



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

UPORABA FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV IN VAROVANJE VODA NA VODOVARSTVENIH OBMOČJIH

MARIO LEŠNIK





Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

© Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

Vse pravice pridržane. Brez pisnega dovoljenja založnika je prepovedano reproduciranje, distribuiranje, predelava ali druga uporaba tega dela ali njegovih delov v kakršnemkoli obsegu ali postopku, vključno s fotokopiranjem, tiskanjem ali shranjevanjem v elektronski obliki. Izjema je Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota, ki je financer izdelave in tiska monografije.

Naslov: Uporaba fitofarmaceutskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih

Avtor: izr. prof. dr. Mario Lešnik (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

Recenzija: izr. prof. dr. Andrej Simončič (Kmetijski inštitut Slovenije), prof. dr. Denis Stajniko (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede)

Lektoriranje: mag. Ksenija Škorjanc

Oblik. naslovnice: Maja Lešnik, mag. inž. arh.

Grafične priloge: Maja Lešnik, mag. inž. arh.

Tisk: Tiskarna Saje d.o.o.

Št. izvodov: 150

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

632.95:504.5

LEŠNIK, Mario

Uporaba fitofarmaceutskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih / avtor Mario Lešnik. - Maribor : Univerzitetna založba Univerze, 2017

ISBN 978-961-286-030-1

COBISS.SI-ID 91757569

Založnik:

Univerzitetna založba Univerze v Mariboru
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
tel. +386 2 250 42 42, fax +386 2 252 32 45
<http://press.um.si>, zalozba@um.si

Izdajateljica:

Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija
tel. +386 2 320 90 00, faks +386 2 616 11 58
<http://www.fkbv.um.si>, fkbnv@um.si

So-izdajatelj:

Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota
Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, Slovenija
tel. +386 2 539 14 10, faks +386 2 521 14 91
<http://www.kgzs-ms.si>, kgzs.zavod@gov.si

Cena: brezplačen izvod

Odgovorna oseba založnika: prof. dr. Igor Tičar, rektor (Univerza v Mariboru)

<https://doi.org/10.18690/978-961-286-030-1> ISBN 978-961-286-030-1

© 2017 Univerzitetna založba Univerze v Mariboru

Dostopno na: <http://press.um.si>

© University of Maribor Press

All rights reserved. No part of this book may be reprinted or reproduced or utilized in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher.

Title: The Use of Plant Protection Products and the Protection of Water at Water Protection Zones

Author: asso. prof. dr. Mario Lešnik (University of Mariboru, Faculty of Agriculture and Life Sciences)

Review: asso. prof. dr. Andrej Simončič (Agricultural Institute of Slovenia)
prof. dr. Denis Stajnkó (University of Mariboru, Faculty of Agriculture and Life Sciences)

Proofreading: mag. Ksenija Škorjanc

Foto design: Maja Lešnik, mag. inž. arh.

Cover design: Maja Lešnik, mag. inž. arh.

Print by: Tiskarna Saje d.o.o.

Number of copies: 150

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

632.95:504.5

LEŠNIK, Mario

Uporaba fitofarmaceutskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih / avtor Mario Lešnik. - Maribor : Univerzitetna založba Univerze, 2017

ISBN 978-961-286-030-1

COBISS.SI-ID 91757569

First published in 2017 by

University of Maribor Press

Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenia

tel. +386 2 250 42 42, fax +386 2 252 32 45

<http://press.um.si>, zalozba@um.si

Co-published by

University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences

Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenia

tel. +386 2 320 90 00, faks +386 2 616 11 58

<http://www.fkbv.um.si>, fkbv@um.si

Agriculture and Forestry Institute Murska Sobota

Štefana Kovača 40, 9000 Murska Sobota, Slovenia

tel. +386 2 539 14 10, faks +386 2 521 14 91

<http://www.kgzs-ms.si>, kgzs.zavod@gov.si

Price: free copy

For publisher: prof. dr. Igor Tičar, rector (University of Maribor)

<https://doi.org/10.18690/978-961-286-030-1> ISBN 978-961-286-030-1

© 2017 University of Maribor Press

Available at: <http://press.um.si/>



Uporaba fitofarmacevtskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih

Avtor:
dr. Mario Lešnik

Maj 2017



The Use of Plant Protection Products and the Protection of Water at Water Protection Zones

Author:
dr. Mario Lešnik

May 2017

Uporaba fitofarmacevtskih sredstev in varovanje voda na vodovarstvenih območjih

MARIO LEŠNIK

Povzetek: Monografija je namenjena kmetijskim svetovalcem in pridelovalcem za izobraževanje glede poti onesnaževanja podzemnih in površinskih voda s fitofarmacevtskimi sredstvi (FFS) in glede tehnik za preprečevanje onesnaževanja z njimi. Pripravili smo jo za potrebe izvajanja projekta SI-MUR-AT v okviru EU programa sodelovanja Interreg Slovenija-Avstrija 2014 – 2020. V prvem delu so sistematično obravnavane poti prehoda FFS v vode (izpiranje skozi profil tal, površinski odtoki in točkovna onesnaženja). Predstavljen je pomen pedoloških in hidroloških lastnosti tal za omejevanje izpiranja FFS. Opisanih je nekaj metod za zmanjšanje prehoda FFS v vode. Te so: spremenjen način uporabe FFS in kolobarjenja s pripravki, izboljšana analiza tveganj za izpiranje in površinski odtok FFS, spremenjen način obdelovanja tal, prilagojen način aplikacije FFS v bližini površinskih voda, zadrževanje površinskega odtoka vode z njiv v odvodne jarke in povečana uporaba mehanskih metoda zatiranja plevelov.

KLJUČNE BESEDE: • fitofarmacevtska sredstva • podzemne vode • površinske vode • varstvo • ukrepi • tehnika pridelovanja • poljščine

The Use of Plant Protection Products and the Protection of Water at Water Protection Zones

MARIO LEŠNIK

Abstract: The monograph was prepared to educate agricultural advisors and farmers on the ways of pollution of ground and surface water with plant protection products (PPP) and to present the techniques for the prevention of their water pollution. It was prepared for the project SI-MUR-AT, an EU Cooperation Program INTERREG Slovenia-Austria 2014 – 2020. In the first part, the transition paths of PPP into the water are presented (leaching through the profile of the soil, surface run-off and point source pollution). The importance of soil's pedological and hydrological characteristics for limiting PPP leaching and the methods for reducing the passage of PPP into the water are also presented. These are: the modified methods of PPP use and of rotation with preparations, improved risk analysis for leaching and runoff of PPP, changed methods of soil tillage, adapted application methods of PPP in the vicinity of surface water to reduce drift, retention measures for prevention of water runoff from arable land into the drain ditches and increased use of mechanical methods of weed control.

KEYWORDS: • plant protection products • ground water • surface water • protection
• measures • cropping techniques • field crops •

CORRESPONDENCE ADDRESS: Mario Lešnik, Ph.D., Associate Professor, University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenia, e-mail: mario.lesnik@um.si

DOI <https://doi.org/10.18690/978-961-286-030-1>

ISBN 978-961-286-030-1

© 2017 University of Maribor Press

Available at: <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/219>

Kazalo

1 Uvod.....	1
2 Zakaj nas prehajanje FFS v vode skrbi?.....	5
3 Kako prostorsko določimo velikost in obliko VVO?	7
4 Kako natančno mora pridelovalec poznati lastnosti uporabljenih pripravkov in naravo njegovih njiv?	9
5 Kako ostanki FFS preidejo v vode?	11
6 Najpomembnejši dejavniki, ki odločajo o možnem obsegu prehoda FFS v vode	13
6.1 Kemijska narava FFS	13
6.2 Kemijska, pedološka in hidrološka narava tal.....	17
6.3 Reakcija tal (pH)	19
6.4 Mikrobnost tal	21
6.5 Sovpadanje časa nanosa in intenzivnih padavin.....	21
6.6 Obdelava tal in aktivna rast rastlinskega pokrova	21
7 Običajni načini omejevanja prehoda FFS v vode	23
7.1 Administrativni ukrepi (prepovedi ali omejitve rabe bolj tveganih FFS).....	25
7.2 Organizacijski ukrepi	26
7.3 Omejevanje premeščanja FFS skozi profil tal.....	29
7.4 Omejevanje površinskega premeščanja FFS v vode	33
7.5 Urejanje zastajanja vode na depresijah znotraj njiv in odvajanje te vode v odvodne kanale	41
7.6 Preprečevanje točkovnih onesnaženj	46
7.8 Preprečevanje zanašanja FFS v površinske vode	51
7.9 Alternativne prakse zatiranja plevelov	61
8 Literatura – uporabni viri informacij (vsi spletni viri dosegljivi v aprilu 2017).....	69
8.1 Konzervirajoča obdelava tal in obnašanje FFS v tleh	69
8.2 Pedološke lastnosti tal in njihov vpliv na obnašanje FFS v njih	69
8.3 Alternativne možnosti zatiranja plevelov	70
8.4 Zanašanje FFS in površinski odtok	70

1 Uvod

Vodovarstvena območja (VVO) so tista območja, kjer v naravi nad ali ob vodnih telesih izvajamo različne gospodarske dejavnosti, zaradi katerih obstaja možnost prehajanja različnih kemijskih, mikrobioloških ali drugih onesnaževal vanje. Z namenom varovanja vodnih virov je gospodarske aktivnosti potrebno ustrezno prilagoditi, da v največji možni meri preprečimo prehajanje onesnaževal v vode. Besedilo knjižice je bilo pripravljeno za potrebe izobraževanja kmetijskih pridelovalcev in svetovalcev, za bolj učinkovito preprečevanja prehajanja FFS (fitofarmacevtskih sredstev) v vode na VVO in bližnjih območjih, vezanih na porečje reke Mure. Namen je, da bi z izobraževanjem pridelovalcev, dosegli izboljšanje stanja podzemnih in površinskih voda. Mura in pritoki spadajo v vodno območje reke Donave. Površina tega porečja znaša 1389,4 km². Dolžina vseh vodotokov na porečju Mure znaša 2611,9 km, kar predstavlja približno 8,9 % dolžine vseh vodotokov v Sloveniji. Trenutno le manjši del površine tega porečja pripada VVO območjem (pod 7 %). Najbolj definirano je VVO za vodno telo vodonosnika Apaškega polja (po Ur.l. RS 59/07, 32/11 in 22/13). Nekaj je območij razmejenih z občinskimi odloki. Za nekatera druga območja so postopki presoje za določitev VVO še v teku tako, da se bo delež površine porečja pod VVO režimi morda še povečal. Verjetno se bo povečal tudi zaradi ukrepov po NUV (Nacionalni načrt upravljanja voda), ki bo še na dodatne načine razmejil bolj ranljiva območja. Morebitne razširitve so odvisne od ugotovitev stanja voda pri rednem državnem monitoringu.

Predstavljeni koncepti so univerzalno uporabni tudi za druga VVO v Republiki Sloveniji. Obravnavali smo predvsem obvladovanje prehajanja FFS v podzemne in nadzemne vode iz njivskih površin, ker trajni nasadi na območjih VVO porečja reke Mure na stanje vodnih teles nimajo tako velikega vpliva kot njivske površine, čeprav nekateri manjši potoki, na območje prinašajo tudi nekaj izpranih FFS iz okoliških trajnih nasadov, predvsem vinogradov. Prav tako niso obravnavani pojavi prehoda FFS, uporabljenih v urbanem okolju, kjer je zelo pomemben vidik stekanje FFS iz betonskih in asfaltnih površin neposredno v odtočne sisteme za meteorne vode. Največji poudarek v tem besedilu je na aktivnostih v okviru VVOII, splošna strateška usmeritev za gospodarjenje na VVOI je kmetovanje, praktično skoraj brez uporabe klasičnih FFS. Če premišljeno kmetovanje na VVO I in II v bodočnosti ne bo omogočilo obvladovanja pojava FFS v podzemnih vodah, se lahko območja pod VVOI režimi še povečajo. **Besedilo je bilo pripravljeno v okviru aktivnosti EU projektov čezmejnega inter-regionalnega sodelovanja Slovenija/Avstrija, projekt SI-MUR-AT.** Eden od namenov projekta je povezati teoretične podlage za varovanje voda, z izvedbo praktičnih ukrepov v kmetijski pridelavi. Razpolagamo z velikimi količinami podatkov o stanju voda, imamo veliko teoretičnega znanja o poteh gibanja onesnaževal, GIS podatkov o stopnji tveganja na različnih mikro območjih, zelo težko pa naredimo večje premike v kmetijski pridelavi, da bi zmanjšali izvorni pritisk onesnaževal na vodna telesa.

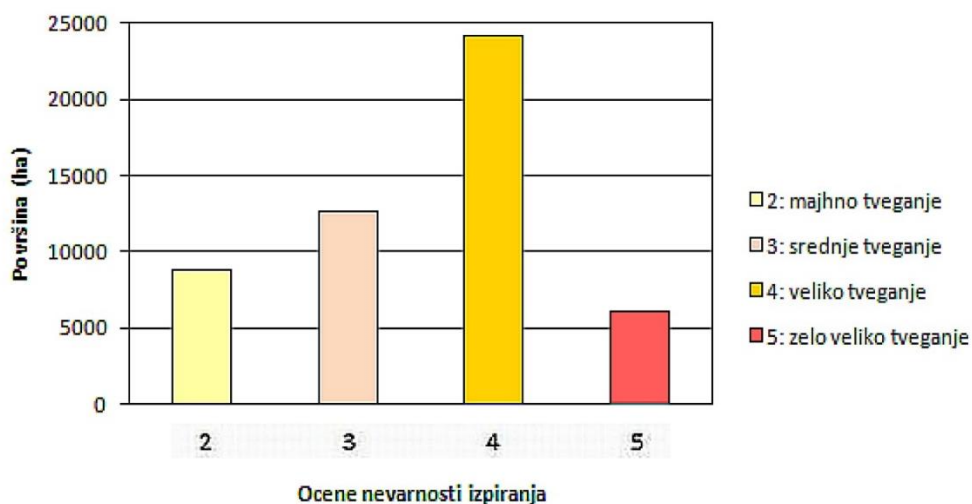
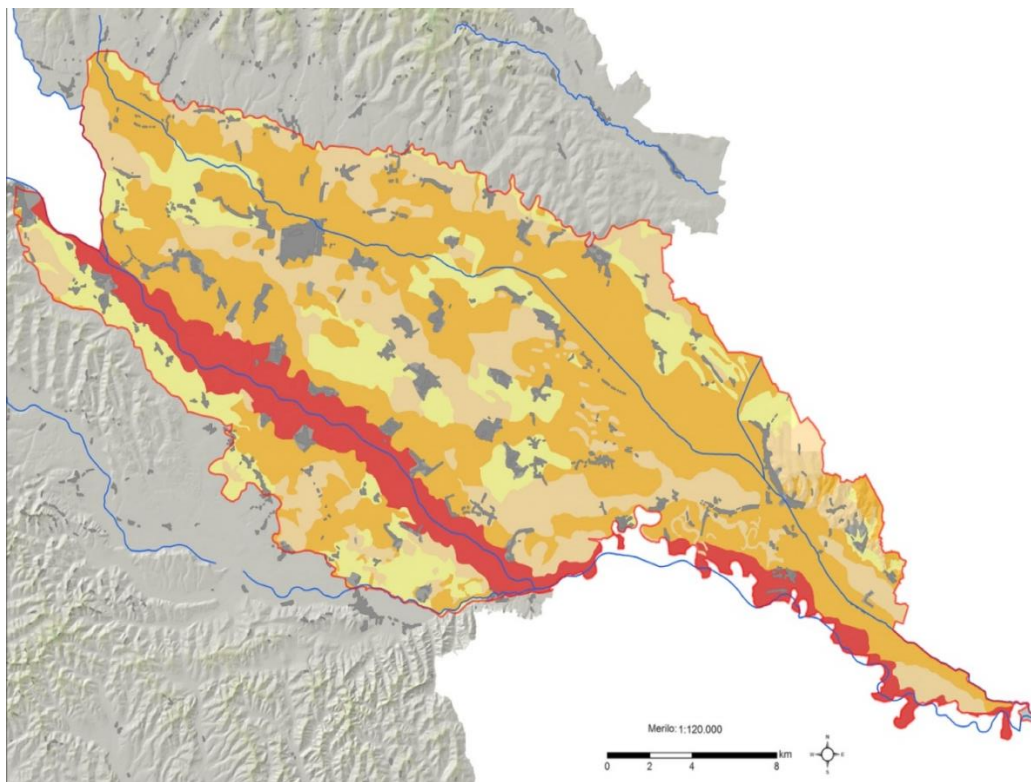
Glavni skupini onesnaževal voda, ki sta vezani na kmetijsko pridelavo, sta hranila iz gnojil in fitofarmacevtska sredstva. Raba FFS na VVO prinaša tveganja za pojav le teh v površinskih ali podtalnih vodah. Popolnoma tega pojava ni možno preprečiti, administrativno pa imamo z zakonodajo EU, postavljene meje še dopustnega prehajanja FFS v vode, ki ga evidentiramo v okviru državnega monitoringa stanja podtalnih, površinskih in pitnih voda. Statistike najdb FFS v vodah kažejo, da med najdbami prevladujejo herbicidi, le občasno najdemo kakšen fungicid in insekticid. Konkretno na VVO, vezanih za porečje reke Mure, v zadnjih letih kot najbolj pogoste najdbe zasledimo snovi: metolaklor, terbutilazin, bentazon, dikamba, klorotoluron, izoproturon in občasno tudi razkrojke atrazina. Osnovni dejavniki prehajanja FFS v vode so kemične lastnosti uporabljenih FFS, lastnosti tal, vremenski vzorci, splošna hidrologija pridelovalnega območja in način rabe FFS (GAP – angl. good agricultural practice - dobra kmetijska praksa). V

registracijskem postopku se za vsako FFS določi tudi mejne pogoje rabe, ki zagotavljajo največje možno omejevanje prehajanja FFS v vode. Če so ostanki FFS pojavijo v različnih tipih voda, je to posledica neobvladljivih izjemnih vremenskih okoliščin, neustrezne rabe, prevelike frekvence rabe, točkovnih onesnaženj in številnih drugih vzrokov.

