

Rezultati znanstvenih istraživanja kao podloga za procjenu utjecaja poljoprivrede na onečišćenje vode dušikom

Milan Mesić¹, Ferdo Bašić¹, Ivica Kisić¹, Anđelko Butorac¹, Željka Zgorelec¹, Ivan Gašpar², Ivana Vuković¹, Krunoslav Sajko¹

Pregledni rad

¹Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
(e-mail: mmesic@agr.hr)

²Petrokemija d.d. Kutina, Aleja Vukovar 4, 44320 Kutina, Hrvatska

Sažetak

U radu je prikazana analiza primjene dušika u Hrvatskoj za potrebe poljoprivrede, utjecaj gnojidbe dušikom na agronomsku učinkovitost gnojidbe za kukuruz, te utjecaj gnojidbe na ispiranje dušika s vodom iz drenskih cijevi. Navedena su ograničenja u raspoloživim podacima potrebnim za procjenu utjecaja poljoprivrede na onečišćenje voda dušikom, te primjer korištenja rezultata znanstvenih istraživanja za procjenu onečišćenja voda dušikom. Prema zakonskoj regulativi važećoj u EU potrebno je provoditi trajni monitoring kakvoće podzemne vode (Nitrate directive - 91/676/EEC), posebice za dušik korišten u poljoprivredi. U skladu s ovim propisom je izrada «Codes of good agricultural practices», te određivanje «nitrate vulnerable zones», gdje se primjenjuju posebna pravila. U Hrvatskoj još ne postoje jasno definirana i javno obznanjena pravila - «Codes of good agricultural practices», niti su definirana područja posebno osjetljiva na onečišćenje nitratima. U radu je prikazan prijedlog mjera i aktivnosti za unaprjeđenje sadašnjeg stanja, a postavljeno je i pitanje pristupa u definiranju ugroženih i osjetljivih područja u odnosu na onečišćenja voda od poljoprivredne djelatnosti.

Ključne riječi: dušik, onečišćenje vode, procjena

Uvod

Visoke koncentracije NO_3^- u površinskim i podzemnim vodama iznad dopuštenih granica za vodu za piće obično se povezuju s poljoprivredom kao izvorom tzv. «raspršenog dušika». Važno pitanje, koje treba posebno naglasiti je da u Hrvatskoj, osim poljoprivrede postoje i brojni drugi izvori dušika koji bi mogli biti primarni u nekim dijelovima Hrvatske, u kojima se postavlja pitanje onečišćenosti vode nitratima. Pitanje otpadnih voda iz domaćinstava u mjestima gdje nije izgrađen kvalitetan sustav odvodne kanalizacijskih i otpadnih voda, zatim pitanje industrijskih otpadnih voda i sadržaja dušika u njima te način njihovog zbrinjavanja ovdje bi svakako trebalo promatrati izdvojeno od stvarnog utjecaja poljoprivrede. Pošto je to vrlo teško definirati, najlakši način za rješavanje krivice je optužiti poljoprivredu kao djelatnost koja, istina, koristi velike količine biljnih hranjiva, ali nikako ne s ciljem onečišćenja okoliša, već isključivo zbog potrebe ostvarivanja određene razine proizvodnje. Isto tako, neophodno je naglasiti da se protagonisti zaštite voda od onečišćenja iz poljoprivrede, koji se sasvim sigurno vode plemenitim pobudama, često pretvaraju u neprijatelje konvencionalne poljoprivrede koja koristi mineralna gnojiva, ponekad i bez obzira na količinu gnojiva koja se primjenjuje, te uvida u iznošenje hranjiva, što apsolutno nije dobar način rješavanja problema.

Raspored i intenzitet oborina, fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, te faza razvitka usjeva i evapotranspiracija presudno utječu na ispiranje dušika iz tla. Ispiranje nitratnog dušika iz tla ovisi o količini NO_3^- u tlu i količini vode koja se procjeđuje kroz masu tla (Addiscott i sur., 1991, Meissner i sur., 1999, Pratt, 1984). Svi biljni uzgojni zahvati, uključujući i gnojidbu, moraju osigurati dovoljne količine dušika za različite usjeve, pri čemu se postavlja uvjet da se smanji mogućnost za gubitke dušika ispiranjem. Intenzitet gnojidbe dušikom presudno utječe na sadržaj nitratnog dušika u vodi (Köhler i sur., 2006, Mesić i sur., 2003).

Ne mora biti važno, ali činjenica je da brojni postupci i praksa u zaštiti vodotoka koja se i u Hrvatskoj provodi putem različitih projekata, snažno naglašavaju negativan učinak poljoprivrede na površinske i podzemne vode i vodotoke, preslikan na temelju iskustva zemalja daleko razvijenije poljoprivrede nego što je to u slučaju Hrvatske. Istovremeno, u Hrvatsku se uvoze velike količine poljoprivrednih proizvoda koji su proizvedeni drugdje, što je također doprinos u bilanci dušika o čemu se nigdje ne govori. U svakom slučaju, ovo je tema koja izlazi izvan okvira proračuna hranjiva na uobičajeni način, premda bi se i o njoj trebalo raspravljati uvijek kada se govori o gospodarenju hranjivima u poljoprivredi.

