

# Pesticidi v pitni vodi

Natalija Bobinc, Urška Blaznik, Urška Rozman, Sonja Šostar Turk

Pesticidi so snovi ali mešanice snovi, namenjene za preprečevanje, uničevanje ali nadzorovanje katerihkoli škodljivih organizmov, vključno s prenašalci bolezni ljudi ali živali, neželenih vrst rastlin ali živali, ki povzročajo škodo ali na kateri drug način ovirajo proizvodnjo, obdelavo, shranjevanje, transport ali prodajo hrane, kmetijskih pridelkov, lesa in lesnih izdelkov ali krme.

V Evropski uniji se pesticidi delijo v fitofarmaceutska sredstva (sredstva za zaščito rastlin) in biocide (sredstva za uničevanje škodljivcev). Pesticidi vsebujejo najmanj eno aktivno snov, ki:

- deluje proti škodljivim žuželkam ali rastlinskim boleznim v času rasti in v času skladiščenja,
- se jih lahko da živalim za nadzor zajedavcev na njihovih telesih ali v njih,
- vpliva na življenjske procese rastline (na primer pospešuje rast),
- varuje in s tem vzdržuje rastlinske proizvode,
- uničuje ali varuje pridelke pred rastjo nezaželenih rastlin (na primer plevelov).

Navedene učinke imajo lahko kemikalije, rastlinski izvlečki, feromoni ali mikroorganizmi (vključno z virusi). Ljudje so za zaščito rastlin, ki so jih gojili za hrano, najprej uporabljali številne naravne strupene snovi. Prvi znani pesticid, ki ga je uporabljal človek, je bilo žveplo. Pare žvepla so uporabljali za zaščito pridelkov že v starodavni Kitajski pred tri tisoč leti. V 16. stoletju so Kitajci za zaščito svojih polj uporabljali arzen (arzenik,  $As_2O_3$ ), ki je strupen za vse žive organizme. V 17. stoletju je bila za zatiranje

glodavcev znana uporaba listov tobaka (ki vsebujejo nikotin) ali semen strihninovca (*Strychnos nux-vomica*). Proti žuželkam so v 19. stoletju uporabljali rotenon (pridobljen iz korenine *Derris eliptica*) ali piretrine iz dalmatinskega bolhača (*Chrysanthemum cinerariifolium*; družina krizantem). Oboji se uporabljajo še danes, tudi na nedovoljen način, saj uporaba rotenona zaradi velike strupenosti ni več dovoljena v Evropski uniji. Konec 19. stoletja za zatiranje plesni pričnejo uporabljati prvo kemikalijo, tako imenovano bordojsko mešanico, ki vsebuje bakrov sulfat, apno in vodo ter je v uporabi še danes. Nekaj desetletij kasneje se je kemičnim pripravkom pridružila spojina, imenovana pariško zelena. Gre za bakrov(II) acetoarzenit, ki je intenzivno zelene barve, zelo strupen in so ga uporabljali za zatiranje podgan v Parizu, od tod tudi ime. V kmetijstvu je bil učinkovito sredstvo za zatiranje koloradskega hrošča.

Doba sintetičnih pesticidov, kemijskih spojin z lastnostmi zatiranja žuželk, se je pričela po letu 1939 s trženjem diklorodifenil-trikloroetana (DDT). DDT je bil v tistem času velika novost, zelo učinkovit insekticid (na primer tudi v boju s komarji, ki prenašajo povzročitelje malarije, denge in rumene mrzlice) in enostaven za uporabo. Za njegovo sintezo je Paul Müller leta 1948 prejel Nobelovo nagrado za medicino, saj je bilo s to spojino rešenih na milijone življenj. Spodbudil je nastanek drugih sintetičnih pesticidov. Njihova uporaba je naraščala vse do leta 1980. Takrat so se okrepili dokazi, da se kljub temu, da DDT in večina organoklorinih pesticidov ni akutno strupenih, njihova dolgotrajna strupenost kaže pri vseh živih bitjih, tudi pri človeku. Uporaba starejših oblik pesticidov, med njimi so organoklorini pesticidi, je v razvitem svetu

prepovedana od osemdesetih let prejšnjega stoletja in so vse zaloge morale biti uničene. Vendar jih ponekod v svetu še vedno uporabljajo (na primer DDT za preventivo proti malariji), zato se zaradi globalizacije njihovo spremljanje v uradnem nadzoru nadaljuje. Glede na način delovanja so najbolj pomembne sledeče skupine pesticidov:

- **insekticidi** (za zaščito rastlin in živali pred škodljivimi žuželkami): organofosforni in organoklorini pesticidi, piretrini/piretroidi in drugi;
- **herbicidi** (za zaščito rastlin pred pleveli): klorofenoksi spojine, dinitrofenoli, dipiridili, karbamati, triazini, derivati sečnine, aromatski amidi;
- **fungicidi** (za zaščito pred neželenimi glivami): alkilživosrebrne spojine, klorirani ogljikovodiki, dialkil-ditiokarbamati, triazoli in organofosforne spojine.

Med drugimi poznamo tudi skupine *akaricidov* (za zatiranje pršic), *nematocidov* (za zatiranje parazitskih glist - ogorčic), *limacidov* (za zatiranje polžev) in *rodenticidov* (za zatiranje glodavcev).