Ker laboratorijska analitika zelo hitro napreduje, lahko v vodah odkrijemo izredno majhne količine ostankov. Velikokrat si niti ne moremo predstavljati, kako majhne. Analizo voda izvajamo na 1000 krat nižjem analitskem nivoju ($\mu\text{g/l}$; $1/1000000$), kot analize hrane (mg/kg ; $1/1000$). S sodobnimi analitskimi postopki je možno odkriti nekaj kapljic aktivne snovi FFS nekaj deset kilometrov stran od mesta vstopa v nek površinski vodni vir. Če v majhen potok odvrženo aluminijasti pokrovček plastenke s FFS, na katerem je nekaj kapljic pripravka, lahko koncentracija ostankov v potoku z nizkim vodostajem preseže še sprejemljivo koncentracijo tudi do 40 km vstran od mesta, kjer smo pokrovček vrgli v vodo. To pomeni, da v površinskih vodah lahko odkrijmo tudi zelo majhne vnose, ki so posledica drobnih napak pri izvajanju GAP. Enako velja za točkovna onesnaženja. Že pri sprostitvi majhnih količin ostankov, ob pranju škroplilnic, ko voda sproščena iz škroplilnice preide skoz tla na dvorišču ali pa se prelije v odtočne sisteme, lahko v podzemnih in površinskih vodah odkrijemo presenetljivo visoke koncentracije FFS. Težava je v tem, da lahko ostanke na VVO odkrijemo tudi pri povprečno temeljitem izvajanju GAP, kaj šele, če večje število pridelovalcev naredi več, sicer manjših napak. Potrebno se je zavedati, da lahko ostanke FFS v vodah odkrijemo tudi, če so napake pri uporabi FFS naredili posamezniki. Zaradi napak majhnega števila posameznikov, lahko posledice trpijo vsi pridelovalci na nekem obsežnem VVO. Zato je potrebna kolektivna zavest velike soodvisnosti pridelovalcev. Zaradi napak posameznikov, lahko zelo otežino kmetovanje mnogih.

Slovenija želi uravnoteženo gospodarjenje z zemljišči, ki naj omogoča hkratno pridelavo kmetijskih rastlin in izrabo vode iz vodonosnikov, ki se nahajajo pod pridelovalnimi površinami. Pri pojavu ostankov FFS v vodi (podtalni ali površinski), je v prvi točki potrebno natančno določiti vzroke (izjemni vremenski dogodki, neupoštevanje GAP, površinski odtok, možna točkovna onesnaženja, bremena iz preteklosti, ...). Šele ko je za posamezno prizadeto območje dobro definirano razmerje med različnimi vzroki, je možno ukrepanje s spreminjanjem vseh vplivnih dejavnikov, z izjemo vremena, kateremu se lahko zgolj prilagajamo. To je prva stopnja ukrepanja v vseh državah EU. Organizacija TOPPS (<http://www.topps-life.org/>) je na svoji spletni strani objavila dokument "TOPPS – water protection stakeholder survey 2016", v katerem je prikazana ocena pomena različnih poti prehajanja FFS v podzemne ali površinske vode v različnih EU državah. Analize kažejo, da so v številnih državah manj preučene poti, poleg neposrednega spiranja skozi tla, to je površinski odtok ali pa točkovno onesnaženje, skoraj enako pomembne, kot neposredno izpiranje skozi profil tal v podtalje. Če razmerje med vzroki ni znano, lahko pri ukrepanju premalo pozornosti posvetimo dejavnikom, za katere ne vemo, da imajo pomembno vlogo. Za stanje ostankov FFS v podzemnih in površinskih vodah na območjih porečja Mure tovrstnih sistematičnih analiz nimamo. V nekaterih raziskavah so bila glede na rezultate tako imenovanih "leaching, surface runoff in drift modelov", npr. FOCUS PELMO, PERL, PEDRIMO in drugih, evidentirana mikro območja, s povečanim tveganjem za prehod FFS predvsem v podzemne vode. Ta območja so znana – mikro geografsko določena (glej [sliko 1](#)). Razmerja med različnimi potmi prehoda FFS v vode se spreminjajo tako med leti, kot tudi med posameznimi točkami za jemanje vzorcev podtalnih voda. Na pedološko heterogenih območjih zelo težko najdemo dobre reprezentativne točke za jemanje vzorcev. Na splošno lahko po izkušnjah iz drugih EU držav s podobnim agro-ekosistemskim zaledjem zgolj ocenimo, da so pojavi herbicidov, kot so dikamba, bentazon, metolakor, terbutilazin, izoproturon in drugih v podtalni vodi približno v 70 do 75 % deležu vezani na neposredno izpiranje skozi tla. Ker v domačih raziskav nimamo, lahko glede pomena drugih poti prehoda (npr. točkovna onesnaženja) v podzemne vode zgolj domnevamo.

SLIKA 1: Prikaz površin z različno kategorijo tveganja za izpiranje FFS za območje Murske kotline in obseg površin kmetijskih zemljišč v posamezni kategoriji. (Vir: Šinkovec Marjan in sod. (2011). Zaključno poročilo projekta Climate change and impacts on water supply (CC-WaterS) - Podnebne spremembe - vpliv na kmetijstvo in emisije v podzemne vode. Kmetijski inštitut Slovenije).



Če so vzorčna mesta za jemanje vzorcev talne vode zelo blizu mest s točkovnimi onesnaženji, potem na osnovi posameznih analiz za širše območje, ne moremo dobiti realne slike koncentracije onesnaževal v vodonosniku. Za porečje Mure trenutno še ne razpolagamo z modeli za dinamično opisovanje povezave med podzemnimi in nadzemnimi vodami, da bi lahko ocenili, ali obstaja realna možnost hitrega prehajanja onesnaževal iz površinskih v podzemne vode. Vsekakor procesi niso tako intenzivni kot pri kraških vodonosnikih. Na nekaterih območjih so zasipali mrtve rokave in z njimi povezane kanale in nad njimi naredili kmetijska zemljišča. Antropogeno izoblikovan geološki profil pri takšnih zemljiščih verjetno omogoča hitre povezave med površinskimi in podtalnimi vodami. Pri nepričakovanih najdbah snovi z zelo majhno topnostjo v vodi (npr. pendimetalin ali nekateri fungicidi), se pogosto pokaže, da ni šlo za klasično izpiranje skozi talni profil, temveč za druge procese (npr. površinski odtok). Tudi glede pomena različnih poti prehoda FFS v površinske vode nimamo zanesljivih domačih podatkov. Po naši oceni je najpomembnejši dejavnik površinski odtok, ki k ugotovljenim koncentracijam FFS v površinskih vodah prispeva vsaj v 50 % deležu, toliko kot vsi ostali dejavniki, npr. zanašanje FFS ob aplikaciji, točkovna onesnaženja in drugi nepojasneni procesi, skupaj. Obstajajo zapleteni hidrološki procesi, ki lahko omogočajo tudi povratno prehajanje FFS iz podzemnih v površinske vode. Iz območji na avstrijski strani porečja Mure so opisani pojavi, ko podzemna voda napaja površinska vodna telesa. Če podzemna voda izvira iz območji z veliko obremenitvijo FFS, lahko površinsko vodno telo, ki ga napaja takšna podzemna voda, vsebuje FFS kljub temu, da uporabe FFS v njegovi bližini sploh ni. To je na primer značilno za pretakanje podtalne vode iz višjih na nižje obrečne terase.

Želja, da bi hkrati izrabljali isti naravni vir za pridelovaje hrane in za oskrbo z vodo na tipih tal in tipih medzrninskih vodonosnikov kot jih imamo mi, je zelo zahtevna. Marsikje v tujini jim to ne uspe in vodarji zagotavljajo čisto vodo s postopki popolnega kemijskega čiščenja. Naša politična odločitev je, da tega ne bomo počeli. Trenutno so za reševanje pojavov občasnih onesnaženj sprejemljive le rešitve za mešanje onesnaženih in čistih voda do stopnje, da pridemo pod dovoljeno mejo ostankov FFS v pitni vodi, to je pod 0,1 µg/l za večino posameznih običajnih FFS ali pod kumulativno vsoto vseh ostankov FFS 0,5 µg/l. Dodatno, kot skrajni ukrep, uporabimo še prepoved rabe določenih FFS, ki jih prevečkrat najdemo v vodnih virih. Glede pojava FFS v podzemnih vodah so prebivalcem Slovenije na voljo različni informacijski viri (razna poročila ARSO – Agencija RS za okolje). Pregleden dostopen vir je na primer interaktivni portal ARSO "Kakovost podzemnih voda GIS pregledovalnik" (<http://gis.arso.gov.si/apigis/podzemnevode/>). Za VVO, vezana na porečje reke Mure, so prikazani podatki iz vzorčnih mest kot so na primer Krog, Segovci, Podgrad, Lutverci, Črnci, Žepovci, Lipovci, Rakičan, Gančani, Rankovci, Vučja vas, Benica in nekaterih drugih. Dostopna so tudi letna poročila o stanju pitne vode podjetij, ki so upravljalci vodovodnih sistemov (npr. sistem B Murska Sobota na <http://vodovod-b.si/informacije/porocila/>)

2 Zakaj nas prehajanje FFS v vode skrbi?

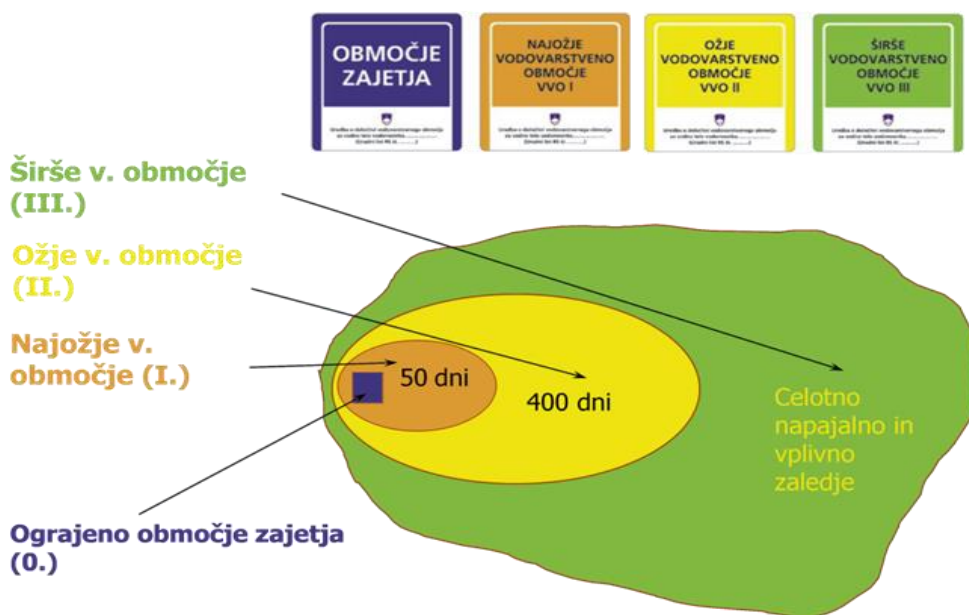
Ostanki FFS lahko na različne načine ogrožajo organizme v vseh tipih voda. Ko iz podzemnih voda preidejo v vodonosnike, ki služijo kot vir pitne vode, pa vplivajo tudi na zdravje ljudi. Organizmi v vodah so bolj izpostavljeni kot kopenski organizmi, ker kemikalije v njihovo telo lahko vstopajo skozi celotno površino telesa in še po prehranski poti. Za vodno okolje je znano, da v njem zelo hitro pride do kopičenja onesnaževal v organizmih preko procesov verižnega kopičenja v prehranski verigi. Najvišje koncentracije potem beležimo v najvišjih členih prehranskih verig, to je v ribah. Ker pa se z ribami hranijo tudi druge živali in ljudje, se koncentrirani ostanki skozi prehransko verigo lahko prenašajo tudi v druge dele ekosistema. Pri vodnih organizmih je prav tako kot pri človeku, najbolj pereče genotoksično delovanje in delovanje po mehanizmih hormonskih motilcev. Okvare v dedni snovi in pri regulatornem delovanju hormonov vodijo do osebkov, ki niso sposobni razmnoževanja. Oba učinka združeno vodita do oslabitve življenjske moči (fitnesa) populacij vodnih organizmov, kar lahko vpliva na dolgoročni obstoj velikega števila vrst. Številne vrste vodnih habitatov so ogrožene zaradi mnogih drugih onesnaževal in tudi od procesov evτροφikacije voda s hranili, ob hkratnem zmanjšanju pretoka in velikem poviševanju temperature ob bolj pogostih poletnih sušah. Porečje Mure je ekosistemsko specifično, saj reko spremlja obsežen zamočvirjen svet z veliko pestrostjo organizmov, ki je z okoliškimi njivami povezan s površinskimi kanali, preko katerih se iz njiv v mokrišča ob deževjih sprosti velik erozijski val. Ta zamočvirjen svet je po drugi strani tudi zelo učinkovit naravni filter.

Voda je živilo, ki jo v telo vnašamo v velikih količinah in dopustna količina ostankov FFS v njej je bistveno nižja, kot v običajni hrani. Kljub napredku znanosti, ne moremo predvideti vseh posledic izpostavljenosti FFS, zato smo do ostankov v pitni vodi zelo kritični. Postavljene meje glede dovoljenih koncentracij ostankov FFS v vodi so birokratske in ne realno toksikološke. To je tako imenovani previdnostni koncept. Enako ravnamo z vsemi drugimi onesnaževali voda in spisek teh je zelo dolg. Zaenkrat stojimo za nekim varnostnim faktorjem, ki po trenutnih znanstvenih dognanjih zagotavlja, da naše zdravje ni ogroženo tudi, če v vodah za krajša časovna obdobja najdemo ostanke FFS malo nad $0,1 \mu\text{g/l}$. Na splošno lahko rečemo, da stanje podzemnih voda v Sloveniji ni slabo. Število vzorcev s preseženimi vrednostmi (nad $0,1$ ali $0,5 \mu\text{g/l}$) ni veliko. Tudi rezultati vzorčenj pitne vode ("s pipe") kažejo nek trend izboljševanja. Za večji del porečja Mure (Murska kotlina) podatki za zadnjih nekaj let kažejo, da se povprečna letna količina vsote vseh FFS v podzemnih vodah giblje med $0,14$ do $0,18 \mu\text{g/l}$, kar je približno 40 % zgornje meje $0,5 \mu\text{g/l}$. Pri trenutni stopnji onesnaženja podtalnih voda, vodarji še uspejo zagotoviti visoko kakovost pitne vode v pogledu ostankov FFS. Pri vzorčenjih vode "s pipe" na porečju Mure še vedno lahko pri precejšnjem deležu vzorcev najdemo zelo nizke koncentracije ostankov FFS. Sodobne analitske naprave omogočajo detekcijo ostankov FFS daleč pod mejo, ki ja zakonsko predpisana, kot meja za določanje ustreznosti vode za pitje. Delež vzorcev pitne vode s prisotnostjo FFS je na območju porečja Mure nekoliko višji, kot je povprečje za celotno RS. S tega stališča so dodatne aktivnosti za izboljševanje kakovosti voda na območju porečja Mure vsekakor upravičene. Podatki, vezani za pojave koncentracij FFS nad $0,1$ oziroma $0,5 \mu\text{g/l}$ v podzemnih vodah, iz zadnjih let kažejo, da potrebe po dodatnem zaostrovanju pogojev kmetovanja ni. Podatki, glede na določila Uredbe o stanju površinskih voda (Ur.l. RS, št. 14/2009, 98/2010, 96/2013 in 24/2016) za stanje površinskih voda ne kažejo obsežnih onesnaženj s FFS. Skupno imamo v Sloveniji nekje med 170 in 180 površinskih vodnih teles in manj kot pri 10 % teh teles so podane ocene, da so s stališča ostankov FFS prekomerno obremenjena (obdobje zadnjih nekaj let). Tudi pri najdbah v površinskih vodah so prevladujoči herbicidi z največjo frekvenco uporabe (npr. metolaklor in terbutilazin). Pri fungicidih imamo občasne najdbe snovi metalaksil.