Gospodarenje tokovima i bilancama biljnih hranjiva za potrebe poljoprivrede uistinu je povezano sa programima razvoja društva u određenom području, te ovisi o širokom rasponu ekonomskih, političkih, pa i tehnoloških čimbenika koji su presudni za razvitak poljoprivrede. Uz ostale relevantne propise EU-a koje se odnose na zaštićena područja, cilj „Nitrate directive - 91/676/EEC“ je postizanje „dobrog stanja“ površinskih voda i podzemnih voda u zaštićenim područjima. Osnovno načelo „Nitrate directive“ je potreba za reguliranjem unosa nitrata i definiranje područja izuzetno osjetljivih na unos nitrata u vode. Posebne odredbe odnose se na područja pod neposrednim utjecajem intenzivne poljoprivredne proizvodnje, gdje se predviđaju restrikcije u upotrebi gnojiva, te uvođenje kodeksa „dobre poljoprivredne prakse“. Opasnost od onečišćenja može se procijeniti i korištenjem «indikatora pritiska». Sve zemlje članice EU imaju obvezu prikupljati podatke prema jedinstvenoj metodologiji (EUROSTAT). Prikupljeni podaci koriste se za prikaz prema shemi DPSIR (Driving force, Pressure, State, Impact, Response ili Pokretač, Pritisak, Stanje, Utjecaj, Odgovor), pa je zato od presudne važnosti raspolagati sa što je moguće preciznijim podacima o primijenjenim količinama organskih i mineralnih gnojiva na razini poljoprivrednog gospodarstva, županije, slivnih područja, te cijele Hrvatske. Ovi podaci, osim što se koriste za definiranje pritiska poljoprivrede na prirodne resurse, neophodni su i za izradu izvješća o stanju okoliša, zatim za procjenu poljoprivrede kao izvora plinova staklenika, za kreiranje ciljeva poljoprivredne politike i dr.

Gnojidba dušikom u Hrvatskoj

U Svijetu je za gnojidbu u 2000. godini potrošeno oko 87,5 milijuna tona mineralnog dušika, od čega su Zapadna Europa, Indija i SAD potrošile oko 35 milijuna, a Kina sama oko 25 milijuna tona. Najznačajniji porast potrošnje dušika očekuje se u Aziji. Ukupna potrošnja mineralnih gnojiva u EU 15 porasla je s manje od 2 milijuna tona dušika 1950. godine na preko 11 milijuna tona sredinom 80.-tih. Danas se potrošnja mineralnog dušika zadržava na razini 9-10 milijuna tona godišnje (Report from the Commission, 2002). Zajedno s dušikom iz organskih gnojiva koji je procijenjen na oko 8 milijuna tona, radi se o količini od oko 18 milijuna tona dušika. Danas se, upravo zbog navedenog pritiska provode programi navedeni u aneksu II i III direktive koji se odnose na programe dobre poljoprivredne prakse, te na akcijske programe. Kako je prikazano u tablici 1, potrošnja dušika u Hrvatskoj pri usporedbi s potrošnjom u zemljama EU 15 iznosi oko 1%.

Tablica 1. „Pritisak“ dušika na poljoprivredna tla u Svijetu, EU 15 i u Hrvatskoj

	Biološko vezanje dušika	Atmosferska depozicija	Organska gnojiva	Mineralna gnojiva	Ukupno
Milijuna tona dušika					
SVIJET, 1996.*	7,7	21,6	25,0	78,2	132,5
EU 15, 1997.**	0,4	1,9	7,8	9,6	19,7
Hrvatska 2000.	-	-	0,06	0,11	(0,17)

Izvori: *Sheldrick et al., 2002., **Report from the Commission COM 407, 2002.

Količine dušika primijenjene u poljoprivredi Hrvatske mogu se prema izvoru podijeliti na mineralni, te na dušik iz organskih gnojiva. Prema statističkim podacima koje objavljuje FAO potrošnja dušika iz mineralnih gnojiva u Hrvatskoj u razdoblju od 1992-2001. godine kretala se u rasponu od 30 do 56 kg N ha⁻¹ poljoprivredne površine, ili od 60 do 105 kg N ha⁻¹ obradive površine (tab. 2).

Tablica 2. Potrošnja mineralnog dušika u Hrvatskoj prema FAO, 1992-2001.