### Kemijska struktura in način delovanja pesticidov

Glede na kemijsko strukturo pesticide lahko razdelimo v več skupin:

**Anorganske snovi.** Natrijev klorid (kuhinjska sol), bakrov sulfat (modra galica), žveplo in svinčev arzenit so primeri anorganskih spojin, ki se kot pesticidi uporabljajo že več sto let. Njihova strupenost za sesalce je različna, strupenost bakra je nizka, strupenost svinca pa zelo visoka. Različni so tudi mehanizmi delovanja.

**Organoklorne spojine.** V teh spojinah so atomi klora vezani na ogljikovodike, največkrat na aromatske obročje, kot je to na primer pri DDT-ju ali pri PCB-jih (poliklo-

rirani bifenili). Organoklorini pesticidi imajo dve pomembni podskupini:

- DDT in podobne spojine (DDT, TDE, rotan, metoksiklor, klorodekon),
- ciklodini in podobne spojine (aldrin, dieldrin, endrin, heptaklor, klordan).

Najbolj pomembna lastnost organoklornih pesticidov je, da so zelo obstojni in v okolju »odporni«<sup>1</sup> proti fizikalnim dejavnikom (vročini, soncu, vlagi) in biološkim dejavnikom (mikroorganizmom). Zaradi lipofilnega značaja (topnost v maščobah) se kopičijo v maščobnem tkivu, živčevju, jetrih, ledvicah in drugih tkivih ljudi in živali.

**Organofosforne spojine.** Tej skupini pesticidov pripadajo številni estri fosforne kisline. Sinteza organofosfornih pesticidov se je pričela že v času pred drugo svetovno vojno. Paration, malation in azinfos-metil so bile prve organofosforne aktivne snovi, njihovi predhodniki pa žal uporabljeni kot kemično orožje (na primer sarin). Organofosforni pesticidi so v kmetijstvu hitro nadomestili škodljive organoklorne pesticide. V organizmih se ne kopičijo, prav tako je hitra njihova razgradnja v okolju. Če so usmerjeni proti izbranim žuželkam, ne prizadenejo drugih živali. Uporaba organofosfornih pesticidov je v zadnjih petdesetih letih usmerjena v insekticidno delovanje v kmetijstvu in v bivalnem okolju, imajo pa tudi nematocidne, herbicidne in fungicidne značilnosti. Pri organofosfornih pesticidih je zelo pomemben odmerek, s pravilno rabo so ti pesticidi škodljivi samo za žuželke (insekte) in ne za druge živali in ljudi. Žuželke jih namreč pri presnovi aktivirajo v še bolj strupene metabolite, medtem ko je presnova pri sesalcih drugačna. Poleg odmerka je pri organofosfornih spojinah pomembna tudi pogostost izpostavljenosti.

Organofosforni pesticidi so sami po sebi strupene snovi. V organizem se absorbirajo preko dihal, prebavil ali kože, zato pome-

nijo neposredno tveganje za delavce v proizvodnji pesticidov in v kmetijstvu. Njihova strupenost je tako akutna kot tudi kronična. Akutna zastrupitev (nesreče, na primer zaužitje pesticidnega pripravka) se kaže v različnih simptomih prekomerno vzdraženega živčnega sistema (na primer slinjenje, znojenje, dušenje, tahikardija, povišan krvni tlak, krči v trebuhu, motnje vida, zmedenost, motnje zavesti). Nekateri organofosforni pesticidi imajo ob ponavljajoči se izpostavljenosti različne nepredvidljive učinke, od zakasnjene nevropatije (poškodbe, vnetje ali obolenje živcev) do v zadnjem času vedno bolj raziskovanih povezav s pojavom sladkorne bolezni tipa II pri izpostavljenih delavcih. Razvijajoči se možgani so še posebej ranljivi za učinke organofosfornih pesticidov in izpostavljenost se lahko v obliki bolezni izrazi šele v odrasli dobi. Epidemiološki podatki kažejo, da je izpostavljenost organofosfornim pesticidom pri otrocih v času pred rojstvom (na primer nosečnost matere, zaposlene v rastlinjakih) lahko povezana s povečanim tveganjem za nekatere razvojne motnje (avtizem, Aspergerjeva motnja), znižana raven kognitivnih sposobnosti ter motnje pozornosti. Pri otrocih in mladostnikih je izpostavljenost organofosfornim pesticidom (delo na poljih, bivanje ob poljih) lahko povezana z vedenjskimi problemi, slabšim kratkotrajnim spominom, motoričnimi sposobnostmi in daljšim reakcijskim časom.

**Karbamati.** Karbamati so derivati karbaminske kisline ( $\text{NH}_2\text{COOH}$ ). Karbamatne pesticide delimo v tri večje razrede: karbamate, tiokarbamate in ditiokarbamate. Prvi karbamat fizostigmin (angleško *physostigmine*) je bil izoliran iz izvlečka kalabarskega boba (*Physostigma venenosum*) že leta 1864. Kot sredstva za zaščito rastlin se karbamati v kmetijstvu uporabljajo kot fungicidi, insekticidi in herbicidi. Karbamati so akutno in kronično strupeni. Akutna strupenost se kaže v milejših oblikah, kot so bolečine v prsih, lahko pa prihaja tudi do resnih zapple-

tov s krči, komo in celo smrtjo.

