

PESTICIDI U VODAMA

Ivan Špelić, mag. ing. agr., mag. oecol. et prot. nat.
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
ispelic@agr.hr

prof. dr. sc. Renata Bažok
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

prof. dr. sc. Marina Piria
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska

Pesticidi omogućavaju velike prinose u poljoprivredi koji su potrebni za zadovoljavanje potreba moderne civilizacije. To ih čini neophodnima usprkos brojnim negativnim utjecajima na okoliš. U vodenim staništima štetni su za organizme, izravno i neizravno, a vrijeme oporavka zajednice ovisi o mjestu i vremenu onečišćenja, kao i o koncentraciji pesticida. Najučinkovitija mjera ublažavanja štetnih učinaka pesticida u vodenim staništima je spriječiti da pesticidi dospiju do vodenih ekosustava, što se postiže odgovornim korištenjem i zaštitnim mjerama, poput vegetacijskih tampon zona i kanala s vegetacijom koji zadržavaju štetne tvari i usporavaju njihovo deponiranje u otvorenim vodama.

Ključne riječi: vodena staništa, zagađivači, onečišćenja voda, zaštita voda, poljoprivreda

1. UVOD

Osim što su važni za ukupnu bioraznolikost, slatkovodni ekosustavi imaju i velik utjecaj na zdravlje i kvalitetu života (Carpenter i sur., 2011; Matthews, 2016; Milačić i sur., 2017). Utjecaj čovjeka na slatkovodne ekosustave je značajan, a slatkovodni ekosustavi su među onima s najviše promjena uzrokovanih utjecajem čovjeka (Carpenter i sur., 2011; Dodds i sur., 2013). Uz sve ostale izvore ugroženosti slatkovodnih ekosustava, jedan od najznačajnijih je tradicionalna poljoprivreda gdje je nezaobilazna upotreba pesticida (Matthews, 2016; Carpenter i sur., 2011; Schafer i sur., 2011; Bacchetta i sur., 2014; Margoum i sur., 2015; Romić i sur., 2014). Pesticid je tvar ili mješavina tvari koja sprječava, uništava ili suzbija štetne organizme, što uključuje vektore bolesti ljudi ili životinja, neželjene vrste biljaka i životinja koji čine štetu ili ometaju proizvodnju, obradu, skladištenje, prijevoz ili prodaju hrane, poljoprivrednih dobara, drva, drvnih proizvoda ili krmiva, te tvari koje se apliciraju na životinje za kontrolu insekata, paučnjaka ili drugih nametnika (FAO, 2003). Pesticidi sadrže aktivnu tvar, koja interferira s metaboličkim procesima ciljanog organizma što dovodi do smrti ili smanjenog fitnesa, i inertne tvari koje unaprjeđuju trajnost, miris, jednostavnost aplikacije i ostale poželjne karakteristike pesticida (ICPDR, 2004; Zacharia, 2011). U modernoj poljoprivredi pesticidi su neophodni kako bi se smanjili gubici, osigurao dobar prinos i snizila cijena proizvodnje

(Schafer i sur., 2011; Babut i sur., 2013; Bacchetta i sur., 2014). Svjetska proizvodnja pesticida je naglo porasla u drugoj polovici 20. stoljeća i nastavlja rasti zbog sve većeg broja stanovništva koje ima sve veću potrebu za proizvodnjom hrane (Schafer i sur., 2011). Od novijih dostupnih podataka, ukupna svjetska potrošnja pesticida je 2018. godine iznosila više od 4 milijuna tona (FAO, 2021). Ipak, od spomenute količine, samo 0,1 % pesticida je iskorišteno na ciljanom mjestu dok ostatak završi u okolišu (Bošnjir i sur., 2007). Od novijih dostupnih podataka za Hrvatsku, tijekom 2012. potrošeno je 2 205 186 kg pesticida što je manje nego 1995. (3 418 050 kg) i 1999. (3 171 530 kg). U 2017. godini potrošnja je u Hrvatskoj znatno smanjena i iznosila je 1 515 692 kg (Barić i sur., 2019), što je posljedica korištenja modernih pesticida koji se koriste u manjim dozama te se korištenje pesticida racionaliziralo i ekološki je prihvatljivije nego prije (Babut i sur., 2013; Romić i sur., 2014).