	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
Potrošnja mineralnih dušičnih gnojiva 1000 t	134	91	95	93	102	152	95	99	116	120
Poljoprivredna površina (1000 ha)	2404	2272	2312	2332	2980	2992	3151	3151	3156	3149
Obradiva površina i trajni nasadi (1000 ha)	1325	1179	1221	1233	1430	1442	1587	1590	1586	1586
kg N/ha poljoprivredne površine	56	40	41	40	34	51	30	32	37	38
kg N/ha obradive površine i trajnih nasada	101	77	78	75	71	105	60	63	73	76

Problem koji se javlja u prikazu potrošnje mineralnih gnojiva u Hrvatskoj uvjetovan je s činjenicom da su podaci o potrošnji mineralnih gnojiva prikazani u Statističkom ljetopisu prikazani na način koji ne pruža mogućnosti za detaljan uvid u prostorni raspored potrošnje gnojiva, a ni količina potrošenih gnojiva nije prikazana na zadovoljavajući način. Osim toga, nema informacija o količinama pojedinačnih i kompleksnih mineralnih gnojiva, dok je potrošnja djelatne tvari prikazana na nezadovoljavajući način. Količine dušika primijenjene u poljoprivredi Hrvatske mogu se prema izvoru podijeliti na mineralni, te na dušik iz organskih gnojiva. Na temelju podataka o potrošnji gnojiva iz Statističkog ljetopisa, na temelju podataka o prodaji mineralnih gnojiva u Hrvatskoj (Petrokemija d.d.), te na temelju vlastitih proračuna izračunata je potrošnja mineralnih gnojiva, a prikazani su i podaci o proizvodnji organskih gnojiva prema pojedinim županijama (Posavi, 2002). U tablici 3 su prikazane količine dušika prema županijama utrošene u 2000. godini.

U prosjeku je u 2000. godini u Hrvatskoj s mineralnom gnojidbom primijenjeno 35 kg N ha^{-1} poljoprivredne površine, a 55 kg N ha^{-1} obradive površine. Ako se na ove količine pribroje i količine dušika iz organskih gnojiva, tada se prosječni intenzitet gnojidbe mijenja, iznosi ukupno 54 kg N ha^{-1} poljoprivredne površine, te 86 kg N ha^{-1} obradive površine. Ovakva gnojidba dušikom nije dostatna za osiguranje visokih i stabilnih prinosa većine ratarskih kultura koje se uzgajaju u Hrvatskoj.

Tablica 3. Dušik iz mineralnih i organskih gnojiva, 2000. god.

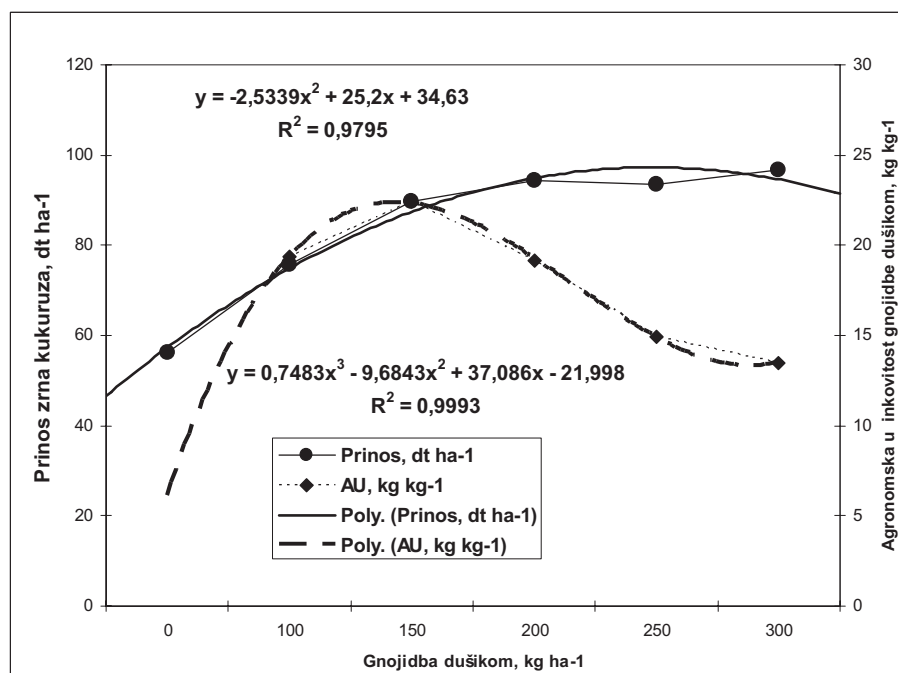
Županija	Mineralna gnojiva			Organska gnojiva			Ukupni dušik		
	Potrošnja dušika, t	kg N/ha Polj. površine	kg N/ha Obradive površine	Potrošnja dušika, t	kg N/ha Polj. površine	kg N/ha Obradive površine	Potrošnja dušika, t	kg N/ha Polj. površine	kg N/ha Obradive površine
Zagrebačka i grad Zagreb	9.658	48	53	7.560	37	42	17.218	85	95
Krapinsko-zagorska	2.941	42	48	3.297	47	53	6.238	88	101
Sisačko moslavačka	4.690	21	25	3.467	15	19	8.157	36	44
Karlovačka	1.318	6	13	2.348	11	23	3.666	18	35
Varaždinska	4.646	66	71	3.880	55	59	8.526	121	129
Koprivničko-križevačka	6.966	67	68	6.106	59	60	13.072	126	128
Bjelovarsko-bilogorska	7.560	51	53	6.594	45	46	14.154	96	99
Primorsko-goranska	132	1	3	1.560	11	33	1.692	12	36
Ličko-senjska	365	1	3	1.916	7	17	2.281	9	20
Virovitičko-podravska	9.183	76	80	2.046	17	18	11.229	93	98
Požeško-slavonska	9.553	106	124	2.062	23	27	11.615	129	151
Brodsko-posavska	7.695	66	74	2.613	22	25	10.308	88	99
Zadarska	1.306	6	30	1.836	8	43	3.142	14	73
Osječko-baranjska	18.402	71	76	3.833	15	16	22.235	86	91
Šibensko-kninska	2.368	13	57	1.090	6	26	3.458	19	83
Vukovarsko-srijemska	16.347	108	111	2.639	18	18	18.986	126	129
Splitsko-dalmatinska	1.807	7	31	2.767	10	47	4.574	17	78
Istarska	1.645	10	18	1.835	11	21	3.480	21	39
Dubrovačko-neretvanska	498	6	22	290	4	13	788	10	35
Međimurska	3.391	64	66	2.326	44	45	5.717	108	112
UKUPNO	110.471	35	55	60.064	19	30	170.535	54	86