**Triazini.** Triazini so po kemijski strukturi heterociklične organske spojine z ogljikom in dušikom. Najbolj značilni predstavniki te skupine so atrazin, metribuzin, prometon, simazin, prometrin. Triazini pri rastlinah zmotijo prenos elektronov pri fotosintezi ter na ta način preprečujejo rast in pospešujejo propad rastlin. Nekatere rastline aktivno snov presnovijo (na primer koruza), druge ne (na primer pleveli), zato so triazini eni od najstarejših in že dolgo uporabljenih herbicidov. Atrazin smo pri nas veliko uporabljajo pri pridelavi koruze. Dolgotrajna izpostavljenost (na primer preko pitne vode) višjim odmerkom atrazina ima škodljive posledice na zdravje ljudi in živali. Njegova uporaba je zato ponekod omejena oziroma prepovedana, saj je vodotopen in se spira v podtalnico. V Sloveniji ga ne uporabljamo že več kot deset let, a se žal njegovi presnovki (na primer desetilatrazin) občasno še vedno najdejo v vodi. Proces polnega očiščenja podzemnih voda bo verjetno trajal vsaj še kakšnih dvajset let.

**Piretroidi.** Piretroidi so sintetični estri krikantemske kisline (2,2-dimetil-3-(2-metil-1-propenil)-ciklopropanojska kislina) in podobni naravnim piretrinom. Te sproščajo nekatere rastline iz rodu *Chrysanthemum* - krizanteme (na primer *Chrysanthemum cinerariifolium*) – za obrambo pred insekti. Sintetizirali so jih že leta 1949 (na primer aletrin, dimetrin). Strupenost piretoridov za toplokrvne živali in ljudi je razmeroma nizka, prav tako so hitro biološko razgradljivi. Zanje pa so zelo občutljivi hladnokrvni živalski organizmi, na primer ribe, školjke, dvoživke, žuželke. Znan piretroid, ki se veliko uporablja v kmetijstvu, je permetrin.

## Strupenost pesticidov

Danes vemo, da imajo pesticidi povišano strupenost za ljudi in okolje, njihove biološko aktivne snovi pa so po naravi strupene za žive organizme. Učinki so lahko takojšnji (akutni) ali dolgotrajni (kronični) in odvisni od odmerkov (količine) in načinov izpostavljenosti (na delovnem mestu, preko hrane/

vode, iz okolja).

Uporaba pesticidov je dovoljena le na podlagi ocene njihovih potencialnih vplivov na zdravje ljudi in okolja, kar vključuje serijo testiranj, nekatera od njih so prikazana v tabeli 1. Odnos učinka od odmerka lahko kaže prag, pod katerim niso opazili statistično značilnih bioloških odzivov pri te-

<b>Akutna oralna strupenost</b>	Študija na testnih živalih z enim odmerkom, da se določi stopnja strupenosti (LD <sub>50</sub> ).
<b>Kratkotrajna strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki 14 do 28 dni na testnih živalih, indikator potenciala strupenosti, v povezavi z občutljivimi kliničnimi in patološkimi testi, lahko se uporabi za določitev ARfD.
<b>Subkronična strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki 90 dni na testnih živalih, nudijo informacije o tarčnih mestih strupenosti in učinkov, uporabni za zasnovo kroničnih študij, lahko se uporabijo za določitev ARfD ali ADI.
<b>Strupenost za genetski material</b>	Kratkotrajni testi, zasnovani na bakterijskih in sesalskih celičnih sistemih.
<b>Dolgotrajna (kronična) strupenost in rakotvornost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki eno leto oziroma dve leti pri glodavcih, podatki iz teh študij so običajno podlaga za oceno tveganja in določitev ADI.
<b>Reprodukтивna strupenost</b>	Ponovljeni dnevni odmerki pred brejostjo, med njo in po njej pri testnih živalih, za določitev učinkov na razvijajoči se zarodek, mladiča in možne podedovane učinke; lahko podlaga za določitev ARfD ali/in ADI.
<b>Strupenost za imunski sistem (imunotoksičnost)</b>	Raziskave na strukturah in delovanju tkiv in celic, odgovornih za delovanje imunskega sistema, testi vključeni v kratkotrajne ali subkronične študije, z njimi lahko določamo ARfD ali/in ADI.
<b>Strupenost za živčni sistem (nevrotoksičnost)</b>	Raziskave na strukturah in delovanju živčnega sistema, vključujoč vedenjske teste, razvojno nevrotoksičnost ter zakasnjeno nevrotoksičnost, testi vključeni v kratkotrajne ali subkronične študije, z njimi lahko določamo ARfD ali/in ADI.

Tabela 1: Toksikološki testi za ugotavljanje škodljivih učinkov pesticidnih aktivnih snovi pri ljudeh in živalih. Povzeto po Renwicku, 2002.

stnih organizmih. Za tako snov se podatki odmerek-učinek s testnih organizmov na ljudi ekstrapolirajo z uporabo tako imenovanih varnostnih dejavnikov. Genotoksični učinki (strupeni za genetski material, DNA ali kromosome) nimajo praga v odnosu odmerk-učinek, zato snovi s takim potencialom ne morejo dobiti dovoljenja za uporabo. Pri snoveh, pri katerih se da določiti mejo praga za učinek, ki je pomemben za ljudi, se strupenost običajno izrazi v dveh oblikah – toksikoloških referenčnih merah:

- ADI (angleško *acceptable daily intake*), sprejemljivi dnevni vnos: količina snovi, ki se lahko uživa vsak dan vse življenje in za katero je na podlagi doslej znanih podatkov malo verjetno, da se bo pojavil škodljivi učinek pri ljudeh;
- ARfD (angleško *acute reference dose*), akutni referenčni odmerek: količina snovi, ki se lahko uživa v enem obroku ali v enem dnevu in za katero je na podlagi doslej znanih podatkov malo verjetno, da se bo pojavil škodljivi učinek pri ljudeh.