3 Kako prostorsko določimo velikost in obliko VVO?

Pri določitvi VVO je potrebno sodelovanje velikega števila strokovnjakov (pedologi, hidrologi, geologi, vodarji, agronomi, kemiki, ...). Najprej se določijo 2-D in 3-D velikost vodnih teles, velikost prispevnih zbirnih območjih in smeri pretokov, nato se z modeli za hidravlično prehajanje – potovanje onesnaževal določi mikro območja z različnimi stopnjami tveganja za izpiranje ali kopičenje onesnaževal. Pri različnih onesnaževalih se določi hitrost hidravličnega potovanja in hitrost razpadanja. Hitrost potovanja onesnaževal se poda v obliki obdobja (dnevi) od sprostitve v vodni sistem do dospelja v neko točko, na primer do črpališča vode. Pri kmetijstvu so v glavnem omejitve vnosa hranil in FFS, pri industriji se srečamo s številnimi drugimi snovmi. Mejne točke območij do črpališč pitne vode so na primer 50 dni, 300 dni ali 400 dni (glej sliko 2). Potem se glede na značilnosti vodonosnikov, vodnih teles, določi več območji z različno stopnjo omejitve določenih gospodarskih aktivnosti. V Sloveniji imamo postopke za razmejevanje območjih podane v zakonskih predpisih (npr. Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja). Območje zajetja je običajno ograjeno in v glavnem se tam izvajajo le dela za vzdrževanje rastja. V I. vodovarstvenem območju imamo navadno obsežne prepovedi rabe FFS, v II. vodovarstvenem območju pa manjše omejitve rabe FFS. Če je na voljo veliko pedoloških in hidroloških podlag, lahko območja razmejimo zelo natančno, če pa teh ni, jih razmejimo pavšalno, delno tudi glede na zgodovino najdb FFS v podzemnih vodah ali vodnjakih.

SLIKA 2: Običajne kategorije varovanih območij okrog črpališč pitne vode pri medzrninskih vodonosnikih. (Povzeto po Matoz H., Brenčič M., Prestor J. in Kompare B. (2005) Vodovarstvena območja, Zbornik prada vanj in referatov 7. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, s. 21).



Pogoste najdbe FFS v vodnjakih lahko vodijo v razširitev VVOI tudi brez predhodnih opravljenih dodatnih poglobljenih študij. To v kmetijstvu povzroča nezadovoljstvo, saj se kmetije lahko čez

noč najdejo na VVOI. Da se to ne zgodi, je potrebno strokovno uporabljati FFS tudi na VVOII in širše. **Strokovno delo na VVOII je pogoj, da ne pride do povečevanja VVOI, kjer je običajno kmetovanje zelo oteženo.** Ker je omejevanje uporabe FFS povezano tudi z omejevanjem uporabljenih gnojil, lahko rečemo, da napake pri gnojenju tudi povečajo vrednosti na VVOI in s tem zaradi napak pri gnojenju, pozneje ne moremo uporabljati FFS.

4 Kako natančno mora pridelovalec poznati lastnosti uporabljenih pripravkov in naravo njegovih njiv?

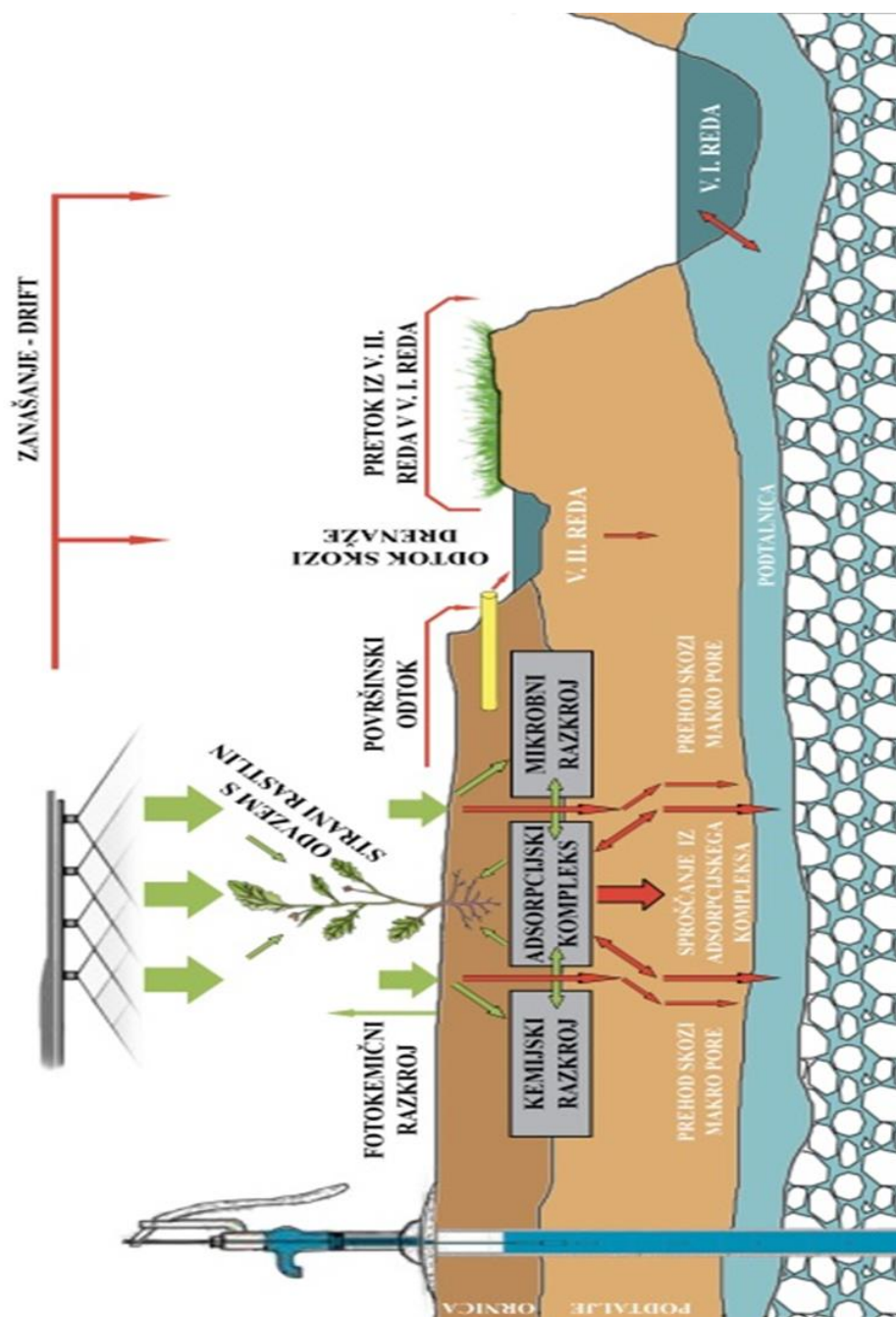
Pred vsako uporabo FFS je potrebno natančno prebrati navodila in jih tudi razumeti. Teoretično bi naj popolno izpolnjevanje vseh zahtev GAP zagotovilo, da pri uporabi FFS ne pride do nedopustnega obsega sprostitve ostankov FFS v vodna telesa. GAP predstavlja zelo širok nabor ravnanj pri uporabi FFS, ki jih ni mogoče vseh zapisati v navodilo za uporabo FFS. Širše je GAP prikazan v publikaciji "Temeljna načela dobre kmetijske prakse varstva rastlin in varne rabe fitofarmacevtskih sredstev", ki je prosto dostopna na spletnih straneh Uprave za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin RS www.uvhvvr.gov.si/.../Temeljna_nacela_varstva_rastlin_in_varne_rabe_FFS_2013.p.

Izkušnje pri nas in v tujini glede pojava ostankov FFS v vodnih virih kažejo, da je potrebno storiti nekaj več, kot izpolniti vse osnovne zahteve iz navodil za rabo FFS. Potrebna je tudi dodatna lastna presoja obvladljivih tveganj in potrebnih dodatnih ukrepov. To zahteva znanje, sposobnost ocenjevanja tveganj in kritičnost do uporabe FFS. Pridelovalec bi moral dobro poznati pedološke lastnosti njiv, režim gibanja podtalnice, pojav daljših padavinskih obdobj in zastajanja vode na njivah, delovanje sistema površinskih odvodnih kanalov in podobno. Omenjene lastnosti pridelovalnih območij so tudi pomembne za izvedbo opravil pri obdelavi tal, setvi in dognojevanju. Za ocenjevanje tveganj so ponekod na voljo spletna interaktivna orodja, ki jih pridelovalci lahko uporabijo. Primer takšnih orodij so orodja dostopna na spletnih straneh organizacije TOPPS (<http://www.topps-life.org/>). V zavihkih drift (zanašanje), point sources (točkovna onesnaženja) in surface runoff (površinski odtok) so pod-zavihki tools (interaktivna orodja). V pod-zavihkih tools (orodja) so dostopni preprosti interaktivni programi za oceno tveganj na nivoju posamezne njive za onesnaževanje voda s FFS po različnih poteh. Nekateri prevodi strokovnih navodil organizacije TOPPS so na voljo tudi v slovenskem jeziku na spletnih straneh GIZ FitoFarmacija (<http://www.fitofarmacija.si/>, zavihek "Dobra kmetijska praksa varstva rastlin za boljše varovanje voda"). Tudi priročnik "TOPPS" je možno pridobiti na spletni strani TOPPS. V nekaterih državah EU je ocena tveganja obvezna in v sistemu subvencij je po sistemu skladnosti, pridelovalec za vsak GERK dolžan narediti oceno tveganja za izpiranje FFS. Potem pridelovalec ravna pri uporabi FFS oceni tveganja prilagojeno. Priporočljiv je ogled spletnih strani v Angliji (<https://www.gov.uk/guidance/soil-management-standards-for-farmers>), kjer so kmetje po pravilih navskrižne skladnosti (angl. Cross Compliance) dolžni pripraviti zapise o tveganjih za vsak posamezen GERK. Takšen dokument v pravilniku o subvencijah imenujejo "Soil risk record map / Soil risk matrix" (glej na <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?id=2RRVTHNXTS.809LB5VXPJ8RH> in <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?id=2RRVTHNXTS.809LAU4B8BWQL>).

5 Kako ostanki FFS preidejo v vode?

Poti prehoda FFS v vodne vire (**glej sliko 3**) lahko razdelimo v naslednje skupine: pronicanje skozi tla preko sistema makro por (gibanje delcev talnih agregatov in tekočine) ali preko mikro kapilarnega sistema (v tekočinah raztopljena FFS, ki se niso uspela dovolj močno vezati na talne adsorpcijske komplekse), površinski odtok ob različnih erozijskih procesih, odtok preko drenažnih ali krtičnih sistemov, zanašanje ob aplikaciji, točkovna onesnaženja ob razlitjih, čiščenju naprav, neustrezno ravnanje z odpadno embalažo in drugo. Nekatere poti so bolj pomembne za podtalne vode, druge za površinske. Pri različnih vodonosnikih obstajajo različne poti in povezave med podzemnimi in nadzemni vodami. Včasih aktivne povezave večji del leta ni in povezava nastopi le ob vremenskih ekstremih (poplave ali suše).

SLIKA 3: Shematski prikaz običajnih poti prehajanja FFS v vode.



Poplave povzročijo velik dvig podtalne vode in zasičenost tal z vodo, kar omogoči sprostitve FFS iz talnega adsorpcijskega kompleksa. Suše povzročijo ustavitev razgradnje FFS, izrazito povečanje deleža makro por v tleh in ob nastopu večjih padavin po daljšem sušnem obdobju, lahko pride do premeščanja FFS v globino po makro porah. Poznavanje značilnosti poti definira ukrepe, s katerimi lahko zmanjšamo prehod. Pri točkovnih virih lahko zelo učinkovito ukrepamo, vremenskih dogodkov po aplikaciji FFS, pa ne moremo regulirati. Preprečimo lahko nanos tveganih FFS pred obsežnimi deževji.

6 Najpomembnejši dejavniki, ki odločajo o možnem obsegu prehoda FFS v vode

Kljub temu, da se ne pričakuje, da je običajen uporabnik FFS strokovnjak za kemijo pesticidov, pedologijo in hidrologijo, je minimalno znanje teh disciplin za razumevanje pravilne uporabe FFS, dobrodošlo. Ker so herbicidi glavna težava, je večji del obrazložitve v tej knjižici posvečen njim, predstavljeno pa velja tudi za druge skupine FFS.

6.1 Kemijska narava FFS

Na izpiranje ima velik vpliv razmerje med topnostjo v vodi, hitrostjo razpadanja (kemičnega in mikrobiološkega) in kapaciteto vezave na talne organske (različne oblike humusa) in anorganske komplekse (različne oblike mineralov glin). V **preglednici 1** imamo prikaz razmerij med pomembnimi lastnostmi nekaterih herbicidov, ki vplivajo na povečana tveganja za izpiranje. Topnost v vodi je prva neposredno pomembna lastnost. Kadar presega mejo 50 mg/l na liter, se že pojavi možnost izpiranja pri večini tipov tal. Kadar topnost presega 500 mg/l je zmerno izpiranje skoraj neizbežno. Visoka topnost v vodi predstavlja nevarnost predvsem takrat, kadar je hkrati tudi moč vezave herbicida na talne delce majhna in razkroj poteka počasi. Potencialno moč vezave na talni adsorpcijski kompleks opisujemo s **K_{oc} vrednostjo**.

Preglednica 1: Primerjava lastnosti herbicidov, ki imajo značilen vpliv na potencial za izpiranje skozi tla. Prikazane vrednosti so povprečja za več različnih tipov tal in lahko odstopajo $\pm 30\%$ (povzeto po različnih spletnih bazah o lastnostih FFS).

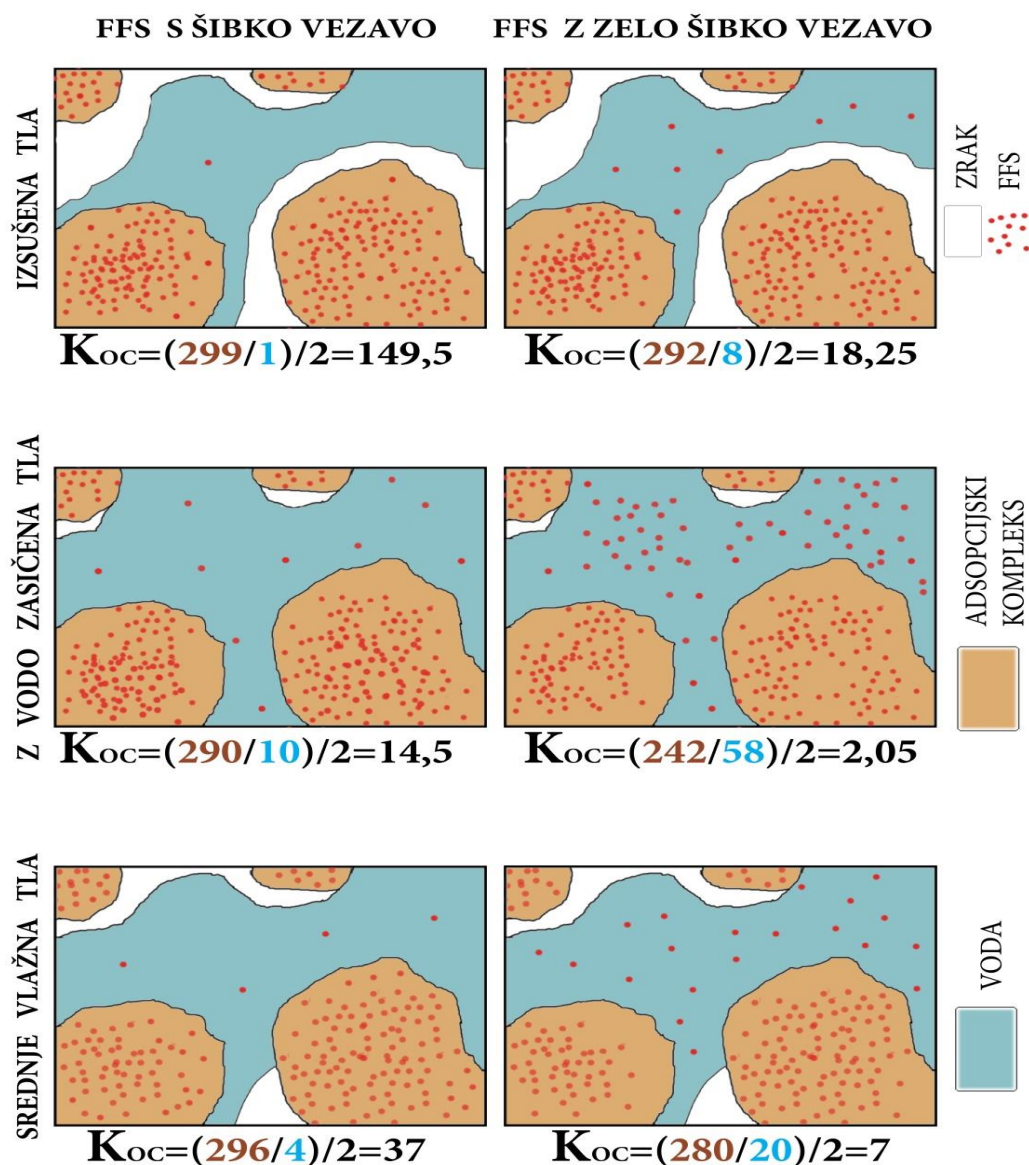
Aktivna snov:	Topnost v vodi mg/l	K _{oc} vrednost (ml/g)	Razpadna doba DT ₅₀ (v dnevih)
2,4-D (DMA)	657000	46	7-34
2,4-D (2 EHE)	0,1-1	> 20000	7-51
Bentazon	570	13,3 - 176	12-14
Bromoksinil	130	190	7-10
Atrazin	33	39-173	77-150
Cianazin	171	190	14-30
Cikloksidim	30-40	60-120	0,5-12
Desmedifam	7	1500-10500	8-34
Dimetenamid-P	1200	150-300	8-43 (30)
Diflufenikan	0,05	3200	> 200
Dikamba	27200	2 (2-5)	5-14
Diklorprop	350	12-40	21-25
Dimetaklor	2,3	63	4-15
Diklobenil	14,6 (21,2)	235	30-180 (30-150)
Glifosat	11600 (15700-900000)	6000 - 24000	20-174 (50-60)
Etofumesat	50	150-203	90-400
Izoksafutol	6,2	110-400	10-60
Izoproturon	70	120	12-14
Flazasulfuron	2100	50	10
Fluazifop-p-butyl	1,1	5800	1-28
Flufenacet	56	200-220	40
Flukloridon	12	1000	20-100
Florasulam	6400	22	7-10
Fluroksipir	6500	66	3-7
Flumetsulam	5650	28	30-45
Foramsulfuron	32600	78	28-30
Imazamoks	626000	67	25-30
Izoksaben	1,42-2	340-360	90-205
Klomazon	1100	240-300	30-135
Klorotoluron	74	205	30-45
Klopiralid	143000 (300000)	4,64 (6)	8-66 (40)
Kloridazon	34- 380	13-30	100-120
Kvizalofop	0,3-1	350	40
Linuron	63,8	400-600	38-67 (60)