Učinkovitost gnojidbe dušikom

S povećanjem gubitaka dušika smanjuje se učinkovitost gnojidbe. Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos kukuruza ostvaren u egzaktnom gnojidbenom pokusu s 10 varijanti gnojidbe u 4 ponavljanja (pokusno polje u Popovači) prikazan je na grafu 1. Prema prosječnim rezultatima iz dvije godine s kukuruzom kao test kulturom, prinos zrna kukuruza povećavao se s gnojidbom dušikom do 200 kg ha⁻¹, nakon čega povećanje količine ovog hranjiva nije utjecalo na povećanje prinosa. Jednadžba koja opisuje utjecaj gnojidbe dušikom na prinos za kukuruza u dvogodišnjem prosjeku glasi:

$$Y = -2,5339x^2 + 25,2x + 34,63$$

(x = 1, 2, 3, 4, 5 i 6 za 0, 100, 150, 200, 250 i 300 kg dušika primijenjenog u gnojidbi).



Graf 1. Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na prinos zrna kukuruza i na agronomsku učinkovitost gnojidbe

Istovremeno, agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom povećavala se do 150 kg dušika, a zatim se smanjivala, što se može opisati jednadžbom:

$$Y = 0,7483x^3 - 9,6843x^2 + 37,086x - 21,998 ,$$

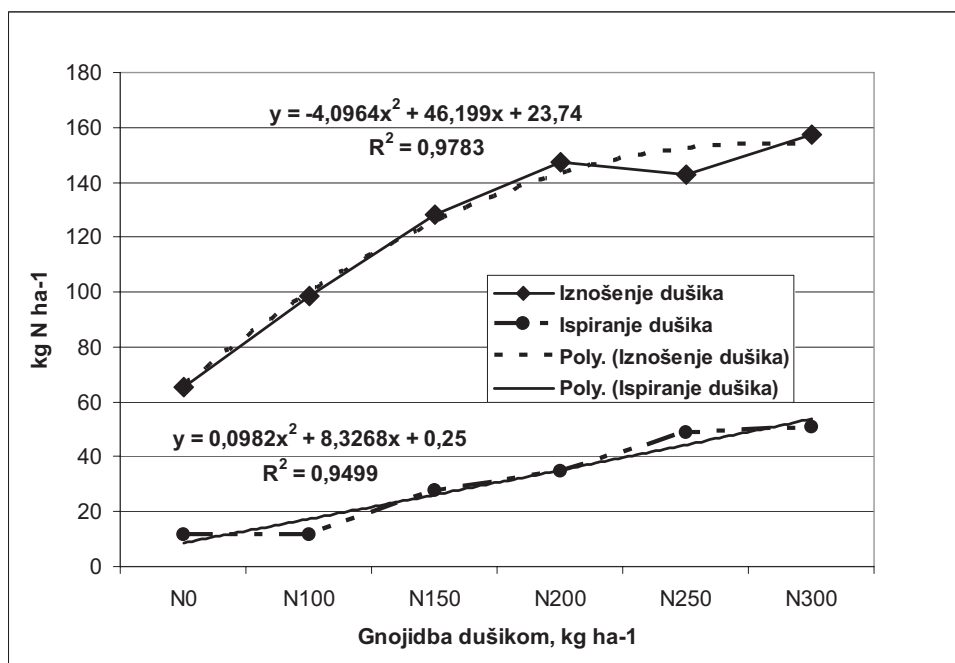
Y = agronomska učinkovitost gnojidbe, x = 1-6, redom za svaku varijantu gnojidbe dušikom

Agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom Y izračunata je prema formuli:

Agronomska učinkovitost = (Prinos zrna na varijanti gnojidbe N – Prinos zrna na kontroli) / kg N primijenjen u gnojidbi, za svaku varijantu gnojidbe dušikom posebno (Mengel i Kirkby, 1987).

Intenzitet gnojidbe dušikom presudno je utjecao na iznošenje dušika prinosom test kultura, agronomsku učinkovitost gnojidbe i na količinu dušika u vodi iz drenskih cijevi (graf 2). Voda iz drenažnih sustava može predstavljati značajniji unos nitrarnog dušika u vodotoke. Godišnji gubitak dušika vodom iz drenskih cijevi može biti razmjerno mali u suhim godinama, ali u godinama bogatima oborinama može biti veći od 100 kg N ha⁻¹, što je također povezano i s intenzitetom gnojidbe. Osim toga, kada nakon dužih suhih razdoblja nastupe

jače oborine, ispiranje dušika se pojačava, posebice ako je prethodila primjena dušičnih gnojiva. Mineralizacija dušika u tlu također može uvjetovati pojačano ispiranje nitrata, posebice ako usvajanje nitrata od strane usjeva ne prati intenzitet oslobađanja dušika mineralizacijom. Svaka primjena dušika u količini većoj od potrebne, dovodi do zadržavanja dijela dušika u profilu tla, pa se, kad nastupi razdoblje s većim količinama oborina, može očekivati pojačano ispiranje.



Graf 2. Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na iznošenje dušika prinosom zrna kukuruza i na količinu dušika ispranu s vodom iz drenskih cijevi

Iznošenje dušika s prinosom zrna kukuruza variralo je u rasponu od 60 do 160 kg N ha⁻¹, a gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi od 10 do 50 kg N ha⁻¹.

Na temelju prosječne primjene dušika u Hrvatskoj, za kukuruz, ali i za ostale ratarske kulture, moguće je s korištenjem ovakvih rezultata procijeniti stvarni utjecaj poljoprivrede na onečišćenje vode s mnogo manjom greškom nego kada se primjenjuju inozemna iskustva. Isto tako, ovi i slični podaci mogu se koristiti za korištenje različitih računalnih modela, njihovu prilagodbu za rad u našim uvjetima, pa i razvoj vlastitih.

Najbolja praksa gospodarenja za smanjivanje ispiranja sa površina na kojima se uzgajaju ratarske kulture podrazumijeva sljedeće mjere:

- Poljoprivrednici trebaju odabrati kultivare i hibride sa najvišim prinosom prikladne za intenzivno usvajanje raspoloživog dušika u tlu
- Zeleni pokrov potrebno je održavati na oranici kad je moguće, što podrazumijeva intenziviranje plodoreda, kao praksu koja je u Hrvatskoj razmjerno slabo zastupljena, te pravilan izbor kultura u plodoredu, poštivanje optimalnih rokova sjetve i dr.
- Zahtjevi za gnojidbom računaju se na temelju analize tla i preporuke za gnojidbu koja treba uvažiti ostatke mineralnog dušika u tlu, te dušik koji će se mineralizirati iz organske tvari tla, biljnih ostataka i organskih gnojiva.
- Dušik se u jesen primjenjuje samo za one kulture kojima je stvarno potreban i u količini koja je opravdana.

- Za prihranjivanje ozimih usjeva potrebno je koristiti pravilne količine dušika i dobro izabrati vrijeme primjene, s obzirom na fazu razvitka usjeva, ali i prema vremenskim prilikama.
- Potrebno je izbjegavati previsoke količine dušika za proljetnu aplikaciju dušičnih gnojiva. Predsjetvenu i startnu gnojidbu dušikom treba pri uzgoju jarina pravilno odrediti.
- Mineralna i organska gnojiva trebala bi se primjenjivati uz uvažavanje zaštitnog pojasa uz vodotoke, uz upotrebu ispravno podešenih strojeva za primjenu gnojiva.