Preden je določena aktivna snov dovoljena za uporabo, mora biti opravljena ocena tveganja, ki vključuje ocene izpostavljenosti za vse občutljivejše in bolj izpostavljene populacijske skupine (dojenčke, malčke, poklicno izpostavljene, starejše, kronične bolnike, posameznike s specifično prehrano in podob-

no). Opravijo tudi še številne študije vpliva na okolje (tako imenovane ekotoksikološke študije), kjer so vidni širši učinki na populacijska razmerja pri neciljnih organizmih v naravi.

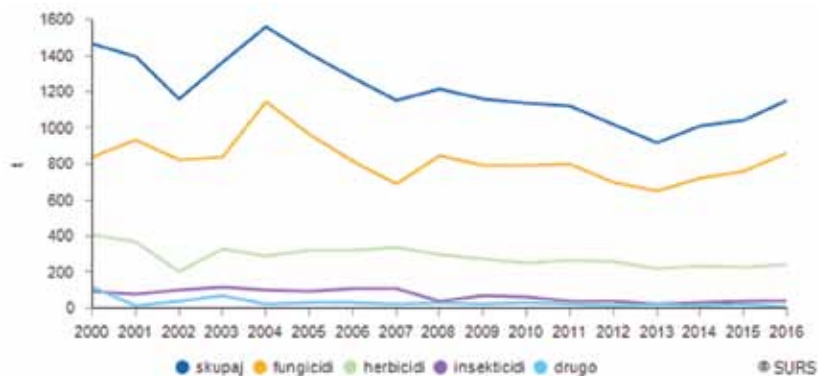
### Prodaja pesticidov v Evropski uniji in Sloveniji

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) je bilo v letu 2016 prodanih 1.156 ton pesticidov, od tega največ fungicidov, 860 ton ali 74 odstotkov. Herbicidov je bilo prodanih 247 ton (21 odstotkov), insekticidov 41 ton (4 odstotki) in drugih pesticidov 9 ton (manj kot odstotek). Prodaja pesticidov v Sloveniji v letih od 2000 do 2016 je prikazana na sliki 1.

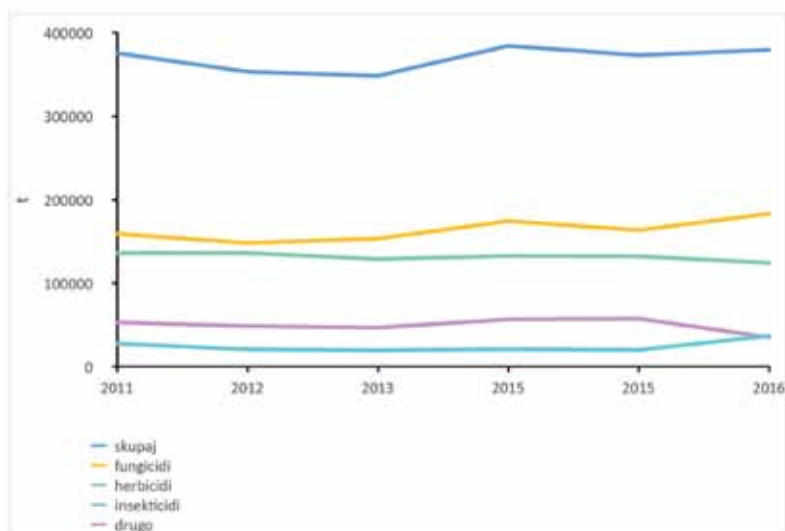
Po podatkih statističnega urada Evropske unije (Eurostat) je bilo v letu 2016 prodanih 379.624 ton pesticidov, od tega največ fungicidov, 183.256 ton ali 48 odstotkov. Herbicidov je bilo prodanih 124.298 ton (33 odstotkov), insekticidov 36.889 ton (10 odstotkov) in drugih pesticidov 35.181 ton (9 odstotkov). Prodaja pesticidov v Evropski uniji v letih od 2011 do 2016 je prikazana na sliki 2.

### Pesticidi v hrani in pitni vodi

S sodobnimi analitskimi tehnikami zaznavamo kemijske ostanke pesticidnih aktivnih snovi ter njihove metabolne, pretvorbene ali reakcijske produkte v tleh, vodi, hrani in v živih organizmih. Preko vseh naštetih virov



Slika 1: Prodaja pesticidov v Sloveniji v letih od 2000 do 2016. Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Uprava za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin.



Slika 2: Prodaja pesticidov v Evropski uniji v letih od 2011 do 2016. Vir: Eurostat.

vstopajo tudi v človeka, zato mora biti njihova uporaba nadzorovana. Področje vsebnosti pesticidov v hrani je zakonsko urejeno z določitvijo seznama dovoljenih aktivnih snovi, določitvijo kombinacij aktivna snov/kategorija živila ter določitvijo največjih dovoljenih količin ostankov aktivnih snovi in njihovih metabolitov (maksimalna vrednost ostanka – MVO, angleško MRL). Direktiva 91/414/EEC določa, da smemo uporabljati le aktivne substance, ki so na seznamu pesticidov v Evropski uniji. Evropska zbirka podatkov o pesticidih je dostopna na spletnih straneh Evropske komisije: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.