Preglednica 1: Nadaljevanje

Aktivna snov:	Topnost v vodi mg/l	Koc vrednost (ml/g)	Razpadna doba DT50 (v dnevih)
MCPA	29390	74	15
MCPP	734	26	13
Matamitron	1,77	93	30-40
Mezosulfuron	21	134	3-9
Metazaklor	430-450	134	3-9
Metolaklor-S	480	180-200	30-50-100
Metribuzin	1050	60	30-60
Mezotrion	160	80-400	5-15
Napropamid	73	470-1200	9-131
Nikosulfuron	18500	37	24-43
Oksiflufen	0,116 (0,12)	2891-32381	50-200
Oksadiazon	1 (0,7)	1400-3200	90-180
Pinoksaden	200	320	1-3
Pendimetalin	0,3 (0,27)	17200	44-120
Pioksulam	3200	32	19
Petoksamid	400	154	6-8
Prosulfuron	4000	23	16
Prosulfokarb	13,2	1600	31
Prometrin	33	400	50-60
Propakvizafop	0,63	2200	2-7
Rimsulfuron	3750	47	10-21
Simazin	6,2	103-277	30-110
Tienkarbazon-metil	436	100	17
Tembotrion	28300	110	80-90
Topramezon	100000	93	> 200
Terbutilazin	8,5	162-287	30-60
Tribenuron	2000	31	14
Tifensulfuron-metil	5100 - 6270	29	6-14
Trifluralin	0,221 (0,3)	6400-13400	45-126
Triasulfuron	815	16-190	19 (70-140)
Tritosulfuron	30-80	7-10	60-120

K_{oc} vrednost je razmerje med vrednostjo K_d (porazdelitveni koeficient) in masnim deležem organskega ogljika v tleh. K_d opisuje razmerje med količino adsorbiranega herbicida na mineralni adsorpcijski kompleks tal (v mg/kg) in količino herbicida, ki je razporejena v talni raztopini (v $\mu\text{M/liter}$). Nižja je K_{oc} vrednost, slabše se herbicid veže na adsorpcijski kompleks tal, večji delež od celote je sproščen v vodo in večji delež se lahko izpere. Preprost prikaz interpretacije kazalca K_{oc} je viden na [sliki 4](#). Na [sliki 3](#) se vidi razmerje med vezanimi FFS v talni vodi in na adsorpcijskem kompleksu v razmerah z običajno talno vlago in v razmerah suše ali deževja.

SLIKA 4: Shematski prikaz obrazložitve pomena parametra K_{oc} v povprečno težkih tleh z 2,5 % organske snovi (poenostavljeno z 2 % organskega ogljika) v razmerah z različno količino vlage v tleh. Teoretični model za 300 molekul FFS, porazdeljenih med talno vodo in koloidnimi delci.



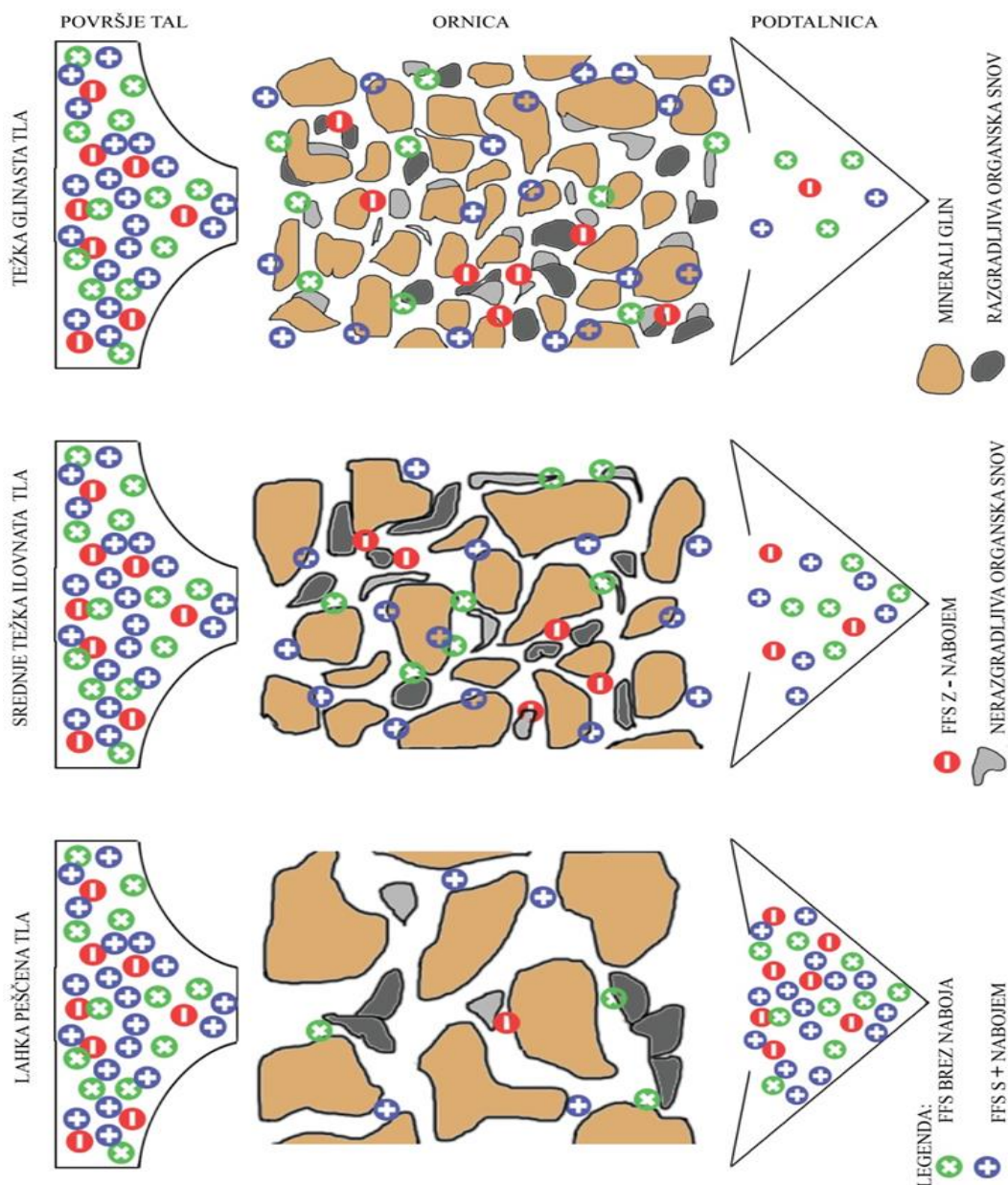
Voda tako v molekularni obliki, kot v obliki H_3O^+ in OH^- , je hkrati topilo, medij in konkurent za vezavno na adsorpcijski kompleks. Zelo nizke K_{oc} vrednosti imajo naslednji herbicidi: bentazon, bromacil, klorosulfuron, klopirialid, dikamba, haloksifop, mekoprop, metribuzin, nikosulfuron, pikloram, primisulfuron, terbacil, tritosulfuron in triklorpir. Med najbolj tvegane herbicide za izpiranje uvrščamo snovi, ki imajo topnost v vodi več kot 500 mg na liter, kjer je K_{oc} vrednost nižja od 100 in je razpadna doba DT_{50} daljša od dveh mesecev. Kadar imajo herbicidi visoko topnost in nizko K_{oc} vrednost, a zelo hitro razpadajo (na primer v 7 do 10 dneh), niso tako nevarni za izpiranje. Mikrobi in procesi vodne hidrolize jih razgradijo prej, preden zapustijo plast ornice. Če pogledamo podatke v preglednici 1, lahko zelo hitro vidimo ozadje pojava nekaterih herbicidov v podtalni vodi in ugotovimo, zakaj je prišlo do prepovedi njihove rabe na VVOI. Med najbolj

pogosto najdenimi herbicidi v podtalnih vodah najdemo metolaklor ($K_{oc} = 180-220$ in DT50 do 100 dni). Vzrok za to, poleg velike frekvence rabe je ta, da spada med herbicide, ki so sicer polarni, vendar neionizirajoči. Takšni se slabo vežejo na adsorpcijski kompleks, hkrati pa počasi razpadajo. Dodatno pa na povečano sproščanje vpliva zmanjšanje deleža organske snovi v tleh in nizka stopnja mikrobiološke aktivnosti. Organska snov je odločujoč dejavnik za vezavo herbicidov, kot je metolaklor.

6.2 Kemijska, pedološka in hidrološka narava tal

Velik vpliv ima delež organske snovi in glinenih delcev, kar se odrazi v kationski izmenjalni kapaciteti tal (angl. CEC – cation exchange capacity), reakcija tal (pH), kapaciteta za zadrževanje vode in razmerje med mikro in makro porami. Tla z velikim deležem organske snovi in glinenih delcev (tako imenovani aktivni sorptivni del tal) imajo v območju običajne kislosti dobrih tal (6-7,5) veliko sposobnost vezave molekul FFS. Delci organske snovi in glinenih mineralov imajo veliko kemijsko aktivnih mest vezave. Sorptivno kapaciteto organskega dela lahko popravimo na srednji rok s povečanjem deleža humusa (povečan vnos organskih gnojil in zeleno gnojenje), za povečanje kapacitete anorganskega dela, pa potrebujemo več časa (na kratki rok lahko učinkujemo le s spremembo pH). Hitro povečevanje organske snovi pri izrazito peščenih tipih tal je možno le z direktnim vnosom organske snovi v končni nerazgradljivi obliki (npr. gnojenje z huminskimi kislinami (npr. K-humati), z leonarditom in morda z ogljem). Za oceno možnosti prehajanja herbicidov v podtalnico na nekem zemljišču je pomembno tudi to, katera frakcija talnega adsorpcijskega kompleksa je prevladujoča (razmerje med organsko snovjo in minerali glin) in kakšno je razmerje med nerazgradljivo in razgradljivo organsko snovjo. Če je razmerje pri organski snovi manjše kot 1:6, lahko organska snov veže tudi precejšen del nepolarnih in negativno nabitih snovi. Ker so minerali glin večinoma površinsko le negativno nabiti, imajo sposobnost vezanja pozitivno nabitih polarnih snovi, negativno nabitih snovi ne morejo vezati. Nekatere oblike organske snovi imajo večjo sposobnost vezanja nepolarnih snovi, ker imajo na površju tako pozitivna kot negativna vezavna mesta, oziroma posebna vezavna mesta za privlak nepolarnih molekul. Praktični prikaz učinka razmerja med različnimi vrstami talnih delcev na hitrost prehajanja FFS v podtalje, je viden na sliki 5. Med herbicide z bolj nepolarno naravo uvrščamo linuron, flufenacet, pendimetalin, pinoksaden, trifluralin in karfentrazon. V tleh z veliko glin in malo organske snovi prav tako lahko pride do izpiranja herbicidov, če imajo ti naravo nepolarnih molekul. Podobno velja za plinsko olje in bencine. Pri njih je organska snov pomembnejša za vezavo, kot minerali glin. Pri nekaterih FFS ima odločilen vpliv formulacija herbicida, tako so na primer hormonski herbicidi v obliki soli (npr. 2,4-D amin – pripravek Herbocid) polarni in topni v vodi, estrske oblike (npr. 2,4-D ester – pripravek Esteron) pa so nepolarne in niso v vodi topne. To povzroči veliko razliko v hitrosti prehajanja teh dveh oblik herbicida skozi talni profil. Pri estrskih oblikah (K_{oc} več kot 20000) imamo manj možnosti za pojav v podtalni vodi, kot pri amino oblikah soli (K_{oc} 70-140). Trditev velja, če tla niso preveč revna z organsko snovjo.

SLIKA 5: Praktični poenostavljen prikaz učinka razmerja med različnimi vrstami talnih delcev na hitrost prehajanja FFS skozi ornico v podtalje.



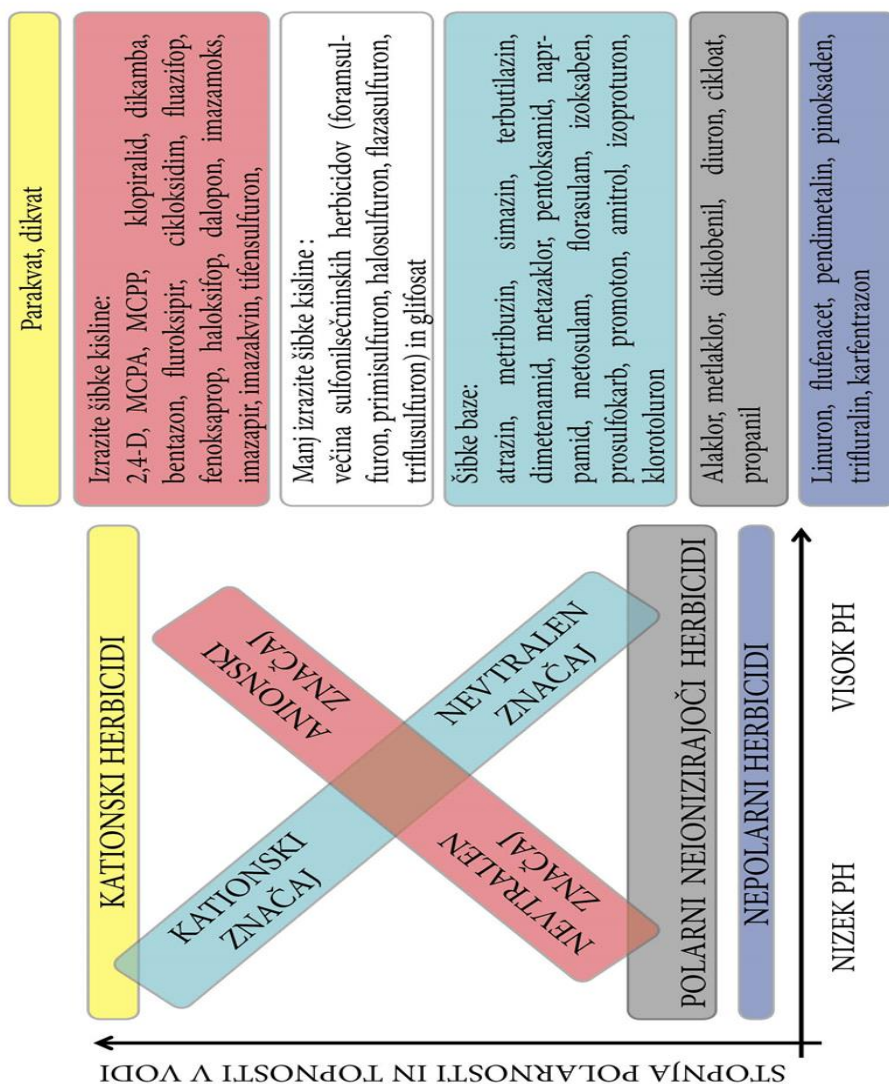
Pomemben vpliv ima struktura tal (velikost delcev in razmerja med makro in mikro porami). Če tla lahko zadržijo veliko vode, se voda, ki pade na njivo ob obilnih padavinah, zadrži v plasti ornice in te plasti ne zapusti. Potem je tam zadržana dovolj časa, da se v vodo sproščene molekule FFS ponovno vežejo nazaj na adsorpcijski kompleks, kjer so varne pred izpiranjem. Če tla ne morejo zadržati vode, je ob večjih padavinah, izpiranje FFS v globlje plasti neizbežno. Na razmerje med kapilarami in makroporami ima velik vpliv obdelovanje tal, pestrost talnih živali in globina ter tip koreninskega sistema tam rastočih rastlin. Če tla po daljšem sušnem obdobju površinsko razpokajo do 10 cm, potem to lahko prispeva k večji kapaciteti za zadrževanje vode. Prav tako lahko več vode zadržijo tla kmalu po obdelavi, ko še niso zaključeni procesi sesedanja

makro por. Če se zaradi velike suše, makro pore poglobijo do dna ornice ali dlje, to povzroči povečano tveganje za prenos herbicidov in drugih FFS v globino.