S obzirom da se radi o tvarima koje štete živim bićima, prisutnost pesticida u prirodi dovodi do neželjenih utjecaja na neciljane zajednice, među ostalim i one slatkovodnih ekosustava (Schafer i sur., 2011; Bacchetta i sur., 2014), stoga je cilj ovog rada prikazati načine unosa pesticida u slatkovodne ekosustave, opisati njihovo djelovanje na vodene organizme i raspraviti načine sprječavanja rizika od njihova unosa u vodotoke.

2. UNOS PESTICIDA U SLATKOVODNE EKOSUSTAVE

Pesticidi u vode često dopijevaju neodgovornim ponašanjem poljoprivrednika: apliciranjem u nepovoljnim uvjetima i u neadekvatno vrijeme, lošim skladištenjem, prekomjernom upotrebom, korištenjem zastarjele mehanizacije za apliciranje sredstva, čišćenjem i pranjem opreme u blizini površinske vode ili nekontroliranom trgovinom (ICPDR, 2004).

Prema Reichenberger i sur. (2007) pesticidi u vode mogu dospjeti difuzno ili putem točkastih izvora. Difuzni putevi se vežu uz opću upotrebu pesticida na poljima i nisu pod potpunom kontrolom čovjeka. Površinsko otjecanje (odnošenje) se događa na poljima kod velike količine padalina i zasićenosti tla vodom. Tlo gubi sposobnost daljnjeg upijanja vode i u slučaju dodatnih padalina višak vode s pesticidima otječe s polja u vodene ekosustave. Takav površinski tok, kod terena s nagibom, izaziva i eroziju tla pa i pesticidi iz tla mogu dospjeti u vodene tokove. Procjeđivanje vode kroz tlo u površinske vode se može odvijati ubrzano kroz makropore tla (korijenje, tuneli životinja, pukotine). Zbog ubrzanog otjecanja vode bogate pesticidima, pesticidi se ne stignu adsorbirati na čestice tla i s vremenom degradirati pa velike količine aktivne tvari opet dopiju u površinske tokove. Slično je i s vertikalnim procjeđivanjem, ali u tom slučaju voda s pesticidima kroz određena tla brzo dopire do podzemnih vode i onečišćuje ih. U difuzne puteve još ubrajamo zanošenje (*drift*) pesticida prilikom aplikacije prskanjem, kada određena količina pesticida zbog vjetrova ili neodgovarajuće opreme završi izvan ciljanog područja primjene, isparavanja i širenja atmosferom te širenje erodiranih čestica tla bogatih pesticidima putem vjetrova.

Točkasti izvori su gotovo u pravilu rezultat ljudske pogreške. Kontaminacija iz točkastih izvora povezana je uglavnom s mjestima punjenja i pranja strojeva za aplikaciju, ispravnošću strojeva te rukovanjem ambalažom i ostacima pesticida (Barić i sur., 2019). Radi se također o otjecanju pesticida u površinske vode s farmi, iz skladišta ili sa ceste. Uzrok su neadekvatna odvodnja, odnosno nepostojanje kanalizacije, pa pesticidi s tog područja direktno odlaze u vodene tokove. Ako i završe u sustavu odvodnje i kasnije na tretmanu u pročistačima, pesticidi opet mogu završiti u ekosustavu jer mnogi pročistači nemaju filter s aktivnim ugljenom gdje se pesticidi degradiraju. Većina pesticida registriranih u vodama ondje dopijeva putem točkastih izvora. Neki pesticidi, npr. DDT i lindan, u prošlosti korišteni u velikim količinama, su toliko perzistentni da su atmosferski deponirani u ekosustave udaljene tisuće kilometara od izvorišta pa ih se danas može detektirati i u polarnim krajevima gdje nikad nisu korišteni (Schafer i sur., 2011).

3. UČINCI PESTICIDA U SLATKOVODNIM EKOSUSTAVIMA

Jednom kada pesticidi dopiju u vodeni ekosustav, oni mogu degradirati pod utjecajem sunca ili vode, mogu se adsorbirati u sedimentu ili može doći do interakcije

sa živim organizmima (unos, metabolizam i akumulacija) (Schafer i sur., 2011). Pesticidi zahtijevaju osobitu pozornost među zagađivačima okoliša upravo zbog svoje akutne i kronične biološke toksičnosti. Iako su opisani kao selektivna sredstva za suzbijanje štetnih organizama, to je zaključeno samo na temelju laboratorijskih istraživanja (Zacharia, 2011). U prirodi se često nalazi kombinacija pesticida koji imaju još nedovoljno istražene zajedničke utjecaje na živi svijet (Bacchetta i sur., 2014).