Že od leta 1996 države članice Evropske unije sodelujejo v koordiniranem nadzornem programu glede vsebnosti ostankov pesticidov in njihovih razgradnih produktov v živilih. Slovenija je evropski koordinirani program nadzora pridružila nacionalnemu programu po vstopu v Evropsko unijo leta 2004. Podatke spremljanj v Evropi prikazuje Evropska agencija za varnost hrane (EFSA). Leta 2016 je več kot 96 odstotkov odvzetih in analiziranih vzorcev hrane glede vsebnosti ostankov pesticidov ustrezalo mejnim

vrednostim, 51 odstotkov odvzetih vzorcev hrane pa ni vsebovalo merljivih količin pesticidnih aktivnih snovi (glede na običajno koncentracijsko mejo 0,01 miligrama na kilogram).

Prav tako pa so območja z intenzivno razvitim kmetijstvom ogrožena zaradi prehajanja pesticidov v podzemno vodo in posledično tudi v pitno vodo. Z uveljavitvijo *Pravilnika o pitni vodi* je leta 2004 začela veljati v Evropski uniji predpisana najvišja dovoljena (mejna) vrednost 0,10 mikrograma v litru za posamezni pesticid in njegove produkte ter 0,50 mikrograma v litru za vsoto pesticidov. Za pesticide aldrin, dieldrin, heptaklor in heptaklorepoksidi je dovoljena mejna vrednost 0,03 mikrograma v litru.

### Spremljanje pesticidov v pitni vodi v Sloveniji

Za preverjanje, ali pitna voda izpolnjuje zahteve *Pravilnika o pitni vodi* ter zlasti za mejne vrednosti onesnaževal, zagotavlja Ministrstvo za zdravje spremljanje pitne vode – tako imenovani monitoring pitne vode. S spremljanjem pitne vode preverjamo skladnost pitne vode z zahtevami, katerih namen je varovanje zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli one-



snaženja pitne vode. Program spremljanja opredeljuje mesta in pogostost vzorčenja, metodologijo vzorčenja, fizikalno-kemijske in mikrobiološke analize ter izvajalce vzorčenja in laboratorijskih preizkušanj. V skladu z določili *Pravilnika o pitni vodi* sta izvajalca spremljanja Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano in Nacionalni inštitut za javno zdravje. V okviru spremljanja pitne vode preverjajo koncentracijo 120 posameznih pesticidov in njihovih razgradnih produktov – metabolitov - ter kumulativno vsebnost pesticidov.

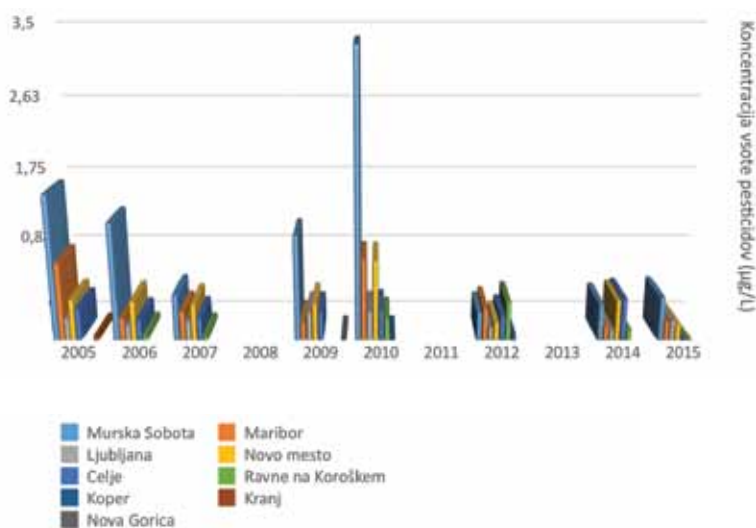
### Stanje pesticidov v pitni vodi v obdobju od leta 2005 do leta 2015 v Sloveniji

Opravili smo analizo podatkov spremljanja pesticidov v pitni vodi za obdobje od leta 2005 do leta 2015. Podatke smo pridobili s strani Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano ter na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje. Pri analizi zbranih podatkov o vsebnosti pesticidov v pitni vodi smo ugotovili, da se povišane vrednosti pesticidov najpogosteje pojavljajo na območju pomurske regije (merilno mesto Murska Sobota), podravske regije (merilno mesto Maribor) in posavske regije (merilno mesto Novo mesto). Rezultati so skladni s

podatki Agencije Republike Slovenije za okolje, ki poroča, da je pitna voda najbolj onesnažena na območjih, kjer se izvaja intenzivno kmetijstvo. V Sloveniji je to v ravninskih predelih Slovenije, Murske in Dravske kotline. Na teh območjih je še vedno previsoka vsebnost pesticidov v podzemni vodi. Pojavljajo se tudi posamezna točkovna onesnaženja, ki so pogosto posledica nestrokovne rabe pesticidov. Pri analizi podatkov smo ugotovili, da se povišane vrednosti pesticidov pojavljajo tudi na območju Savinjske, osrednje Slovenije in Koroške ter v manjšem obsegu še na območju Savske kotline (slika 3).

Prav tako je v regijah Podravske, Pomurske in Savske kotline v uporabi najvišji delež kmetijskih zemljišč in njiv in znaša več kot 30 odstotkov glede na celotno površino regije. Delež njiv glede na celotno površino kmetijskih zemljišč v Pomurski regiji znaša 84 odstotkov, v Podravske regiji 57 odstotkov in v Posavski regiji 37 odstotkov (slika 4).