6.3 Reakcija tal (pH)

Reakcija tal (pH) ima številne zapletene učinke. Spremeni se stanje zasičenosti talnega adsorpcijskega kompleksa (H_3O^+ ioni se vežejo na koloide in izrivajo kovine), količina površinskih nabojev na adsorpcijskem kompleksu, površinski naboj FFS, moč vezave molekul FFS na adsorpcijski kompleks in hitrost razgradnje. Oddaljevanje od območja pH 6-7 lahko povečuje obstojnost enih FFS, ali pa povzroči povečano sproščanje drugih FFS iz adsorpcijskega kompleksa. Odklon v obe smeri lahko poveča pojav določenih ostankov FFS v vodi. To je pomembno tudi za bolj obstojne insekticide in fungicide. pH nima vpliva na gibanje FFS, ki ne ionizirajo (npr. trifluralin) ali na takšne, ki imajo izraziti pozitivni naboj (npr. dikvat in parakvat). Imamo primere, ko nižanje pH, povečuje nabitost v smeri pozitivnega naboja pri bazičnih herbicidih. Tako na primer nizek pH v tleh, povzroči spremembo naboja pri atrazinu in metribuzinu in postaneta bolj pozitivna (vezava H^+) ter se veliko bolje vežeta na tla, se manj spirata, a zaradi tega v tleh ostaneta bistveno dlje časa. Pri pH 7 se atrazin obnaša kot nepolaren herbicid in je izpiranje večje. Pri nižjem pH se poveča sproščanje imidazolinonskih (npr. imazamoks) in izoksazolidinonskih herbicidov (npr. izoksafutol) in poveča se izpiranje. Pri herbicidih s karakterjem kislin je obratno, pozitivni naboj (vezava H^+) se zmanjšuje s povečevanjem pH in postajajo vse bolj negativno nabiti (npr. klopiramid, dikamba in fluroksipir). Bolj kot so negativno nabiti, slabše se vežejo na tla in močnejše se spirajo. Tako se pri povišanju pH povečuje izpiranje nekaterih sulfonilsečninjskih herbicidov (npr. nikosulfuron in primisulfuron). Npr. snov nikosulfuron ima pri pH 6,5 topnost 7500 mg/l, pri pH 9, pa topnost naraste za desetkrat na 76400 mg/l. Še bolj občutna je razlika pri snovi foramsulfuron, ki ima pri pH 5 topnost v vodi 37 mg/l, pri pH 8 pa 94500 mg/l.

SLIKA 6: Prikaz učinka pH tal na površinski naboj herbicidov oziroma kislini/bazični značaj herbicidov. Posreden vpliv pH na jakost vezave na tla in izpiranje. Modificirano po McBride, M.B. 1994: Environmental chemistry of soils.



Pojav povečane kislosti tal (tudi pod pH 5) ni redek na VVO območjih porečja Mure, vendar najdbe herbicidov v podtalnih vodah ni možno neposredno povezati s tem dejstvom. Splošno znano je, da se z nižanjem pH, zmanjšuje CEC in zniževanje CEC, pomeni manjšo sposobnost tal za vezavo molekul FFS. Zelo verjetno množičen pojav kisljih tal nekoliko prispeva k povečanemu sproščanju herbicidov v podtalnico in upočasnjem razgrajevanju na območjih porečja Mure. Kisla tla imajo običajno manj ugodno strukturo in tudi nekaj manjši delež mikrobov, ki so sposobni izvesti hitro razgradnjo FFS. Tako na primer ima herbicid nikosulfuron čas razpadanja DT_{50} v srednje težkih tleh (2 % organskih snovi) pri pH 6,1 okrog 25 dni, pri pH 5,4 pa več kot 100 dni. Večje hitre spremembe pH lahko povzročimo z gnojili in to lahko vpliva na vezavo herbicidov na talni adsorpcijski kompleks. Uporaba velike količine amonijskih gnojil lahko povzroči hitro znižanje pH tal ($NH_4^+ \rightarrow NO_3^- + H^+$). Povezava med pH vrednostjo tal in

obnašanjem različnih skupin herbicidov glede na kislinski oziroma bazični značaj, je prikazana na [sliki 6](#).

6.4 Mikrobna aktivnost tal

Aktivnost mikrobov je odločilnega pomena za preprečevanje izpiranja FFS, saj je pri več kot polovici FFS, najhitrejša pot razgradnje prav mikrobna. Običajno nimamo predstave, kako veliko tovarno predstavljajo mikrobi v tleh. V enem samem gramu tal lahko imamo tudi do 100 krat več mikrobov, kot je vseh prebivalcev RS. Izhodiščni koncept sodobnih pripravkov za varstvo rastlin je, da se v roku nekaj tednov po uporabi popolnoma razgradijo v rastlinah, na rastlinah in v plasti ornice. V zvezi s tem uporabljamo pojem **samoočiščevalna sposobnost tal**. Če je mikrobna aktivnost v tleh velika, lahko mikrobi razgradijo ostanke FFS, preden ti zapustijo globino 0,5 m. Da ostanki FFS čim dlje ostanejo v plasti do 0,5 m, je pomembno zato, ker pozneje, z globino število mikrobov na gram tal prične hitro padati in v večjih globinah ni več mikrobnega razkroja.

Mikrobno aktivnost povečamo s povečanim vnosom organske snovi, s povečanim zračenjem tal, z usmerjenjem pH tal proti 7 in s poraščenostjo tal skozi vse leto. Če imamo vse leto celotno orno plast preprejeno s koreninami (živimi ali mrtvimi), to pomeni tudi veliko aktivnost mikrobov. Velika ovira za aktivnost mikrobov je ekstremna suša poleti in nizke temperature pozimi. V kolikor FFS naneseemo tik pred takšnimi obdobji, ne moremo pričakovati velikega obsega mikrobne razgradnje.

6.5 Sovpadanje časa nanosa in intenzivnih padavin

Vemo, da je pojav obilnih več dni trajajočih padavin kmalu po nanosu herbicidov in drugih FFS, lahko zelo pomemben dejavnik za nenadne povečane koncentracije FFS v vodi. To velja tako za procese prehajanja preko mikro por, še posebej pa za prehod skozi makro pore (razpoke), ki na primer nastanejo v zelo sušnih razmerah ali velike kaverne, ki v ornici ostanejo nekaj časa po oranju težkih glinastih tal. Zadnje je značilno za pozno jesensko oranje. Pri takšnih tleh lahko pride do velikega izpiranja talnih herbicidov za zatiranje plevelov v pšenici skozi sistem makro por (npr. klorotoluron in izoproturon). Kljub veliki nepredvidljivosti vremenskih vzorcev, lahko z nekoliko bolj sistematičnim spremljanjem podatkov o padavinah za večino krajev ugotovimo, ali imamo ponavljajoč se vzorec. Če ponavljajoč vzorec obstaja in vidimo, da na njivah pogosto stoji voda pozno jeseni, na prehodu iz zime v pomlad ali pa na primer konec aprila in v začetek maja, lahko uporabo herbicidov prilagodimo temu vzorcu. Pred pričakovanim pojavom deževnih obdobj ne naneseemo talnih herbicidov ali herbicidov z veliko topnostjo v vodi (sem sodi tudi dikamba, bentazon in klopiraldid), ampak uporabimo listne herbicide po obdobju zastajanja vode. Takšno ravnanje tudi omogoča doseganje učinkovitosti herbicidov. Če je talni herbicid uporabljen pred deževjem izpran, izgubi učinkovitost.

6.6 Obdelava tal in aktivna rast rastlinskega pokrova

Obdelava tal vpliva na razmerje zrak voda v tleh in preko tega na aktivnost mikroorganizmov, ki razkrajajo FFS. Ima tudi odločilen vpliv na delež makro por, skozi katere se lahko premešča tekočina, ali pa se pri obilnem deževju lahko zadrži veliko vode, da ne odeče z njive. Obdelava in količina požetvenih ostankov vpliva to tudi na odpornost površine tal, na destruktivne učinke močnega deževja, ki omogočajo ugodne pogoje za nastanek površinskih erozijskih procesov – ustvarjanje površinskih tokov deževnice, ki se seboj v jarke odnese prst s FFS. Pavšalno je za različna območja zelo težko svetovati, kateri način obdelovanja tal je najbolj optimalen za preprečevanje prehajanja FFS v talne ali površinske vode.

Poznavanje učinkov zgoraj omenjenih dejavnikov omogoča, da poleg tega, da se pridelovalec drži navodil GAP, lahko opravi še dodatno lastno presojo tveganja pri uporabi FFS. Praktično je torej pomembno, da pridelovalec pred uporabo herbicida (FFS) preveri, ali pedološki dejavniki

zemljišča morebiti ne ustrezajo zahtevam iz GAP. Pridelovalci morajo zaradi sistema podpor izvajati analize tal, kar pomeni, da večinoma razpolagajo z dokumenti, ki lahko pedološko opredelijo njihov tip tal. V **preglednici 2** so prikazani nekateri podatki, na osnovi katerih lahko opravimo presojo tveganj. V tej preglednici smo sintetizirali podatke analize tal in podatke o kemijskih lastnostih herbicidov, ki so prikazani v **preglednici 1**.

7 Običajni načini omejevanja prehoda FFS v vode

V današnjih razmerah, ko želimo da bi isti naravni vir hkrati izrabljali za pridobivanje pitne vode in kmetijsko pridelavo, omejevanja prehoda FFS v vode brez sistematičnega izvajanja številnih med seboj povezanih ukrepov, ni možno. Osnovni ukrepi so prikazani na **sliki 7**. Parcialni nepovezani ukrepi niso učinkoviti. Obstaja strokovno prepričanje, da je z integracijo velikega števila različnih ukrepov, možno omejiti pojave prehoda FFS v vode do stopnje, da ni potrebe po obsežnem administrativnem prepovedovanju rabe FFS.

Preglednica 2: Stopnja tveganja izpiranja FFS v podtalnico glede na kombinacijo pedoloških lastnosti tal in nekatere kemijske značilnosti FFS.

	Tipi tal glede na kombinacijo lastnosti: delež organske snovi (%OS), delež glinenih delcev (%GD) in kationsko izmenjalno kapaciteto (CEC)			
Tipi herbicidov glede na topnost v vodi T (mg/L), K _{oc} ml/g in hitrost razpadanja DT ₅₀ v dnevih	(peščeno) %OS <1-1,5 %GD < 10 CEC 10-15 cmol _c /100g	(meljasto ilovnato) %OS 1-2 %GD 10-20 CEC 20-35cmol _c /100g	(ilovnato glinasto) %OS 1,5-2,5 %GD 20-30 CEC 25-45 cmol _c /100g	(glinasto) %OS 2,5-3,5 %GD 30-45 CEC 35-65 cmol _c /100g
T > 1000 K _{oc} < 100 DT ₅₀ > 60-80 dni	Ekstremno veliko	Zelo veliko	Zelo veliko	Veliko
T 500-1000 K _{oc} 100-500 DT ₅₀ 60-80 dni	Zelo veliko	Veliko	Zmerno	Zmerno
T 250-500 K _{oc} 500 - 1000 DT ₅₀ do 60 dni	Zelo veliko	Veliko	Zmerno	Manjše
T 100- 250 K _{oc} 1000-1500 DT ₅₀ do 25-60 dni	Veliko	Zmerno	Zmerno	Manjše
T 50-100 K _{oc} > 1500 DT ₅₀ do 25-60 dni	Zmerno	Zmerno	Manjše	Manjše
T 20-50 K _{oc} 2000-5000 DT ₅₀ do 30 dni	Zmerno	Manjše	Manjše	Majhno
T 1-50 K _{oc} > 5000 DT ₅₀ do 30 dni	Zmerno	Manjše	Majhno	Majhno

Primeri herbicidnih aktivnih snovi v posamezni skupini:

A: bromacil, dikamba, klopiraldid, MCPA, diklofop, diklorprop-p, kloridazon, imazapir, imazakvin

B: atrazin, bentazon, cianazin, 2,4-D DMA, dimetenamid-p, etofumesat, imazamoks, klomazon, klorotoluron, nikosulfuron, metolaklor-S, metribuzin, prometrin, prosulfuron, tienkarbazon-metil, tembotrion, topramezon, sulkotrion, triasulfuron, MCPP-P DMA

C: dimetaklor, diklobenil, izoksafutol, flufenacet, florasulam, fluoksipir, flumetsulam, izoksaben, linuron, MCPP-P, metazaklor, mezotrion, rimsulfuron, simazin, terbutilazin, tifensulfuron, izoproturon, petoksamid, primisulfuron-metil, pinoksaden, sulfentrazon

D: flukloridon, foramsulfuron, kvizalofop, metamitron, napropamid, tritosulfuron, propizamid

E: bromoksinil, ioksinil, cikloksidim, metosulam, diklofop-metil, piridat

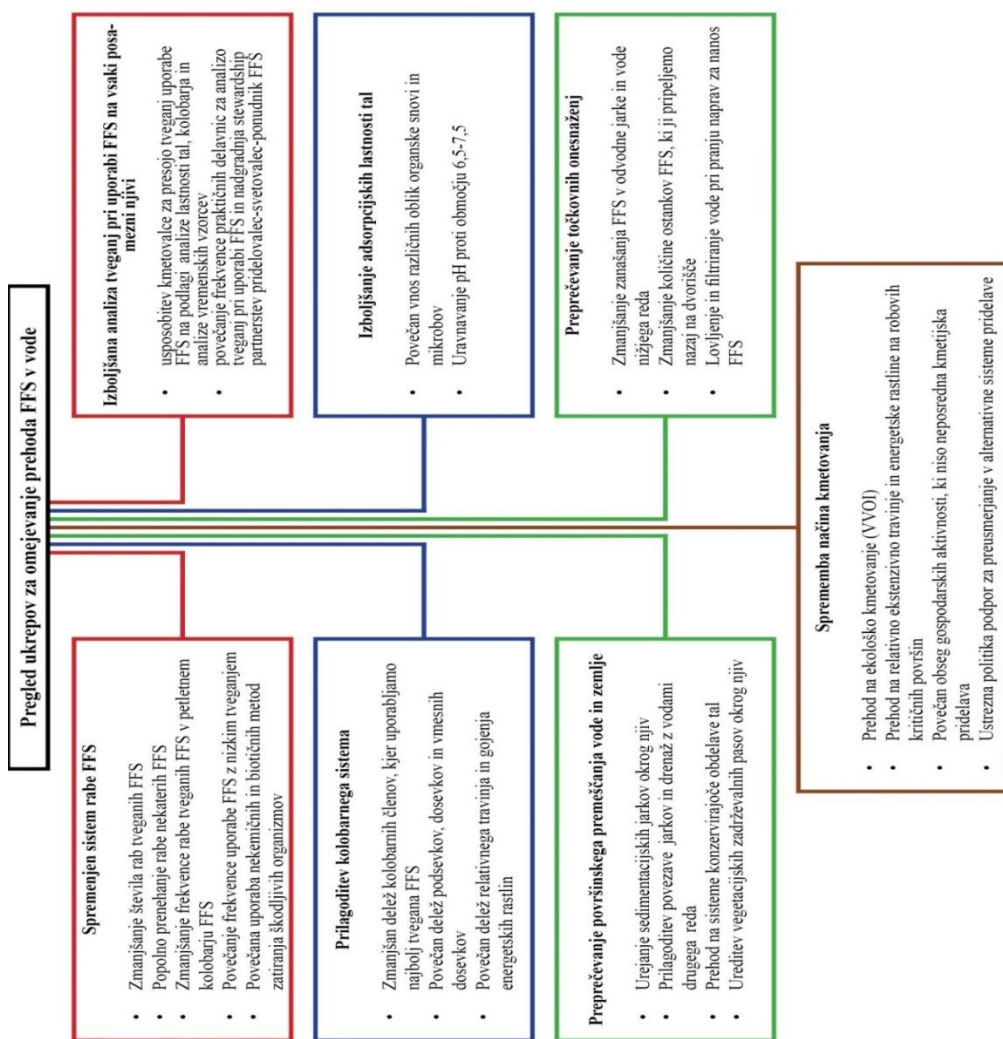
F: diflufenikan, propakvizafop, glifosat, prosulfokarb, fenmedifam

G: desmedifam, fluazifop-p-butil, oksiflurfen, oksadiazon, pendimetalin, trifluralin, dikvat

Praktična ilustracija tega je, da lahko ponekod v tujini zasledimo rabo snovi, ki so pri nas na VVO prepovedane, na območjih, ki so celo bolj tvegana od VVO na porečju Mure. Imamo dve osnovni

poti, nenehno krčenje dovoljenih pripravkov in prehod v ekološko kmetovanje, ali pa prehod v višje stopnje integrirane pridelave, z manjšimi omejitvami pri pripravkih in veliko različnimi aktivnostmi za preprečevanje prehoda FFS v vode.