S obzirom na vrlo složene odnose između gnojidbe dušikom, prinosa poljoprivrednih kultura, te negativnog utjecaja na okoliš, potrebno je pronaći optimalne načine primjene dušičnih gnojiva. U razdoblju od 14. do 18. listopada 2001. održana je u Washingtonu druga međunarodna konferencija o dušiku a zaključci konferencije mogu se sažeti na sljedeći način:

- Iskorištenje dušika mora se povećati u okviru postojećih tehnologija
- Povećanje iskorištenja dušika podrazumijeva zadržavanje profitabilnosti, te smanjenje onečišćenja okoliša

Osim same količine primijenjenih dušičnih gnojiva na našim poljoprivrednim gospodarstvima više pozornosti treba posvetiti vremenu i načinu primjene, te odgovarajućoj edukaciji poljoprivrednika o najučinkovitijim načinima gnojidbe dušikom. Poseban problem predstavlja nedostatak znanja o potrebi bilanciranja dušika na razini poljoprivrednog gospodarstva, ali i na razini županija, pa i cijele Hrvatske. Točnost podataka o količinama primijenjenih mineralnih gnojiva, kao i evidencija o obrađenim poljoprivrednim površinama trebala bi biti što je moguće veća. U protivnom, podaci o potrošnji mineralnih gnojiva, te o intenzitetu gnojidbe koji se objavljuju mogu biti vrlo različiti.

Postupak definiranja ugroženih područja

Problem definiranja područja u kojima se javlja realna opasnost ili dokazan utjecaj poljoprivrede na onečišćenje voda dušikom vrlo je kompleksan, a svakako mora uključiti analizu mogućeg utjecaja na akvatične i terestričke ekosustave, te na biološku raznolikost. Danas u Hrvatskoj nema područja koja bi uz korištenje jedinstvene metodologije bila izdvojena kao ugrožena, posebice kad se analiziraju samo onečišćenja od poljoprivrede kao izvora «raspršenog» onečišćenja. Sama opasnost od onečišćenja nekog područja (engl. Vulnerable area) i u zemljama EU nije jednoznačno definirana, već je to stvar nacionalnih odluka, a zakonski okvir najčešće predstavlja „Nitrate directive“, te drugi propisi o zaštiti okoliša. Postoje i drugi propisi koji se odnose na unos opasnih tvari u okoliš, pa se prilikom određivanja načina gospodarenja na ranjivim i zaštićenim područjima pitanje gnojidbe ne može promatrati izdvojeno, bez poznavanja ostalih biljno uzgojnih zahvata.

Zaštićena područja, prema zakonima i međunarodnim konvencijama u vezi sa zaštitom prirode pokrivaju oko 10% površine, dok je cjelokupna površina zaštićenih područja u Hrvatskoj, zbog ograničenja prema jednom ili više različitih propisa, oko 28% površine kopna Hrvatske. U zaštićena područja prema različitim kriterijima ulaze i sljedeće kategorije: zaštićena vodozaštitna područja i zone sanitarne zaštite izvora pitke vode, zaštićena područja za ribnjačarstvo i školjkaštvo, zaštićena područja za kupanje i rekreaciju, zaštićena područja prema Zakonu o šumama, zaštićena područja prema usvojenim međunarodnim konvencijama, zaštićena područja prema hrvatskim i međunarodnim propisima vezanim za zaštitu prirode. Koja od tih područja nisu pogodna za intenzivnu primjenu mineralnih i organskih gnojiva nije moguće utvrditi bez detaljne analize svih relevantnih čimbenika za svaki slučaj posebno. Preliminarno, mogu se kao površine koje *a priori* nisu pogodne za intenzivan način gnojidbe navesti vodozaštitna područja (proglašena i predložena) koja već sada pokrivaju oko 10 552 km², ili 19% površine Hrvatske. Međutim, zatvoreni sustavi za uzgoj bilja, koji mogu uključiti i korištenje hranjivih otopina za uzgoj kultura u hidroponima, mogu se planirati i na vodozaštitnim područjima, uz uvjet da se pri projektiranju, izvođenju i korištenju sustava provode sve potrebne mjere zaštite okoliša s ciljem da se onemogući emisija onečišćenja u okoliš.

Za sve ostale kategorije zaštićenih prostora potrebno je izraditi studiju utjecaja na okoliš koja će pružiti odgovor na pitanje postoji li takav način uzgoja bilja i odgovarajući sustav gospodarenja tлом, a u okviru njega i gnojidbe, koji neće negativno djelovati na zaštićenu komponentu okoliša, ali i na ostale čimbenike ekosustava. Pri

izradi takve studije treba, uz uvažavanje zadane strukture, posebno naglasiti pitanje postojeće poljoprivredne proizvodnje, klimatske, pedološke i geološke značajke područja, planirane biljno-uzgojne zahvate za predloženi sustav uzgoja bilja, te mogući način utjecaja na vode utemeljen na rezultatima znanstvenih istraživanja, te primjene matematičkih modela.