Pri analizi podatkov za Slovenijo smo ugotovili, da so bile na območju celotne Slovenije največkrat izmerjene povišane vrednosti atrazina in njegovega razgradnega produkta desetilatrazina. Najvišja vrednost atrazina



Slika 3: Najvišje izmerjene vrednosti vsote pesticidov v pitni vodi v obdobju od leta 2005 do leta 2015 na posameznih območjih v Sloveniji.

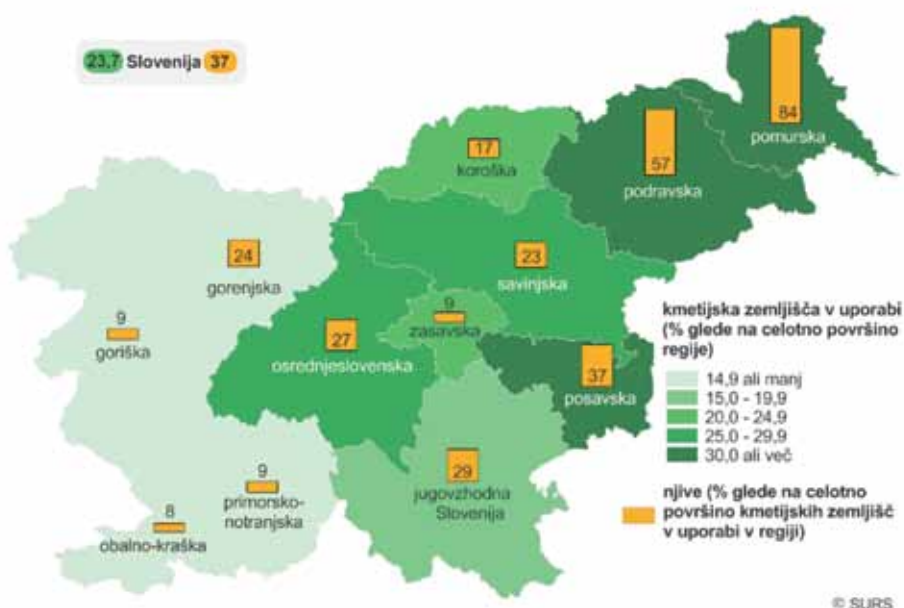
je bila izmerjena na merilnem mestu Novo mesto leta 2007 (0,3 mikrograma v litru), najvišja vrednost desetilatrazina pa leta 2013 (0,57 mikrograma v litru) na merilnih mestih Murska Sobota in Maribor. Najvišja vrednost v celotnem izbranem časovnem obdobju je bila izmerjena pri metabolitu herbicida metolaklor - ESA leta 2010 (3,2 mikrograma v litru) (slika 5).

V izbranem časovnem obdobju so bile izmerjene tudi povišane vrednosti vsote pesticidov, najvišja je bila izmerjena leta 2010 (3,4 mikrograma v litru) na območju Murske Sobotice (slika 6).

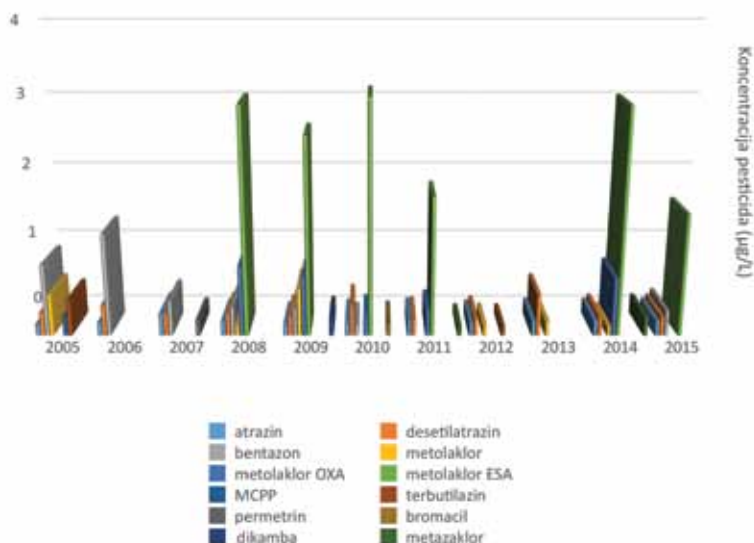
Pričakovali bi, da sta kakovost pitne vode in prisotnost ostankov pesticidov tesno povezani in skladni s porabo fitofarmaceutskih sredstev, ki se je v zadnjih dvajsetih letih prepolovila. Vsote ostankov sredstev za varstvo rastlin ter njihovih metabolitov kažejo na večini vodonosnikov v Sloveniji

trend zmanjševanja, kar je predvsem posledica zniževanja koncentracij atrazina in metabolita desetilatrazina. Zmanjšuje se tudi število posameznih aktivnih snovi in njihovih razgradnih produktov. Kljub omejitvam uporabe atrazina že leta 1996 in prepovedi leta 2003 pa je analiza podatkov o vsebnosti pesticidov v pitni vodi za Slovenijo pokazala najvišji delež preseganja mejnih vrednosti pesticidov na merilnih mestih prav za atrazin in še posebej za njegov metabolit desetilatrazin. Zato moramo poudariti, da se kljub prepovedi atrazin glede na podatke spremljanja še vedno občasno pojavlja, njegovi metaboliti pa bodo najbrž prisotni v pitni vodi še nekaj časa. Ob teh se v podtalnici pogosteje od drugih pojavljajo le še metolaklor in njegova metabolita ESA in OXA. Metolaklor je v Sloveniji ena od najpogosteje uporabljenih aktivnih snovi pri pridelovanju koruze.