SLIKA 7: Osnovne vrste aktivnosti za omejevanje prehajanja FFS v vode.



7.1 Administrativni ukrepi (prepovedi ali omejitve rabe bolj tveganih FFS)

Preprečevanje pojava ostankov FFS v vodah je zahtevno opravilo za vse AGRO deležnike (pridelovalce, svetovalce, uradnike, raziskovalce, vodarje, regulatorje rabe prostora, ...). Administrativne prepovedi so običajno odraz neučinkovitosti delovanja sistema deležnikov in povzročajo velike ekonomske posledice, saj lahko privedejo do nezmožnosti kmetovanja na standarden integriran način in hkrati povzročijo občutno zmanjšane stopnje konkurenčnosti do drugih pridelovalcev, ki kmetujejo na območjih z manjšimi omejitvami. Prepovedi so odraz neaktivnosti in nepovezanosti delovanja deležnikov. Praktično to pomeni, da kmetje ne vedo, kaj so delali narobe, da so se FFS pojavila v vodi in uradniki, ki odredijo prepovedi, tudi ne. Učinkovit

sistem deležnikov lahko zagotovi obvladovanje pojava prehoda FFS v vode. Med rezultate delovanja deležniškega sistema sodijo tudi: velika ponudba FFS, ki omogoča dobro kolobarjenje z njimi, velika ponudba za vode manj tveganih FFS in alternativnih sredstev za zatiranje ŠO (škodljivih organizmov), preprosti a učinkoviti informacijski viri za prenos znanja o omejevanju prehoda FFS v vode, dovolj izvedenih ciljnih raziskav o alternativnih konceptih varstva rastlin, uporaben sistem okoljskih podpor, boljše prostorsko planiranje in bolj detajlno označevanje kritičnih območij, boljša izvedba infrastrukture odtočnih sistemov za hitro odvajanje voda, ki se pojavijo na in ob kmetijskih površinah in druge praktične tehnične mikro hidrološke rešitve. Sem sodijo tudi redna srečanja vodarjev, svetovalcev, prodajalcev FFS in kmetovalcev, izvajanje večkratnih pregledov stanja podtalnih voda in izmenjevanje mnenj, zakaj je na primer prišlo do povečanih koncentracij določenih snovi. Delovanje sistema deležnikov je nujen pogoj za preprečevanje pojava FFS v vodah. Sistem podpor preko KOPOP ima določene vzvode za ekonomsko pomoč pri kmetovanju na VVO, vendar ne more povsem ublažiti posledic obsežne prepovedi rabe FFS, ker pri nas alternativni pridelovalni sistemi niso dovolj tehnološko razviti. Za spremembo kmetovanja v smeri občutnega zmanjšanja porabe FFS je potreben čas, investicijski denar, uspešen marketing in boljše povezovanje v proizvodno-predelovalno-prodajni verigi. Okolje porečja Mure ima naravne danosti za ekološko usmerjeno kmetovanje, vendar imajo pridelovalci trenutno premajhno ekonomsko in organizacijsko moč.

Pomembno je razumeti, da so ukrepi za omejevanje prehoda FFS v vode, pogosto tudi istoznačni ukrepom za ohranjanje ali povečevanje rodovitnosti tal. Z istim ukrepom dosežemo več učinkov, kar poveča tudi ekonomsko smiselnost izvedbe ukrepov. Ukrepov ne smemo čutiti kot nesprejemljivo velikih stroškov, ki ogrožajo ekonomsko preživetje. Gotovo sem spada povečevanje mikrobiološke aktivnosti v tleh in na sploh ustvarjanje bolj živih tal. Stanje onesnaženosti podzemnih voda s FFS je indikator slabega stanja biološke učinkovitosti, po agronomski, rodovitnosti tal. Zaradi neizprosnega ekonomskega boja premalo investiramo v funkcionalno rodovitnost tal. Preveč črpamo in premalo vračamo. Funkcionalna rodovitnost (sposobnost sorazmernega vračanja vložene energije in hranil s pridelkom rastlin) in sposobnost razkroja ostankov FFS sta tesno povezani lastnosti tal. Ker zgublamo rodovitnost tal, se razmerje med vložki in višino pridelkov zmanjšuje in hkrati se zmanjšuje samoočiščevalna sposobnost tal. Tla so živ organizem, poseben, najbolj zapleten biološki stroj, ki zahteva zelo premišljeno vzdrževanje.

7.2 Organizacijski ukrepi

Organizacijski ukrepi so večplastne aktivnosti, ki so vezane na načrtovanje pridelave in usmerjanje v spremembo sistema pridelovanja. Med njih sodi tudi inovativnost glede posredovanja znanja. Večkrat omenjena žariščna točka aktivnosti je sposobnost ocenjevanja tveganj pri uporabi FFS, predvsem herbicidov. Vseh ukrepov in razmislekov do zadnjega milimetra v navodilih za uporabo pripravkov ni možno normativno predpisati. Na splošno imajo pridelovalci v RS in tudi na območju porečja Mure primanjkljaj glede sposobnosti ocenjevanja primernosti posameznih zemljišč za posamezne herbicide. Iz tega razloga bi bilo potrebno organizirati praktične delavnice v naravi, na katerih bi pridelovali glede na analizo tal, tip obdelave tal, lego zemljišča, sistem odvodnih jarkov in drugih dejavnikov naučili, kako izbrati primeren herbicid in termine uporabe herbicidov. Seveda bi morali dodati še znanja glede učinkovitosti na plevel, o ostankih le teh v tleh v kolobarju ter podobno. To pomeni, da je potrebno še veliko združenega dela med ponudniki FFS, svetovalci in pridelovalci. Ponudniki FFS so trenutno preveč osredotočeni na neposredno ekonomiko in spekter učinkovitosti, premalo pa na druge ekološke lastnosti FFS. Svetovalni programi v okviru »stewardship« programov ponudnikov FFS se morajo intenzivirati. Ponudniki FFS morajo še več investirati v znanje pridelovalcev. V tem kontekstu bi bilo dobro imeti specializirane svetovalce za rabo FFS na VVO. Žal informacija, da se neko FFS na nekem VVO območju sme uporabljati, še ni garancija, da se nekega dne ne znajde v podtalnih vodah. Le visoko strokovna uporaba lahko prepreči pojave v vodah. Dejanske prepovedi so

povezane s frekvenco najdb v pitni vodi. Na VVOI še lahko uporabljamo določene snovi, ki so tvegane za izpiranje, a jih do sedaj pri vzorčenju niso odkrili iz razloga, ker jih pridelovalci zelo redko uporabljajo. Če se njihova uporaba občutno poveča, se lahko najdejo v podtalni vodi, kljub temu, da so trenutno dovoljeni na VVOI.

Med organizacijske ukrepe sodi tudi sprememba kolobarjenja z različnimi posevki in dosevki ter sprememba sistema kolobarjenja z različnimi pripravki FFS. Pridelovalce usmerjamo v spreminjanje preveč živinorejsko usmerjenega »koruznega« kolobarja s številnimi predpisi in podporami (npr. KOPOP). Če bi lahko naredili premik v krmni bazi iz koruze v travinje, bi lahko dosegli razbremenitev glede vnosa bolj tveganih FFS. Seveda tega ni možno narediti v nekaj letih. V okviru teh aktivnosti smo izrazito dvignili stopnjo načrtovanja vrstenja poljščin, dosevkov in gnojenja. Gnojenje danes zelo dobro načrtujemo in delamo gnojilne načrte. Žal pa še ne delamo večletnih škroplilnih načrtov – škroplilnih kolobarjev. Ta aktivnost nam je trenutno še tuja. Načrtovanje uporabe FFS v petletki na način, da se omeji delež rabe bolj tveganih FFS, je pomemben del ukrepov proti pojavu FFS v vodah. Ozek kolobar (npr. prevladovanje koruze) prinaša povečanje frekvence rabe bolj tveganih herbicidov. Preveč pogosta uporaba posameznih aktivnih snovi FFS je eden največjih vzrokov pojava FFS v podzemnih vodah. To dejstvo smo prvič ugotovili že več kot 20 let nazaj, ko smo zaradi prevladovanja koruze in preveč pogoste uporabe doživeli splošno kontaminacijo voda s triazini (npr. atrazin) in kloracetanilidi (npr. alaklor). Tedaj smo imeli bistveno ožji izbor pripravkov kot danes. Sedaj vemo, da izrazito prevladovanje enega kolobarnega člena in posameznih herbicidov, v vsakem primeru privede do njihovega pojava v vodah. Če nek herbicid, ki je na primer v koruzi zavzemal 70 % trga in tako tudi 30 % vseh ornih zemljišč v RS zamenjamo z drugim, ki bo imel enak prevladujoč tržni delež, se bo v naravi spremenilo le to, da bo drug herbicid postal težava zaradi povečane frekvence najdb v vodi. To pomeni, da odločanje o uporabi FFS zgolj na ekonomski presoji razmerja med učinkovitostjo in ceno, ni več dovolj. O uporabi mora odločati tudi umeščanje v večletni škroplilni načrt. V bolj sistematično kolobarjenje s FFS nas bodo kmalu pripeljali tudi pojavi odpornosti (npr. odpornost na ALS herbicide). Pojav odpornosti po drugi strani tudi ogroža uspešno varstvo pred ŠO na VVO zaradi prevelikega zoženja nabora razpoložljivih pripravkov. Ob zelo ozkem izboru pripravkov ni druge rešitve, kot povečanje uporabe nekemičnih metod zatiranja škodljivih organizmov.

Če izhajamo iz stališča, da le strokovna uporaba FFS na VVO I in VVO II lahko prepreči povečevanje VVO I in nadaljnje prepovedovanje rabe trenutno še dovoljenih FFS, potem je potrebno s FFS ustrezno kolobariti. V tej smeri delujeta ukrepa KOPOP (zahteva POZ_FFSV in VOD_FFSV). V **preglednici 3** je predstavljena delitev herbicidov v bolj ali manj tvegane za prehod v podtalne vode na območju VVO II.

Preglednica 3: Pregled ocen primernosti herbicidov za vodovarstvena območja VVOII. Ocena je narejena glede na kemično-fizikalne lastnosti herbicidov, glede na povprečne pedološko-hidrološke lastnosti vodonosnikov in glede na specifičen način rabe na VVO.

Popolnoma neprimerni:	Povečana stopnja tveganja na VVOII: Uporaba le 1x na 5 let	Zmerna stopnja tveganja na VVOII: Uporaba do 2x na 5 let	Manjša stopnja tveganja na VVOII: Uporaba do 3x na 5 let
bromacil, propaklor, triklorpir, terbutrin, pikloram, haloksifop, terbacil, heksazinon, norflurazon, heptaklor, terbumeton	2,4-D DMA bentazon, dikamba, diklobenil, etofumesat, izoproturon, imazametabenz, imazapir, imazakvin, izoksaben klorotoluron, klopuralid, linuron, metolaklor, metazaklor, metribuzin, napropamid, prometrin, sulfentrazon, sulkotrion, terbutilazin, topramezon	2,4-D HEH, amikarbazon, MCPA, MCPP-P mekoprop, izoksafutol, metamitron, imazamoks, jodosulfuron, diflufenikan, desmedifam, fenmedifam, flukarbazon, propoksikarbazon, flufenacet, izoksafutol, fluazifop-p-butil, glufosinat, kvizalofop, flukloridon, kloridazon, fluroksipir nikosulfuron, penoksulam, piridat, primisulfuron, pinoksaden, rimsulfuron, prosulfuron, klomazon, propizamid, triasulfuron, tembotrion, tienkarbazon-metil, tifensulfuron-metil, tepraloksidim	bromoksinil, ioksinil, glifosat, diklofop, diklorprop, dikvat, fluazifop, cikloksidim, oksifluorfen, pendimetalin, mezotrion, mezosulfuron floralsulam, flazasulfuron, metosulam, flumetsulam, parakvat, trifluralin, tribenuron

Koncept izdelave škropilnega kolobarja je takšen, da manj tvegane lahko uporabimo pogostejše in bolj tvegane redkeje (npr. le enkrat ali dvakrat v 5 letih). Dodatno upoštevamo še antirezistenčne strategije in omejitve sledenja kolobarnih členov zaradi ostankov v tleh. Priporočljivo je slediti priporočila antirezistenčne strategije HRAC (glej Herbicide resistance action committee; <http://www.hracglobal.com/>). Če bi upoštevali strategijo podano s strani HRAC bi zagotovili pestro kolobarjenje s herbicidi, kar bi privedlo do zmanjšanja frekvence uporabe najbolj tveganih herbicidov.

Potrebno bi bilo pričeti z načrtovanjem kolobarja rabe FFS. Nekaj primerov kolobarjev rabe FFS na VVO, označenih kot bolj primernih, je prikazanih v **preglednici 4**. Upoštevanje so trenutne omejitve in trenutna razpoložljivost pripravkov. Če bi imeli na voljo še nekatere snovi, ki jih imajo pri naših sosedih, bi lahko naredili še boljše kolobarje. Za sestavljanje bolj primernih škropilnih kolobarjev je potrebna pomoč svetovalcev, enako kot pri gnojilnih načrtih. Po zgoraj omenjenih načelih smo sestavili 4 primere škropilnih kolobarjev. V preglednici 4 podani primeri niso neko zapovedano vodilo, so le primer upoštevanja načel uporabe, glede na analizo tveganja. Možnih škropilnih kolobarjev je veliko. Seveda pri njihovi sestavi upoštevamo tudi spekter plevelov na neki njivi in izberemo kombinacijo aktivnih snovi, ki ima čim širši spekter učinkovitosti. Določene pomanjkljivosti v spektru delovanja zaradi prioriteta sledenja pravil po analizi tveganja za izpiranje, lahko nadomestimo z boljšim izvajanjem mehaničnega zatiranja. Če bi vsi ravnali tako

in bi imeli v kolobarju relativno konstanten delež žit in okopavin, bi se izognili preveč pogosti rabi bolj tveganih FFS in to bi občutno zmanjšalo povprečno koncentracijo bolj tveganih FFS v podtalnih vodah.

7.3 Omejevanje premeščanja FFS skozi profil tal

Omejevanje premeščanja FFS skozi profil tal dosežemo tako, da spremenimo tla in sistem obdelave tal. Ločimo prehajanje skozi makro pore in klasično izpiranje po kapilarnem sistemu zaradi slabe vezave FFS na talni adsorpcijski kompleks, ko so tla zasičena z vodo. To sta dva različna procesa. Prehajanje skozi tla omejimo, če spremenimo adsorpcijsko sposobnost tal, povečamo delež organske snovi, izboljšamo strukturo in zadrževalno sposobnost za vodo. Če teh lastnosti tal ne uspemo izboljšati na določenih njivah, nekaterih FFS preprosti ni možno uporabljati.

Preglednica 4a: Primeri kolobarjev rabe herbicidov primernih za VVO I in KOPOP v različnih kolobarjih poljščin (sinteza informacij iz preglednice 2 in 3).

2016	2017	2018	2019	2020	2021
Koruza PŠ	Pšenica Ljuljka	Soja Je	Ječmen Inkarnatka	Koruza PŠ	Pšenica Staržka
mezotrion 2,4-D EHE	diflufenikan mezosulfuron-metil	penidimetalin tifensulfuron-metil cikloksidim	florasulam pinoksaden	pendimetalin fluoksipir bromoksinil	jodosulfuron mezosulfuron-metil
tembotrion 2,4-D EHE	jodosulfuron mezosulfuron-metil	pendimetalin < tifensulfuron fluazifop-p-butil	< prosulfokarb pinoksaden	cikloksidim 2,4-D EHE	diflufenikan jodosulfuron mezosulfuron-metil
izoksafutol tienkarbazon	florasulam 2,4-D EHE	linuron klomazon cikloksidim	tifensulfuron tribenuron	tembotrion tienkarbazon-metil	piroksulam fluoksipir
izoksafutol < tienkarbazon-metil	< prosulfokarb pinoksaden	penidimetalin klomazon tifensulfuron-metil fluazifop-p-butil	florasulam pinoksaden	foramsulfuron tienkarbazon-metil	diflufenikan jodosulfuron mezosulfuron-metil
Soja Je	Ječmen Ajda Ozimni krmni grah	Buče PŠ	Pšenica Inkarnatka	Sončnica Ljuljka	Krompir Dosevek
penidimetalin tifensulfuron-metil fluazifop-p-butil	florasulam pinoksaden prosulfokarb	napropamid klomazon fluazifop-p-butil	diflufenikan jodosulfuron mezosulfuron-metil	linuron kvizalofop-p-etil	pendimetalin cikloksidim
linuron klomazon cikloksidim	tribenuron-metil tifensulfuron-metil	napropamid < klomazon fluazifop-p-butil	< klorotoluron fluoksipir bromoksinil	pendimetalin fluazifop-p-butil	prosulfokarb pendimetalin propakvizafop
pendimetalin tifensulfuron-metil cikloksidim	jodosulfuron mezosulfuron-metil	klomazon fluazifop-p-butil	metsulfuron-metil 2,4-D EHE	linuron cikloksidim	klomazon pendimetalin fluazifop-p-butil
pendimetalin tifensulfuron-metil cikloksidim	metsulfuron-metil 2,4-D EHE	napropamid fluazifop-p-butil	jodosulfuron amidosulfuron	pendimetalin linuron cikloksidim	prosulfokarb klomazon propakvizafop

Preglednica 4b: Primeri kolobarjev rabe herbicidov primernih za VVO I in KOPOP v različnih kolobarjih poljščin (sinteza informacij iz preglednice 2 in 3).

