba produkta sestavni del naravnega tokokroga hranil in bi se v takšni ali drugačni obliki uporabila za gnojenje in vračala v okolje, predvsem pa na njivske površine. Tako silažna koruza kot tudi prašičja gnojevka pomembno vplivata na proizvodnjo bioplina. Le ta je odvisna od kakovosti krme, za okolje pa bi bili lahko sporni določeni kemični produkti, ki bi se sicer nahajali že v gnojevki, tudi brez proizvodnje bioplina.

Raba blata iz bioplinarn ima v strokovni javnosti širšo podporo, še posebej če vhodne komponente s kemičnega in biološkega vidika niso sporne. Glede na Uredbo o vnosu nevarnih snovi v tla (ULRS, 48/2005) je uporaba blata iz bioplinarn v splošni kmetijski praksi za gnojenje dovoljena, če ne presegajo mejnih vrednosti nevarnih snovi. Kmetijsko okoljski ukrepi uporabe blat iz bioplinarn ali ne omenjajo (integrirana pridelava, omenja pa blato iz čistilnih naprav) ali pa jih dovoljujejo le pod določenimi pogoji (ekološka pridelava). V primeru, da vhodne komponente ne vsebujejo okolju nevarnih snovi, kot je to pri koruzni silaži in naj bi bilo tudi pri prašičji gnojevki, raba primernih količin blata za gnojenje rastlin zaradi vhodnih surovin ne more biti sporna.

Ukrep: Finančna pomoč za gradnjo in delovanje manjših bioplinarn s kompostiranjem digestata na nivoju posameznih kmetij ali naselij.

Manjše bioplinarne s kompostiranjem digestata na nivoju posameznih kmetij ali naselij bi imele lahko zelo pomembno vlogo v sistemu zmanjševanja količin dušika, ki se lahko izpere v podzemno vodo. S tem v zvezi je na pilotnih objektih potrebno opredeliti strokovno učinkovitost takšnih obratov glede na slabšo energetske vrednost vhodne surovine (živalske gnojevke oziroma gnojnice) ter dodatno delo v zvezi s kompostiranjem

Ukrep: Finančna pomoč za odvoz viškov gnojil na posebej ranljivem območju vodonosnika južnega dela Dravskega polja v bioplinarne s kompostiranjem oziroma na čistilne naprave

V kolikor se kmetije na posebej ranljivem območju vodonosnika odločijo za odvoz viškov gnojil izven vplivnega območja na vodne vire, je smiselno, da se jih pri tem podpre z ustreznimi finančnimi mehanizmi. S tem lahko dosežemo pomembno zmanjšanje obremenitve telesa podzemne vode z onesnaževali.