Slika 4: Delež kmetijskih zemljišč v uporabi glede na celotno površino regije ter delež njiv glede na celotno površino kmetijskih zemljišč v uporabi po statističnih regijah v Sloveniji za leto 2016. Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije.





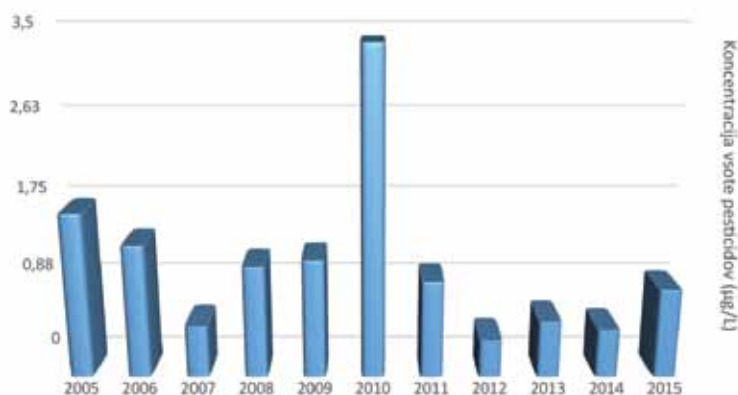


*Slika 5: Najvišje koncentracije posameznih pesticidov, ki so presegle mejne vrednosti na območju celotne Slovenije v obdobju od leta 2005 do leta 2015.*

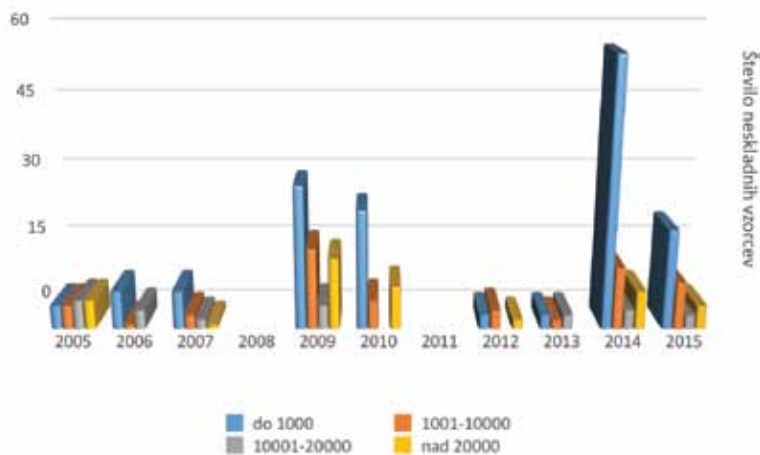
Največ neskladnih vzorcev pitne vode se pojavlja na območjih s tisoč prebivalci ali manj (slika 7) zaradi nestrokovnega upravljanja, neustrezne priprave pitne vode in nedoločenosti vodovarstvenih območij. Na teh območjih običajno ni težava v ostankih pesticidov, pač pa so slabši predvsem drugi parametri – mikrobiološki, saj je pogost problem manjših vodovodnih sistemov fekalna onesnaženost pitne vode. V program spremljanja pitne vode niso vključeni prebivalci, ki se oskrbujejo iz sistemov za oskrbo s pitno vodo za manj kot petdeset oseb.

### Stanje pesticidov v pitni vodi v Evropi

Povišane koncentracije vsaj enega ali več pesticidov v pitni vodi je mogoče najti v številnih evropskih državah, pri čemer so najbolj onesnažena območja z intenzivnim kmetijstvom. Problem z onesnaženjem pitne vode se pojavlja v nižinskih rečnih območjih Belgije, Francije, na Nizozemskem in v Veliki Britaniji. Podobno imajo številne evropske države (Belgija, Francija, Nizozemska in Velika Britanija) povišane vrednosti vsaj enega ali več pesticidov v pitni vodi, med katerimi mejne vrednosti najpogosteje presegata atrazin in njegov metabolit desetilatrazin, med onesnaževalce pitne vode pa



*Slika 6: Najvišje izmerjene vrednosti vsote pesticidov na območju celotne Slovenije v obdobju od leta 2005 do leta 2015.*



*Slika 7: Število neskladnih vzorcev pitne vode glede na število uporabnikov pitne vode, vezanih na posamezni sistem, v obdobju od leta 2005 do leta 2015 v Sloveniji.*

sodijo tudi drugi pesticidi, med njimi izoproturon in MCPA (sredstva za zatiranje plevela). Tudi v drugih evropskih državah (Belgiji, Bolgariji, Češki, Danski, Nemčiji, Franciji, Italiji, Cipru, Avstriji, Poljski, Slovaški, Veliki Britaniji in Švici) sta najpogostejša onesnaževalca vode pesticida atrazin in njegov metabolit desetilatrazin. V Nemčiji, na Danskem in na Nizozemskem je s pesticidi prekomerno onesnaženih deset odstotkov podtalnice. V Franciji 96 odstotkov vzorcev površinskih voda in 61 odstotkov vzorcev podzemnih voda vsebuje ostanke vsaj enega pesticida, pri čemer skoraj tretjina vseh ostankov pesticidov presega dovoljeno mejo za pitje. Na Portugalskem so v sezonskem času na območjih intenzivnega kmetijstva v vodi prisotne sledi triazinov, kot so atrazin, simazin, terbutilazin in diuron. Pojavljajo se tudi drugi pesticidi, kot so diazinon, metolaklor in linuron. Najvišje vrednosti pesticidov so bile zabeležene v pomladnem obdobju po uporabi pesticidov na območjih intenzivnega kmetijstva (škropljenje oljk in vinske trte). Tudi v Grčiji so se v vodi pojavili atrazin, DEA, alaklor, prometrin, molinat, karbofuran, karbaril in diazinon. Povišane vrednosti so se pojavljale med obdobjem intenzivne uporabe pesticidov in v času intenzivnih padavin. Na Madžarskem, kjer so glavni onesnaževalci herbicidi, ki so