Različiti su tipovi pesticida razvijeni za suzbijanje različitih grupa organizama, pa tako razlikujemo, na primjer, herbicide, fungicide i insekticide (Schafer i sur., 2011; Zacharia, 2011; Margoum i sur., 2015; Romić i sur., 2014). Herbicidi su razvijeni kako bi toksično djelovali na korove, odnosno biljke. Posljedično će i u vodenim staništima imati najštetniji učinak na alge i makrofitnu vegetaciju. Insekticidi su prvenstveno štetni po makrozoobentos i zooplankton (Schafer i sur., 2011), a toksični su i za ribe (Bacchetta i sur., 2014). Fungicidi su namijenjeni suzbijanju i prevenciji razvoja uzročnika biljnih bolesti, najčešće gljiva i pseudogljiva te u nekim slučajevima bakterija. Zbog veće sličnosti ciljanih organizama s algama i biljkama posljedice njihova djelovanja sličnije su posljedicama djelovanja herbicida nego posljedicama djelovanja insekticida (Bokulić i sur., 2015).

Pesticidi mogu imati izravni ili neizravni utjecaj na organizme ekosustava (Zhao i sur., 2020). Izravni utjecaj se manifestira kao fiziološka reakcija organizma na pesticid i ta reakcija ovisi o koncentraciji kemikalije kojoj je organizam bio izložen. Neizravni utjecaj podrazumijeva trofičke interakcije između organizama: iako pesticid fiziološki ne utječe izravno na određenu vrstu, ona može osjetiti posljedice zbog izravnog učinka pesticida na vrstu ili skupinu organizama s kojom je u nekom obliku interakcije (najčešće je koristi za hranu) (Schafer i sur., 2011; Zhao i sur., 2020). Kod izravnog utjecaja, pesticid prvo utječe na jedinku: dolazi do smrti ili promjene u morfologiji, usporenog razvoja, promjena u ponašanju, podložnosti infekcijama ili smanjene stope reprodukcije. Ako je koncentracija pesticida dovoljno visoka i pesticid je utjecao na dovoljan broj jedinki, može doći i do promjena unutar cijele populacije, a posredno i do promjene unutar cijele zajednice, kao i cijelog ekosustava. Tako, na primjer, određeni herbicid može smanjiti populaciju fitoplanktona što utječe na brojnost zooplanktona koji se njime hrani (Schafer i sur., 2011). Osim što štetno utječu na organizam koji je u doticaju s njima, pojedini su pesticidi, osobito oni iz skupine kloriranih ugljikovodika, slabo razgradivi i dolazi do njihovog akumuliranja u adipoznom tkivu životinja koje su im izložene (Bošnjir i sur., 2007). Kasnije dolazi do biomagnifikacije kroz hranidbeni lanac što dovodi do visokih koncentracija štetnih tvari u masnom tkivu životinja pri vrhu hranidbenog lanca (Deribe i sur., 2013; Katagi, 2010), pa tim sljedom dolaze i u prehranu čovjeka (Bošnjir i sur., 2007).

Schafer i sur. (2011) navode da pokusi u kontroliranim uvjetima pokazuju kako vrijeme oporavka slatkovodnih zajednica od trovanja pesticidima ovisi o ekološkim, fizikalno-kemijskim i geografskim faktorima te o trajanju izloženosti trovanju. Populacije organizama s brzom izmjenom generacija brže se oporavljaju od negativnog utjecaja. Osim toga, otpornost izloženosti pesticidima akvatičnih zajednica ovisi o dobu godine, kao i životnom obliku vrste. Naime, neke skupine životinja formiraju različite životne oblike tijekom životnog ciklusa kroz godinu te će neke razvojne faze biti osjetljivije na izloženost toksinima. Nesreće koje izazivaju onečišćenja širokog opsega traže i duže vrijeme oporavka nego kod lokaliziranih manjih onečišćenja jer se vodeni organizmi nemaju gdje skloniti. Ukoliko dođe do lokaliziranih trovanja u tekućici, pokretni organizmi se mogu skloniti uzvodno, a nakon nekog vremena se utjecano područje brže rekolonizira populacijama iz nezahvaćenog područja. Također, oporavak zajednice ovisi i o koncentraciji pesticida koji je izazvao trovanje.