2016	2017	2018	2019	2020	2021
Koruza Z Pš	Pšenica	Ogrščica Dosevek	Koruza S Je	Ječmen Staržka	Soja Ljuljka
izoksaflutol tienkarbazon- metil	< diflufenikan < klorotoluron < pendimetalin	< napropamid < klomazon cikloksidim	mezo-trion florasulam	tribenuron 2,4-D	pendimetalin tifensulfuron- metil fluazifop-p-butil
pendimetalin cikloksidim 2,4-D EHE	florasulam pinoksaden	< napropamid < imazamoks propakvizafop	tembotrion 2,4-D EHE	< prosulfokarb pinoksaden	linuron klomazon fluazifop-p-butil
tembotrion tienkarbazon- metil	piroksulam fluoksipir	< napropamid < klomazon propakvizafop	izoksaflutol foramsulfuron	diflufenikan metsulfuron-metil	pendimetalin klomazon cikloksidim
mezo-trion < foramsulfuron	< klorotoluron florasulam	< imazamoks < kvinmerak cikloksidim	pendimetalin cikloksidim 2,4-D EHE	piroksulam fluoksipir	linuron pendimetalin cikloksidim
Koruza Z Pš	Pšenica	Koruza S Je	Ječmen Staržka	Koruza S Krmni grah	Buče Dosevek
izoksaflutol foramsulfuron	diflufenikan metsulfuron-metil	pendimetalin cikloksidim 2,4-D EHE	tribenuron-metil tifensulfuron- metil	mezo-trion florasulam	napropamid klomazon fluazifop-p-butil
tembotrion tienkarbazon- metil	jodosulfuron mezosulfuron- metil	pendimetalin fluoksipir bromoksinil	florasulam pinoksaden	pendimetalin tifensulfuron- metil cikloksidim	napropamid klomazon fluazifop-p-butil
pendimetalin florasulam 2,4-D EHE	< klorotoluron fluoksipir bromoksinil	pendimetalin mezo-trion 2,4-D	< prosulfokarb pinoksaden	izoksaflutol tienkarbazon- metil	klomazon napropamid fluazifop-p-butil
mezo-trion cikloksidim 2,4-D EHE	tifensulfuron- metil tribenuron-metil	izoksaflutol fluoksipir bromoksinil	jodosulfuron mezosulfuron- metil	tembotrion 2,4-D EHE	napropamid klomazon fluazifop-p-butil

Povečevanje adsorpcijske sposobnosti na kratki rok je možno le z vnašanjem velike količine nerazgradljive organske snovi (huminske kisline, soli in kompleksi huminskih kislin in substrati iz fosilnih rastlinskih ostankov (npr. leonardit), oglja). Tega si pri nas večinoma ne moremo privoščiti, ker so ti postopki zelo dragi.

Povečati skušamo zadrževalno sposobnost tal za vodo. Zadrževalno sposobnost tal za vodo je možno spremeniti s povečanjem organske snovi in izboljšanjem strukture. V zadnjih letih so

številne raziskave v tujini potrdile možnost zmanjševanja premeščanja FFS skozi tla, z uvajanjem metod konzervirajoče obdelave tal (KO; angl. conservation tillage, nem. *Konservierende Bodenbearbeitung*). Poznamo več tehnik. Osnovna značilnost KO je, da tla z orodji ne premešamo do velike globine, temveč premešamo tla in večjo količino rastlinskih ostankov le v plitvi plasti (10 cm). Na površju tal se ustvari ščit iz zastirke, ki spremeni vlažnostne razmere in poveča mikrobno aktivnost tal. Novi načini KO tal lahko prispevajo k manjšemu spiranju FFS skozi tla in tudi k zmanjšanju površinskega odtoka. Površinski odtok se zmanjša iz naslednjih vzrokov: ker se zmanjša izpostavljenost površine tal silam udarcev dežnih kapljic, ker je zaradi ovir, ki jih predstavljajo rastlinski ostanki, upočasnen tok vode in ker se poveča zadrževalno sposobnost tal za vodo, tako znotraj plasti koreninskega sistema kot tudi na površju (drugačna razmerja med mikro in makro porami). Pri konzervirajoči obdelavi tal dobimo na površju jamičasto strukturo z neštetimi ovirami za pretakanje vode in mikro sedimentiranje deževnice. Površinski odtok se poveča, če dež razlomi agregate tal in prične ustvarjati zlizano skorjo, tukaj se hitrost vode povečuje in s tem tudi njena erozijska moč. Pri preplavljenosti tal z vodo pri sistemih KO, poljščine lažje preživijo, ker so med organskimi strukturami zračni žepi, kjer je še nekaj kisika za korenine. Tudi učinki suše so pri tleh v sistemu KO blažji, rastline lažje preživijo sušo. Razkroj ostankov FFS v sušnih razmerah je večji. Posebnega pomena pri KO je nastajanje makro por, ki jih imenujemo bio pore. To je sistem tunelov, ki jih naredijo korenine, deževniki in druga talna favna. Ta sistem tunelov poveča dostopnost zraka, poveča zadrževalno kapaciteto tal za vodo in omogoča tak način prepuščanja vode skozi tla, da voda s seboj ne odnese veliko ostankov FFS in nitratov. Tudi pri KO nastane neke vrste plazina, vendar zaradi sistema bio por ni tako moteča kot plazina, ki nastane pri klasičnem oranju. Sistem bio por je pri težkih tleh dobro obstojen, pri lažjih tleh pa se hitro seseda sam vase. Zato je potreba po podrahljavanju pri lažjih meljastih tleh večja.

Dokazovanje prednosti konzervirajoče obdelave je zahtevno in ekonomski učinki so vidni šele po 4 do 6 letih po uvedbi sistema. Konzervirajoča obdelava je konceptualno združljiva z VVO, ker se pri njej odpovemo bolj tveganim talnim herbicidom in povečamo porabo manj tveganih listnih herbicidov. Potencialno slaba stran je nekoliko povečana odvisnost od herbicida glifosat, ki ga potrebujemo, da vsaj občasno na strniščih zatremo večletne trdovratne plevelle. Pogosta uporaba herbicida glifosat, daje tej pridelavi gledano skozi oči potrošnikov in nekmetske javnosti, ton manjše ekološke sprejemljivosti. Običajna sprememba v plevelnem spektru je, da se poveča delež prosastih trav in trajnih plevelov. Prosaste trave lahko kalijo na površju, ker seme ne potrebuje zadevale v tla. Trajni pleveli so manj prizadeti, ker pri obdelavi ne poškodujemo temeljito njihovih podzemnih organov. Učinkovitost zatiranja trajnih plevelov je poleg uporabe herbicidov možno povečati z uporabo prilagojenih težkih kultivatorjev, ki imajo učinek spodrezovanja pod zastirko.

Prehod v te sisteme zahteva investiranje v dobre sejalnice in prinaša manjše premike v pojavu bolezni in škodljivcev (v začetku je lahko povečan pojav polžev, strun, fuzarijskih bolezni, ...). Pri setvi imamo povečano porabo semen. Investirati je potrebno v prilagojene okopalnike, ki lahko delujejo tudi v zastirki in v podrahlajče, ki delujejo po principu vertikalnega pluga (plasti tal privzdignejo a jih ne premešajo med seboj; angl. subsoiler). Na spletnih straneh se informacije o takšnih okopalnikih najdejo pod geslom »high-residue crop interrow cultivators«. V Sloveniji je že kar nekaj večjih podjetij in kmetij, ki so tehniko konzervirajoče obdelave osvojili do stopnje, da imajo pozitivne finančne rezultate. To je potrdilo, da ob ustreznem znanju in opremljenosti, te sisteme lahko uporabljamo tudi pri nas. Tudi strojna tehnika je dostopna (glej na primer ponudbo strojev podjetij, kot so Kverneland, Great plains, Evers, Vaderstad, ...). V tujini so vsekakor ocenjeni kot sistemi, ki lahko omejijo prehajanje FFS v podtalne in površinske vode. Na spletu, na primer v Nemčiji je na voljo veliko virov o ekonomiki in uspešnosti izvedbe teh sistemov. Primer je stran <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/8120.htm>, [kjer](#) je tudi katalog "Bodenschonende Bearbeitung". Med drugim je predstavljen sistem vzorčnih kmetij, kjer si vsi zainteresirani lahko ogledajo praktično izvedbo KO sistemov in finančne rezultate. Takšne vzorčne kmetije, bi lahko imeli tudi pri nas. Priporočeno je branje specializirane revije LOP (www.pfluglos.de).

Površine pod sistemi KO naraščajo sorazmerno s trendom naraščanja velikosti kmetij. Pri nas imamo tudi prve odzive podpore v KOPOP sistemu z ukrepom konzervirajoča obdelava. Tudi pri KO se lahko pojavijo manj prepustne plasti tal. To je izrazito pri meljastih tleh, kjer je zelo intenzivno sprotno mašenje in sesedanje makro por, ki jih ustvarjajo korenine in talne živali. Tudi tukaj lahko pride do zastajanja vode in daljših obdobj zasičenosti za sprostitvev herbicidov, vezanih na adsorpcijski kompleks. Potrebno je občasno obdelovanje s podrahljači za prekinitev zbitih plasti. Potrebno je paziti, da v času tik pred podrahljavanjem ali po njem ne nanašamo tveganih herbicidov (npr. klopiraldid, dikamba, 2,4-D), ki bi pri večjem deževju lahko prešli v globlino skozi velike luknje, ki jih za seboj pustijo podrahljači. Takšni primeri so bili v tujini opisani za herbicide, ki jih uporabljamo v ogrščici in pšenici v sistemih direktne setve po predhodnem postopku podrahljavanja tal (npr. klomazon, metazaklor, klorotoluron, izoproturon). Podobno se lahko zgodi pri uporabi herbicidov v strniščnih posevkih (npr. imazamoks v strniščni soji).

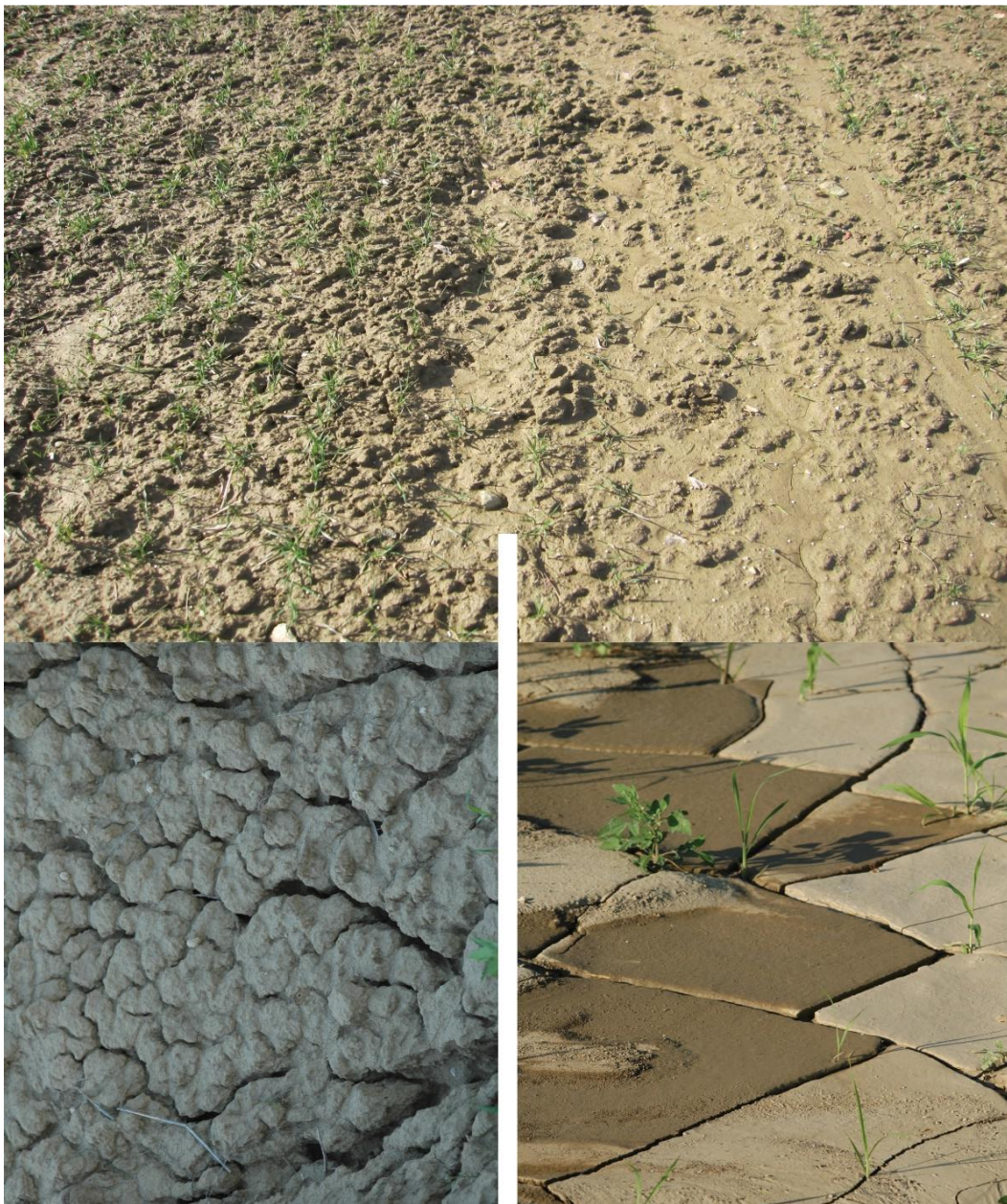
7.4 Omejevanje površinskega premeščanja FFS v vode

Pri obravnavanju problematike pojava FFS v vodah, premalo pozornosti posvečamo površinskemu premeščanju. Površinski odtok lahko imamo tudi, če so njive skoraj brez nagiba. Voda vedno najde pot, da zapusti površje njive. Ker so vode med seboj povezane, so pomembni tudi površinski odtoki v odvodne jarke. Površinske odtoke v hidrologiji obdelovanih tal delimo v več vrst. Poznamo osnovne tri vrste: a) odtekanje zaradi površinskega zablatenja (angl. capping ali crusting). To se zgodi pri veliki hipni intenziteti dežja na neporaščena tla, ko dež razbije agregate tal, ki se zlepijo in obseg pronicanja vode v globino je manjši od pritoka vode z dežjem. Tukaj ločimo ploskovni površinski odtok in koncentriran površinski odtok (ustvarjanje mikro jarkov; [glej sliko 8 zgoraj](#)); b) zasičenje površinske plasti tal z vodo zaradi majhne kapacitete tal za sprejem vode. Ko je doseženo zasičenje kapacitete po večdnevem deževju voda doseže površino in prične preplavljati (angl. surface runn-off at soil saturation; [glej sliko 8 spodaj](#)); c) zasičenje globlje plasti ornice nad plastjo, ki je zelo slabo prepustna (npr. plazina od pluga) in lateralno odtekanje znotraj zemljine (angl. lateral seepage). Voda si naredi podzemne koridorje in povzroči plazenje ornice. Pojavi površinskega premeščanja so bolj izraziti v nekaterih obdobjih sezone. Lahko so izraziti ob začetku rastne dobe, ko tla niso prekrita z rastlinskim pokrovom (žita v začetku novembra, okopavine v začetku maja). Takrat intenzivne padavine hitro dezintegrirajo strukturne agregate na površju tal in dobimo površinsko zablatenje. Če so tla nagnjena k temu, moramo pri predsetveni pripravi, povečati velikost grudic in spremeniti nastavitve sejalnice. Primer razlike v stanju tal po intenzivnem dežju pri dveh različnih finih obdelavah setvišča je viden na [sliki 9](#). Proces lateralnega odtekanja in saturacije tal z vodo se pogosto zgodijo konec zime.

SLIKA 8: Primer začetnih procesov koncentriranega (zgoraj) in ploskovnega površinskega odtoka (spodaj).



SLIKA 9: Razlika v učinku intenzivnega dežja na površino grobo (levo) ali bolj fino obdelanih tal (desno).