močno povezani s pridelavo koruze, pa se vrednosti prepovedanih pesticidov (atrazin) v vodi zmanjšujejo.

### Zaključek

Pitna voda je glede na podatke spremljanja najbolj onesnažena s pesticidi na severovzhodu Slovenije, predvsem zaradi intenzivne kmetijske dejavnosti ter tako posledično največje uporabe fitofarmaceutskih sredstev. Rezultati spremljanja pesticidov v pitni vodi kažejo, da njihova pravilna uporaba ne predstavlja večjega tveganja za kakovost pitne vode. Zaradi nestrokovne uporabe fitofarmaceutskih sredstev nastajajo posamezna točkovna onesnaženja pitne vode, kar je zaskrbljujoče. Menimo, da bi bilo v prihodnje treba nameniti več pozornosti predvsem izobraževanju in uzaveščanju uporabnikov o pravilni uporabi pesticidov, hkrati pa zagotoviti, da bi pristojni organi pravočasno ukrepali ob morebitnih primerih prekomernega onesnaženja pitne vode s pesticidi. Treba bi bilo zagotoviti boljši strokovni nadzor pri upravljanju manjših oskrbovalnih območij ter zagotoviti ustrezno pripravo pitne vode in določiti vodovarstvena območja na vseh oskrbovalnih območjih, saj so problem tudi drugi parametri, ki jih spremljajo v okviru monitoringa pitne vode. Prav tako

bi bilo treba v spremljanje vključiti prebivalce, ki se oskrbujejo iz manjših sistemov za oskrbo s pitno vodo (do petdeset oseb). Na območjih, kjer je voda že prekomerno onesnažena s pesticidi, bi bilo treba ljudi spodbuditi k izvajanju ekološkega kmetijstva in uporabi bioloških sredstev za zatiranje plevelov in škodljivcev. Slovenija je še vedno država, ki ima tako dobro ohranjene ekosisteme podzemnih voda, da skoraj vso pitno vodo pridobi iz naravnih vodonosnikov brez postopkov kemičnega čiščenja, kar v drugih državah z milijonskimi velemesti ni več možno.

### Slovarček:

**DNA (slovensko tudi DNK).** Deoksiribonukleinska kislina je molekula, ki je nosilka genetske informacije v vseh živih organizmih.

**Fitofarmacevtska sredstva.** Pripravki, ki jih v kmetijstvu uporabljajo za zaščito pred plevelom in za varstvo rastlin in pridelkov pred povzročitelji bolezni ter škodljivci.

**Kontaminacija, onesnaženje.** Prisotnost nezaželenih snovi ali delcev v drugi snovi.

**Monitoring.** Sistem meritev stanja okolja (na primer vode).

**Pesticidi.** Umetno pripravljene organske spojine, namenjene zatiranju plevelov, mrčesa, škodljivih organizmov in povzročiteljev bolezni.

**Toksičnost, strupenost.** Lastnost kake snovi, da že v majhnih količinah povzroči škodljive učinke na živem organizmu.

### Literatura:

- Blažič, M., in sod., 2009: *Gradivo za usposabljanje prodajalcev FFS in izvajalcev varstva rastlin*. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije.
- Evropska komisija. Pesticidi. Spletni vir: [http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/index_en.htm).
- Fatur, T., Hočvar - Grom, A., Perharič, L., 2006: *Genotoksičnost pesticidov, vključenih v spremljanje stanja pitne vode v Sloveniji*. Zdravniški vestnik, 45 (4): 186–190.

Grmek - Košnik, I., Ambrož, B., Blaznik, U., Otorepec, P., 2006: *Pesticidi v pitni vodi*. Zdravniški vestnik, 75 (9): 537–548.

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. Monitoring pitne vode. Spletni vir: <http://www.mpv.si/predstavitev>.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17.

Nielsen, E., Nørhede, P., Boberg, J., Krag Isling, L., Kroghsbo, S., Hadrup, N., 2012: *Identification of Cumulative Assessment Groups of Pesticides*. National Food Institute, Technical University of Denmark. Dostopno na: <http://www.efsa.europa.eu/it/search/doc/269e.pdf>.

Renwick, A. G., 2002: *Pesticide residue analyses and its relationship to hazard characterisation (ADI/ARfD) and intake estimations (NEDI/NESTI)*. Pest Management Science, 58: 1073–1082.

Uredba Evropskega parlamenta in Sveta (ES) št. 396/2005 z dne 23. februarja 2005 o mejnih vrednostih ostankov pesticidov v ali na hrani in krmi rastlinskega in živalskega izvora ter o spremembi Direktive Sveta 91/414/EGS. Spletni vir: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32005R0396>.

Watson, D. H., 2004: *Pesticide, veterinary and other residues in food*. Cambridge: Woodhead Publishing.