4. UBLAŽAVANJE UTJECAJA PESTICIDA U VODENIM STANIŠTIMA

Smanjenje rizika od ulaska pesticida u vodena staništa postiže se na razini oba tipa potencijalnih izvora zagađenja, i difuznih i točkastih: difuzni izvori se mogu spriječiti zahvatima u okolišu, dok je za točkaste izvore potrebna edukacija korisnika (Babut i sur., 2013; Reichenberger i sur., 2007). Česta metoda za ublažavanje utjecaja pesticida iz difuznih izvora je korištenje vegetacijskih tampon zona uz izvore onečišćenja (poljoprivredne površine) (USDA, 2000) ili riparijskih zona koje se nalaze uz obale vodotoka (Vellidis i sur., 2002). Ovakvi sustavi su učinkoviti dokle god tlo nije potpuno zasićeno vodom i dok je površinsko otjecanje laminarno, a ne koncentrirano (Carluer i sur., 2011). Riparijske tampon zone uz obale vodotoka su manje učinkovite od onih na rubovima polja, čak i u slučaju laminarnih površinskih otjecanja, zbog uskog pojasa vegetacije, nedovoljno guste vegetacije i plitkog sloja podzemne vode ispod same vegetacije (Reichenberger i sur., 2007). Prema Otto i sur. (2016), na mjestima s obilnim padalinama, gdje su česta velika površinska otjecanja, mogu se koristiti kanali s vegetacijom koji su se pokazali učinkoviti kod smanjenja utjecaja herbicida

na vodotoke. Takvi kanali smanjuju brzinu otjecanja te zadržavaju otplavljeni sediment, organsku tvar, hranjive tvari i kemijske spojeve. Učinkovitost kanala ovisi o njihovoj širini, dužini, nagibu i tipu vegetacije koja se ondje nalazi (Otto i sur., 2016). Količina pesticida koja se odnosi vjetrom pri aplikaciji (*drift*) se najučinkovitije smanjuje uspostavom tampon zona bez usjeva u kojima je zabranjena aplikacija pesticida aerosolom (*no-spray buffer zone*), a učinkovitost te metode je proporcionalna visini vegetacije u tampon zoni (Reichenberger i sur., 2007). Broj točkastih izvora onečišćenja se može smanjiti poticanjem ispiranja opreme u samim poljima u kojima se koristi pesticid, otvaranjem lokacija za zbrinjavanje ambalaže i zagađene vode preostale od čišćenja opreme (bazeni za bioremedijaciju), kao i uvođenjem obavezne inspekcije opreme za aplikaciju pesticida (Reichenberger i sur., 2007; Ganzelmeier i Rautmann, 2000) što je na razini zemalja Europske Unije postala obaveza koja je i u Hrvatskoj ozakonjena donošenjem Zakona o održivoj uporabi pesticida (NN 14/2014; 115/2018).

5. ZAKLJUČAK

Porastom intenzivne poljoprivrede, a samim time i porastom upotrebe pesticida, sve više toksičnih aktivnih tvari dospijeva u vodene ekosustave. Unos pesticida u vodena staništa prvenstveno se odvija difuznim putem s poljoprivrednih površina djelovanjem vjetera, kiše ili gravitacije. Osim toga, pesticidi u vodu mogu dospjeti putem pojedinačnih točkastih izvora, što je posljedica ljudskog nemara ili pogreške. Pesticidi imaju negativan utjecaj na vodene organizme uslijed biološke toksičnosti. Zbog fiziološki ciljanog toksičnog djelovanja na specifičnu skupinu štetnika, imaju sličan utjecaj i na srodne organizme u vodenom staništu. Pesticidi mogu izravno izazvati fiziološku reakciju organizma na toksin, ali i djelovati neizravno te se putem trofičkih interakcija akumulirati u masnom tkivu životinja. Na neizravan način pesticidi mogu negativno utjecati i na čovjeka s obzirom da je on na vrhu hranidbenog lanca. Edukacija i odgovorno korištenje pesticida, te odgovarajući zahvati u svrhu sprječavanja ulaska pesticida u vodene ekosustave, poput vegetacijskih tampon zona, su najbolja mjera za ublažavanje njihovog štetnog utjecaja. Učinkovito provođenje takvih mjera se omogućava odgovarajućom legislativom i kontrolom. ■