Ako rezultati ukažu na mogućnost da se pravilnim izborom sustava gospodarenja u poljoprivredi ostvare pozitivni ekonomski učinci bez negativnog utjecaja na vode, nema razloga da se i na zaštićenim prostorima ne provodi poljoprivredna proizvodnja, ali uz obvezu provedbe monitoringa i mjera zaštite okoliša navedenim u studiji utjecaja na okoliš. Osim same analize prirodnih uvjeta potrebno je raspolagati i s većim brojem podataka o poljoprivrednoj proizvodnji koja se prakticira na nekom području, te omogućiti njihovo precizno prikupljanje za razini poljoprivrednog gospodarstva, općine, županije, vodnog područja i sl.

Za izračun viškova Nizozemska je uvela obavezu računovodstva za biljna hranjiva ili «green accounting». To zahtijeva izradu obaveznih proračuna sadržaja hranjiva na svim farmama sa $> 2,5$ stočnih jedinica krupne stoke po hektaru i određenih dozvoljenih viškova. U Velikoj Britaniji glavnina praktičnih ideja za smanjenje ispiranja NO_3^- N dobrovoljno je testirana i provedena u područjima osjetljivim na nitratre (Nitrate Sensitive Areas - NSA), te od prosinca 1998. uvedena u 68 «Nitrate Vulnerable Zones» (područja ugrožena onečišćenjem nitratima) koje zauzimaju oko 600 000 ha. Poljoprivrednici u tim područjima pridržavaju se i slijede «Codes of Good Agricultural Practice» kao skup preporuka koje je izradilo nadležno vladino tijelo. Određena su ograničenja na količinu dušika i na vrijeme za primjenu gnojiva, koja su posebno definirana za ove zone pod trajnim monitoringom.

U Hrvatskoj nam tek predstoji posao na određivanju osjetljivih i ugroženih područja, a potrebno je naglasiti da je edukacija poljoprivrednih proizvođača jedno od najvažnijih pitanja na koje treba odgovoriti, ukoliko se planira uvođenje „Pravila dobre poljoprivredne prakse“.

Setovi podataka koji predstavljaju ulazne i izlazne stavke bilance, a razmjerno lako se prikupljaju, (ili bi se barem trebali lako prikupljati) uključuju količine mineralnih i organskih gnojiva, prinose usjeva, količinu i način postupanja s biljnim ostacima. Neke od varijabli iz okoliša koje se koriste u analizi bilance hranjiva moraju se računati na temelju podataka iz literature. Slično tome, vrijednosti hranjiva u žetvi pojedinih usjeva obično su iz sekundarnih podataka o prinosu i sadržaju hranjiva u pojedinim područjima.

Na manjim površinama mogu se podaci dobivati izravno mjerenjem na predmetnoj lokaciji. Tamo gdje nema nikakvih podataka, preostaje procjena stručnjaka, literatura i podaci iz drugih zemljopisnih područja sa sličnim agroekološkim uvjetima, ne temelju čega se daje «najbolja procjena».

Zaključak

Prema statističkim podacima koje objavljuje FAO potrošnja dušika iz mineralnih gnojiva u Hrvatskoj u razdoblju od 1992-2001. godine kretala se u rasponu od 30 do 56 kg N ha⁻¹ poljoprivredne površine, ili od 60 do 105 kg N ha⁻¹ obradive površine

U prosjeku je u 2000. godini u Hrvatskoj mineralnom gnojidbom primijenjeno 35 kg N ha⁻¹ poljoprivredne površine, a 55 kg N ha⁻¹ obradive površine. Ako se na ove količine pribroje i količine dušika iz organskih gnojiva, tada se prosječni intenzitet gnojidbe mijenja, te iznosi ukupno 54 kg N ha⁻¹ poljoprivredne površine, te 86 kg N ha⁻¹ obradive površine. Ovakva gnojidba dušikom nije dovoljna za osiguranje visokih i stabilnih prinosa većine ratarskih kultura koje se uzgajaju u Hrvatskoj.

Prema rezultatima poljskog pokusa prinos zrna kukuruza povećavao se s gnojidbom dušikom do 200 kg ha⁻¹. Istovremeno, agronomska učinkovitost gnojidbe dušikom povećavala se do 150 kg dušika, a zatim se smanjivala. Iznošenje dušika s prinosom zrna kukuruza variralo je u rasponu od 60 do 160 kg N ha⁻¹, a gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi od 10 do 50 kg N ha⁻¹.

Opasnost od onečišćenja može se procijeniti i korištenjem «indikatora pritiska». Sve zemlje članice EU imaju obvezu prikupljati podatke prema jedinstvenoj metodologiji (EUROSTAT). Prikupljeni podaci koriste se za prikaz «pritiska» na okoliš, pa je zato od presudne važnosti raspolagati sa što je moguće preciznijim podacima o primijenjenim količinama organskih i mineralnih gnojiva na razini poljoprivrednog gospodarstva, županije,

slivnih područja, te cijele Hrvatske. Ovi podaci, osim što se koriste za definiranje pritiska poljoprivrede na prirodne resurse, neophodni su i za izradu izvješća o stanju okoliša, zatim za procjenu poljoprivrede kao izvora plinova staklenika, za kreiranje ciljeva poljoprivredne politike i dr.