LITERATURA

- Babut, M., Arts, G.H., Barra Caracciolo, A., Carluer, N., Domange, N., Friberg, N., Gouy, V., Gring, M., Lagadic, L., Martin-Laurent, F., Mazzella, N., Pesce, S., Real, B., Reichenberger, S., Roex, E. W. M., Romijn, K., Röttele, M., Stenrød, M., Tournebize, J., Vernier, F., Vindimian, E. (2013.): Pesticide risk assessment and management in a globally changing world—report from a European interdisciplinary workshop. *Environmental Science and Pollution Research*. Online 20 (11), 8298–8312. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2004-3>
- Bacchetta, C., Rossi, A., Ale, A., Campana, M., Parma, M. J., Cazenave, J. (2014.): Combined Toxicological Effects of Pesticides: A Fish Multi-Biomarker Approach. *Ecological Indicators*, vol. 36, Elsevier Ltd, pp. 532–538. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.016>
- Barić, K., Bažok, R., Pintar, A. (2019.): Potrošnja pesticida u Hrvatskoj poljoprivredi u razdoblju od 2012. Do 2017. Godine. *Glasiilo biljne zaštite*, vol. 19, no.5, 2019, pp. 537–548.
- Bokulić, A., Budinščak, Ž., Čelig, D., Deždek, B., Hamel, D., Ivić, D., Mrnjavčić Vojvoda, A., Nikl, N., Novak, M., Novaković, V., Pavunić Miljanović, Z., Peček, G., Poje, I., Prpić, I., Rehak, T., Ševar, M., Šimala, M., Turk, R. (2015.): Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb. online dostupno na https://www.savjetodavna.hr/wp-content/uploads/2018/11/Priru%C4%8Dnik-za-sigurno-rukovanje-i-primjenu-sredstava-za-za%C5%A1titu-bilja_9_2_2015.pdf (pristupljeno 10.01.2022.)
- Bošnjir, J., Puntarić, D., Šmit, Z., Klarić, M., Grgić, M., Kosanović, L. (2007.): Organochlorine Pesticides in Freshwater Fish from the Zagreb Area. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, vol. 58, no. 2, 2007, pp. 187–93. <https://doi.org/10.2478/v10004-007-0011-9>
- Carluer, N., Tournebize, J., Gouy, V., Margoum, C., Vincent, B., Gril, J. J. (2011.): Role of buffer zones in controlling pesticide fluxes to surface waters. *Proc Environ Sci* 9(1): 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.11.005>
- Carpenter, S. R., Stanley, E. H., Vander Zanden, M. J. (2011.): State of the World's Freshwater Ecosystems: Physical, Chemical, and Biological Changes. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 36, no. 1, pp. 75–99. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-021810-094524>
- Deribe, E., Rosseland, B. O., Borgstrøm, R., Salbu, B., Gebremariam, Z., Dadebo, E., Skipperud, L., Eklo, O. M. (2013.): Biomagnification of DDT and Its Metabolites in Four Fish Species of a Tropical Lake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 95, Elsevier, 2013, pp. 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.020>
- Dodds, W. K., Perkin, J. S., Gerken, J. E. (2013.): Human Impact on Freshwater Ecosystem Services: A Global Perspective. *Environmental Science and Technology*, vol. 47, no. 16, 2013, pp. 9061–68. <https://doi.org/10.1021/es4021052>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2003.): *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides*. Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2021.): *Pesticides use. Global, regional and country trends, 1990–2018*. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 16. Rome.
- Ganzelmeier, H., Rautmann, D. (2000.): Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. *Asp. Appl. Biol.* 2000;57:1–10 Pesticide Application .
- ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River) (2004.): *UNDP/GEF Danube Regional Project - Inventory of Agricultural Pesticide Use in the Danube River Basin Countries*. online dostupno na: https://www.icpdr.org/flowpaper/viewer/default/files/1.2-3_Inventory%20of%20Agr%20Pesticide%20Use-fin.pdf (pristupljeno 01.04.2021)
- Katagi T. (2010.): Bioconcentration, Bioaccumulation, and Metabolism of Pesticides in Aquatic Organisms. In: Whitacre D. (eds) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology (Continuation of Residue Reviews)*, vol 204. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1440-8_1
- Margoum, C., Morin, S., Mazzella, N. (2015.): Potential toxicity of pesticides in freshwater environments: passive sampling, exposure and impacts on biofilms: the PoToMAC project. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 22(6), 3985–7. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3291-z>.
- Matthews, N. (2016.): *People and Fresh Water Ecosystems: Pressures, Responses and Resilience*. *Aquatic Procedia*, vol. 6, 99–105. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.06.012>.
- Milačić, R., Zuliani, T., Vidmar, J., Oprčkal, P., Ščančar, J. (2017.): Potentially Toxic Elements in Water and Sediments of the Sava River under Extreme Flow Events. *Science of the Total Environment*, vol. 605–606, 894–905. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.260>
- Narodne Novine (2014.): *Zakon o održivoj uporabi pesticida*. Narodne novine 14/2014.
- Narodne novine (2018.): *Zakon o izmjenama i dopuni Zakona o održivoj uporabi pesticida*. Narodne novine 18/2018.
- Otto, S., Pappalardo, S. E., Cardinali, A., Masin, R., Zanin, G., Borin, M. (2016.): Vegetated Ditches for the Mitigation of Pesticides Runoff in the Po Valley. *PLoS ONE* 11(4): e0153287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153287>
- Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., Frede, H.-G. (2007.): Mitigation strategies to reduce 901 pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review. *Sci. Total Environ.* 384, 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.046>
- Romić, D., Husnjak, S., Mesić, M., Salajpal, K., Barić, K., Poljak, M., Romić, M., Konjačić, M., Vnučec, I., Bakić, H. (2014.): Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje

- površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Hrvatske vode. Elaborat.
- Schafer R.B., Van den Brink P.J., Liess M. (2011.): Impacts of pesticides on freshwater ecosystems. In: Sanchez-Bayo F., Van den Brink P.J., Mann R.M. ,editors. Ecological Impacts of Toxic Chemicals. Soest: Bentham Science Publishers, 111–137.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2000.): Conservation Buffers to Reduce Pesticide Losses. USDA Natural Resources Conservation Service. online dostupno na: <ftp://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/downloads/pestmgt/newconbuf.pdf>, 21 pp.
- Vellidis, G.D., Lowrance, R.R., Paige, G., Wauchope, R.D. (2002.): Herbicide transport in a restored riparian forest buffer system. Transactions Of The American Society Of Agricultural Engineers, 45(1), 89-97.
- Zacharia, J. T. (2011.): Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides. Pesticides in the Modern World - Trends in Pesticides Analysis. Stoytcheva M.(Ed.). Rijeka, InTech, 1-18. <https://doi.org/10.5772/17513>
- Zhao, Q., De Laender, F., Van den Brink, P. J. (2020.): Community composition modifies direct and indirect effects of pesticides in freshwater food webs. Science of The Total Environment, 739. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139531>

PESTICIDES IN INLAND WATERS

Abstract. Pesticides enable high agricultural yields needed to fulfil the demands of modern civilisation. This makes pesticides necessary despite their numerous negative impacts on the environment. Pesticides may cause direct or indirect damage to any group of organisms in aquatic habitats. The length of time needed for the rehabilitation of a community depends on the location and time of pollution as well as on the concentration of pesticides. The most efficient mitigation measure against harmful impacts of pesticides on aquatic habitats is the prevention of their entry into aquatic ecosystems, which can be achieved by their responsible use and protection measures, such as vegetation buffer zones and canals overgrown with vegetation that retain harmful substances and slow down their disposal in open inland waters.

Key words: aquatic habitats, polluters, watercourse pollution, watercourse protection, agriculture

PESTIZIDE IN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN

Zusammenfassung. Der Pestizideinsatz ermöglicht hohe Erträge in der Landwirtschaft, die für die Befriedigung von Bedürfnissen der modernen Zivilisation erforderlich sind. So sind Pestizide unentbehrlich trotz ihrer zahlreichen negativen Auswirkungen auf die Umwelt. In aquatischen Lebensräumen schaden sie allen Organismen, direkt oder indirekt, und die Erholungszeit für eine Artgemeinschaft hängt von der Stelle und der Zeit der Verschmutzung sowie der Pestizidkonzentration ab. Die wirksamste Maßnahme zur Abschwächung der schädlichen Auswirkungen von Pestiziden in aquatischen Lebensräumen ist es zu verhindern, dass Pestizide in aquatische Ökosysteme gelangen, was durch verantwortungsvollen Umgang und mit Schutzmaßnahmen erzielt wird, z.B. mit Vegetationspufferzonen und Kanälen mit Vegetation, die Schadstoffe zurückhalten und ihre Deponierung in Oberflächengewässern verlangsamen.

Schlüsselwörter: aquatische Lebensräume, Schadstoffe, Gewässerverschmutzung, Gewässerschutz, Landwirtschaft