Za primjenu računskih postupaka i modela koji se koriste u postupku procjene utjecaja poljoprivrede na onečišćenje vode dušikom potrebni su rezultati vlastitih znanstvenih istraživanja dobivenih u agroekološkim i proizvodnim uvjetima kakvi su u Hrvatskoj. U suprotnom, primjena inozemnih rezultata može navesti na krive zaključke, što nije dobro, kako ni za poljoprivredu, tako ni za zaštitu okoliša, u ovom slučaju zaštitu voda.

Literatura

- Addiscott, T.M., Whitmore, A.P., Powlson, D.S., (1991). *Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem*, C.A.B International, Wallingford, UK.
- Bašić, F., Bičanić V., Bertić B., Igrc-Barčić, J. (1995). Sustainable management in arable farming of Croatia, *Hrvatske vode*, 12: 237-251., Zagreb
- Butorac, A., Bašić F., Kisić, I. (1994). Alternativni sustavi gospodarenja i njihov utjecaj na kvalitetu vode, *Zbornik znanstvenog skupa "Poljoprivreda i gospodarenje vodama"*, 53-76, Bizovačke toplice.
- Gašpar, I. (1989). Neke karakteristike potrošnje mineralnih gnojiva u Hrvatskoj, Kutina.
- Hoffmann, M., Johnsson, H., (1999). A method for assessing generalised nitrogen leaching estimates for agricultural land. *Environmental Modeling and Assessment* 4 (1999) 35–44.
- Köhler K., Duynisveld W. H. M., Böttcher J. (2006). Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 169, 185–195.
- Meissner, R., Seeger, J., Rupp, H., Balla H., (1999). Assessing the impact of agricultural land use changes on water quality. *Water Sci. Technol.* 40(2):1-10.
- Mengel, K., Kirkby E.A, (1987). *Principles of plant nutrition*. 687 p. International Potash Institute, Bern.
- Mesić, M., Bašić F., Kisić I., Butorac A., Gašpar, I. (2003). Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na sadržaj nitrata i tlu i na koncentraciju NO₃- N u vodi iz drenskih cijevi. 3. Hrvatska konferencija o vodama, *Zbornik radova*, 359 – 367. Osijek.
- Nestroy, O. (1996). *Poljoprivreda i zaštita voda*, Knjiga priopćenja znanstvenog skupa Poljoprivreda i gospodarenje vodama, 13-19, Bizovačke toplice.
- Posavi, M. (2002). Procjena utjecaja stočarske proizvodnje, poglavlje u studiji Procjena stanja, uzroka i veličine pritiska poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske, studija, Zavod za opću proizvodnju bilja, Agronomski fakultet, str. 79-94.
- Pratt, P.F. (1984). Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. In: *Nitrogen in crop production*. (Eds. Hauck R.D. et al.) 319-333. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Sheldrick W.F., Syers, J.K., Lingard, J., (2002). A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 61–72.
- Šimunić, I., Tomić, F., Mesić, M., Kolak, I., (2002). Nitrogen leaching from meliorated soil. *Die Bodenkultur* 53 (2) 73-81.
- xxx Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the Common Agricultural Policy, 2000, Commission of the European Communities
- xxx Europe's Environment: Statistical Compendium for the Second Assessment Eurostat's Methodology Sheets
- xxx Report from the Commission 2002. Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources
- xxx Statistički ljetopis, 1999 – 2004. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske
- xxx Towards environmental pressure indicators for the EU, 1999, European Commission and Eurostat, Theme 8-Environment and energy



Scientific research results as the foundation for estimation of agricultural influence on water contamination with nitrogen

Abstract

Paper presents the analysis of nitrogen use in Croatian agriculture, the influence of nitrogen application on agronomic efficiency of fertilization for maize and on nitrate nitrogen leaching in drainpipe water. Limitations in available data for evaluation of agricultural impact on water pollution due to nitrogen leaching are listed. Scientific research results are used for assessment of water contamination with nitrogen. According to the applicable EU regulations, continuous groundwater quality monitoring, particularly for nitrogen from agriculture is required for compliance with the water quality monitoring provisions of the Nitrate Directive (91/676/EEC). In line with the Directive are the Codes of Good Agricultural Practices and determination of the «nitrate vulnerable zones» where special rules are applied. Croatia has still not clearly defined and made public such Codes of Good Agricultural Practices, and has not delineated its nitrate vulnerable zones. This paper presents suggestion of measures and activities for actual state improvement, and also discusses approach issue in defining vulnerable and sensitive zones concerning water pollution from agricultural activities.

Key words: nitrogen, water pollution, assessment