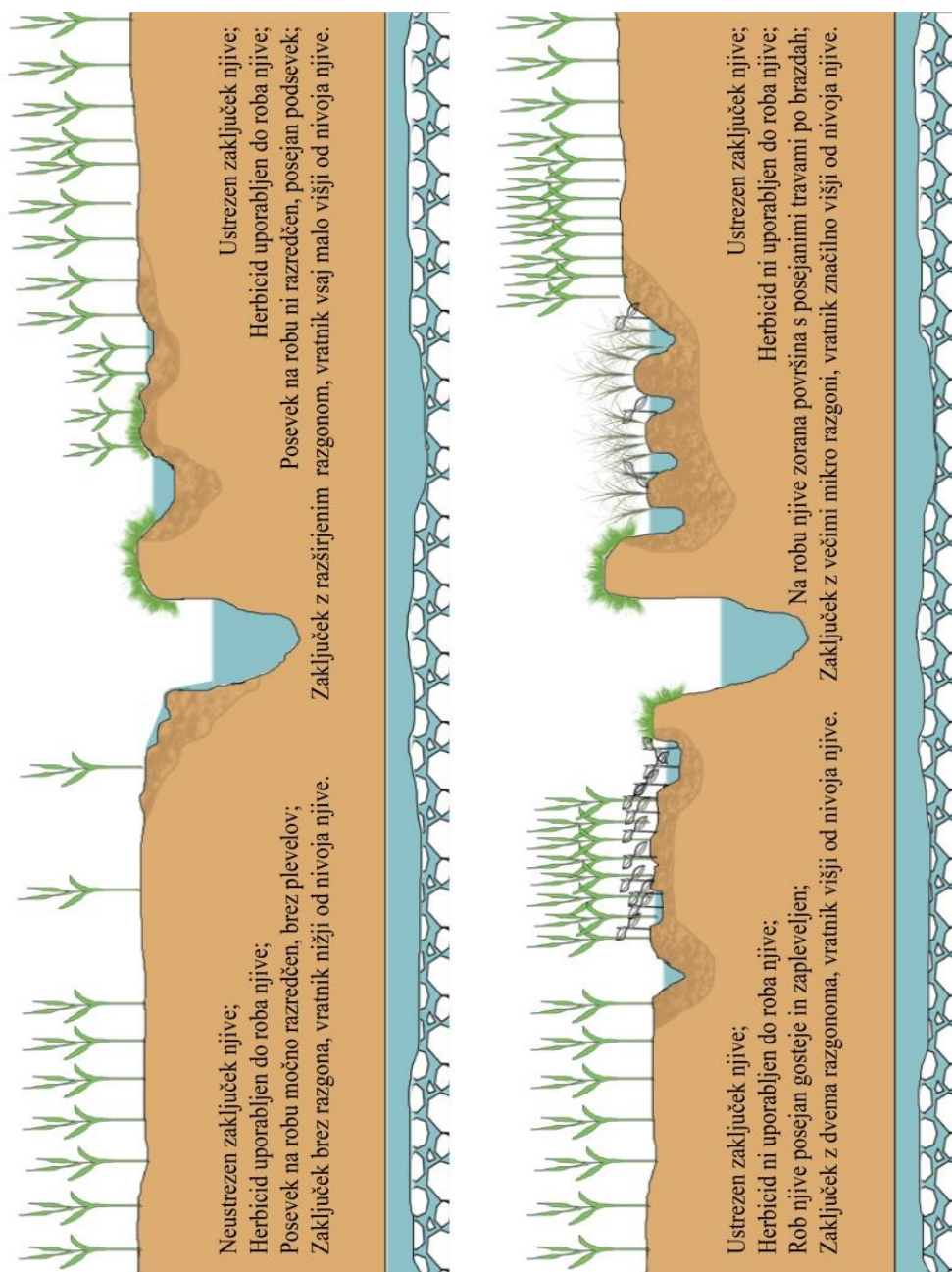


Površinsko premeščanje delcev tal in FFS na njivah z majhnim nagibom (pod 3 %) omejujemo na nekaj preprostih načinov. Povečamo obstojnost strukturnih agregatov tal (npr. apnenje), za kolesi traktorja namestimo rahljalnik kolesnic, da te ne služijo kot inicialni erozijski koridorji, povečamo prekritost tal z rastlinskimi ostanki (uporaba konzervirajoče obdelave tal, setev podsevkov, tračne setve podsevkov, ...), povečamo grudavost setvišča pri predsetveni pripravi tal, povečamo gostoto sajenja poljščin na robu njive, na robovih ne uporabimo herbicidov in v poljščino na robovih dosejemo določene rastline (npr. trave ali rastline dobre za opraševalce), pred robom njive naredimo razmejitvene razore, na robovih njiv naredimo mikro zadrževalnike (npr. razširjen

razgon, en prehod sejalnice posejemo brez, da bi pred setvijo zemljišče pobranali). Glede možnosti omejevanja pojavov površinskega odtoka je priporočljivo prebrati priročnik organizacije TOPPS ("Best Management Practice – Run-off"). Organizacija TOPPS na omrežju You Tube ponuja krajše filme, ki prikazujejo, kako na posamezni njivi ocenjujemo možnosti pojava površinskega odtekanja. Uporaben ukrep na robovih njiv so mikro zadrževalniki, kjer se začasni viški vode zberejo in nato polagoma preidejo v tla ali izhlapijo. Na [sliki 10](#) so vidne različne možnosti oblikovanja roba njive, ki meji na odvodni kanal ali pa na vodo II. reda.

Prikazanih je nekaj možnosti. Najbolj preprosto je, če je vratnik njive vsaj kakšnih 30 cm višji od ravnine zorane njive. Mikro zadrževalnik je lahko narejen le iz enega bolj globokega zaključnega razora ([glej sliko 11](#)), lahko je narejen iz en ali dva metra širokega pasu, ki ga po oranju nismo prebranali, da ostane veliko praznega volumna med grudami in ta pas posejmo z dvojnim odmerkom semena gojenih rastlin, mešanico semena gojene rastline in podseвка ali pa z mešanico trav ([glej sliko 12](#)). Takšen pas seveda ne daje normalnega pridelka, vendar moramo upoštevati, da so robovi naših njiv tako ali tako pogosto neproduktivni, ker poljščine pri obračanju s traktorjem preveč poškodujemo. Če imamo skoraj gol rob njive, ker tam ni ne poljščine in ne plevelov, potem tak rob ne more služiti zadrževaje površinskih odtokov ([glej sliko 13](#)).

SLIKA 10: Različne bolj ali manj primerne možnosti zadrževanja erozijskega vala vode na robovih njiv, ki mejijo na površinsko vodo II. reda.



SLIKA 11: Zadrževanje vode na robu njive s poglobljenim razorom. Zgoraj primer, ko voda iz robnega razora prehaja v odvodni jarek, spodaj grafična foto rekonstrukcija razora na način, da voda nebi prehajala iz njega v odvodni jarek.



SLIKA 12: Proti erozijsko ukrepanje na robu njive do vode II reda. Slika zgoraj - bariera iz neposejanega globoko obdelanega zemljišča, spodaj bariera, ki jo ustvarimo s setvijo travne mešanice.



SLIKA 13: Rob njive, kjer je posevek močno razredčen, plevelov ni in erozijski val vode ima prosto pot v odvodni jarek.



Robove (1 do 2 m) na strani, kjer je odvodni kanal ali drugi vir vode, lahko posejemo z medonosnimi ali drugimi koristnimi rastlinami. Ena od težav pri omejevanju površinskega odtoka na tak način je, da se potem pri kontroli za podeljevanje podpor takšen rob izloči od upravičene površine za subvencijo. Potrebno bi bilo zahtevati in urediti, da bi se takšni robovi šteli v celovito, do subvencije upravičeno površino GERK. Tudi tukaj je potrebno ponovno poudariti, da so nekateri ukrepi za omejevanje površinskega odtoka, dobrodošli tudi za neposredno povečevanje pridelka. Zaradi zablatenja, površinske erozije in zasipavanja lahko zgubimo veliko število rastlin poljščine, kar povzroči zmanjšanje pridelka zaradi preveč redkega sklopa (glej sliko 8 zgoraj – pričetek razvoja koncentriranega odtoka). Če te procese preprečimo, povečamo število rastlin ali produktivnost rastlin na robovih in znotraj njive. Vložki za preprečevanje površinskih odtokov se večkratno povrnejo. Na začetne procese površinskih odtokov vplivajo kolesnice, ki naredijo koncentrirane koridorje za odtok vode. Na [sliki 14](#) je viden primer njive, kjer je čelni rob njive varovan s travnim pasom, herbicid pa je s površinskim odtokom vode bil zanesen v jarek preko izvoza, do katerega so vodile kolesnice.

7.5 Urejanje zastajanja vode na depresijah znotraj njiv in odvajanje te vode v odvodne kanale

Če vemo, da se na naših njivah pojavlja zastajanje vode v depresijah, še posebej jeseni ali pozno spomladi, moramo temu prilagoditi izbor herbicidov. Če depresij ne moremo urediti z večjimi premiki ali dovozi zemljine, potem se v depresijah vedno nabere voda. Če vodo iz njih spuščamo neposredno v vodotoke ali kanele v neposredni povezavi s tekočimi vodami, potem lahko znatno povečamo prehajanje FFS v vode.

V želji, da ne bi prišlo do zadušitve posevkov, pridelovalci vodo iz velikih depresij speljejo s pomočjo odvodnih mikro jarkov v najbližje jarke (glej [sliko 15](#)). To pomeni pospešen prenos FFS v vodno okolje.

SLIKA 14: Koncentriran odtok herbicida zaradi učinka kolesnic. Čelni rob njive ustrezno varovan (zgoraj), izvoz iz njive neustrezno varovan, ker ni prekinitve kolesnic (spodaj). Spodaj premeščanje herbicida preko izvoza v okoliško rastje in jarek.



SLIKA 15: Spuščanje vode iz depresij s pomočjo mikro jarkov neposredno v odvodne jarke ni ustrezno. Za sproščanje vode iz depresij je potrebno imeti robne mikro zbiralnike v obliki zatravljenih bazenčkov na vogalih parcel ali pa v obliki podolžnega zbirnega robnega razora ob odvodnem kanalu.



Če je pojav depresij na njivi reden, je potrebno na robu njive ustvariti mikro zadrževalnik porasel z rastlinami, ki prenesejo zastajanje vode in hkrati dobro filtrirajo erodirano zemljino (večletne šopaste trave kot sta trstikasta bilnica in rušnata masnica). Občasno je te mini zadrževalnike potrebno očistiti in tla zvoziti nazaj (običajno na strnišča). Če želimo kot mikro zadrževalnike uporabiti kar odvodne kanale, potem je dobro, da pretok v njih kaskadno omejimo in da so čim bolj porasli z rastjem. S tem upočasnimo pretok in omogočimo, da pride do razpada ostankov FFS že v kanalih. S stališča odvajanja odvečne vode si želimo čim hitrejšega odtekanje vode iz teh jarkov, s stališča preprečevanja odnašanja FFS v vode II. reda, pa si tega ne želimo. Pri upočasnjem pretakanju vode iz jarkov v vode višjega reda, je več časa za sprotno razgraditev ostankov FFS v njih. Če so odvodni jarki obilno poraščeni z vodnim rastjem, potem je običajno odtok upočasnen in FFS se tam v toplem delu leta lahko hitro razgrajujejo. Pri rečicah in potokih hudourniške narave, kjer vsako leto pride do velikih povečanj pretokov, je potrebno paziti na razmejitve med brežino in njivo. Če te razmejitve ni, lahko voda ob velikih pretokih preide v orno plast njive in pri umikanju s seboj potegne ogromne količine hranil in ostankov FFS. To pomeni, da morajo pridelovalci ob takšnih vodotokih poskrbeti za minimalen dovolj utrjen pas, ki prepreči večji vdor vode na njivo (**glej sliko 16**).

Varovalni pasovi in mikro zadrževalniki na robovih njiv so v različnih EU državah različni. Rešitve, ki jih uporabljajo, so odvisne od naravnih danosti, politike podpor in velikosti kmetijskih površin. Ponekod imajo strukturo mikro zadrževalnikov natančno opisano in subvencionirano. Primer zelo dodelanega sistema je v Angliji (glej na primer spletno stran http://www.ecifm.rdg.ac.uk/field_margins_and_conservation_strips.htm in <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?doc=249953&id=249991>). Pri nas imamo malo kmetijskih površin, zato za nas obsežni varovalni pasovi za lovljenje vode iz erozijskih valov, niso sprejemljivi.

SLIKA 16: Zaključek njive, narejen pregloboko v brežino vodotoka. Pri povišanem vodostaju se poveča vdor vode v ornico in ob umikanju vode imamo veliko izpiranje ostankov FFS v vodotok.



Nagibamo se k enostavnim rešitvam, omenjenim v zgornjem poglavju. To je princip zadrževanja erozijskega vala znotraj setvene površine njive (po angleško sistem infield buffer zone). Za sproščanje vode iz depresij potrebujemo sistem robnih mikro zadrževalnikov, ki je opisan v prejšnjih odstavkih. Če imamo pogosto velike depresije, je potrebno na robu njive narediti večji kotanjasti travni zadrževalnik, iz katerega se voda postopoma prelije v odvodne kanale. Tak zadrževalnik je običajno kotanja, prerasla s šopastimi trajnimi travami (glej sliko 17).

7.6 Preprečevaje točkovnih onesnaženj

Točkovna onesnaženja nastanejo pri razlitjih, pranju naprav in odmetavanju premalo temeljito očiščene embalaže. Ocenjuje se, da razlitja in ravnanje z embalažo na VVO območjih Mure, ne predstavljajo zelo pomembnega vira onesnaževanja voda s FFS in da so tveganja iz tega naslova podobna, kot v ostalem delu Slovenije. Pridelovalci so v zadnjih letih glede tega že dosegli višjo stopnjo ozaveščenosti in tehnične usposobljenosti. Sistem prevzema odpadne embalaže deluje in tudi opremljenost škropilnic z napravami za izpiranje embalaže se izboljšuje. Da do točkovnih mikro onesnaženj občasno še vedno prihaja, kažejo nekateri primeri v zvezi s ponavljajočimi se nelogičnimi pojavi nekaterih snovi v vodnjakih, za katere ni možno najti logične povezave z uporabo FFS na njivskih površinah. V zadnjem času zaradi povečevanja velikosti kmetij in naprav za nanos FFS na tem segmentu nekaj več pozornosti posvečamo postopkom polnjenja škropilnic. Pri škropilnicah z velikimi rezervoarji navadno uporabljamo tudi velika pakiranja FFS. Pri razlitjih iz velikih pakiranj lahko hitro, na površino nekaj kvadratnih metrov sprostimo FFS, ki je namenjeno za nanos na en hektar, ali tudi več. Za preprečevanje razlitij ob pripravi škropiva, so danes na voljo dobre tehnične rešitve, ki jih ponujajo podjetja. Primer je sistem "easy flow" podjetja Bayer. Glej spletno stran <http://www.cropscience.bayer.si/Press-Releases/2016/easyFlow.aspx>. Podobne tehnične rešitve ponujajo tudi drugi ponudniki FFS.

SLIKA 17: Primer mikro zadrževalnika na robu njive.



Pri pranju naprav za nanos FFS so verjetno še vedno velike rezerve (glej [sliko 18](#)). Pri nas pranja naprav še nimamo povsem tehnično zakonsko urejenega. V tujini so v zadnjih treh letih s temi postopki že pričeli in pridelovalci imajo določeno, kako morajo postopati na različno velikih kmetijah. Osnova varstva pred točkovnimi onesnaženji s FFS ob pranju so naslednje aktivnosti:

- priprava le tolikšne količine škropilne brozge, kot jo dejansko potrebujemo glede na priporočen odmerek FFS, za kar je potrebna spretnost pri izračunanju potrebe po škropilni brozgi in nastavitvi delovnih parametrov škropilnic,
- popolna izpraznitev škropilnice na njivi do tehničnega minimuma, po postopku notranjega čiščenja škropilnice z rezervno vodo, ki jo pripeljemo s seboj na njivo,
- zbiranje odpadne vode ob pranju škropilnice na kmetiji in procesiranje te odpadne vode.

Pomembno praktično opravilo ob zaključku škropljenj na njivi je zaključno čiščenje z vodo, ki jo pripeljemo s seboj. Zaradi velike naglice pri delu se to opravilo velikokrat preprosto opusti in domov se odpeljemo z relativno velikim ostankom brozge v sodu. Ena od možnosti za najmanjšo porabo časa za čiščenje je, da na začetku škropljenje izpustimo en pas in ta pas potem na koncu poškopimo dvakrat. Po istem pasu se peljemo gor in dol, pri manjši hitrosti vožnje z razredčeno škropilno brozgo, ki nastane ob sprostitvi čiste vode v sistem ob pranju. Preračunamo lahko, s kakšno hitrostjo vožnje je potrebno voziti, glede na faktor razredčitve škropilne brozge.

Glede možnosti za učinkovito čiščenje škropilnic je GIZ Fitofarmacija pripravila več napotkov, ki so dostopni na spletnih straneh GIZ. Primer je predavanje "Možnosti za zmanjšanje onesnaženja voda zaradi zanašanja (drift) in zaradi točkovnega onesnaževanja" (avtor dr. Alojz Sreš), dostopno na <http://fitofarmacija.si/aktualno/delavnica-o-varni-rabi-ffs.html>. Pri velikih kmetijah bi bilo priporočljivo narediti korak naprej in nabaviti sisteme za čiščenje odpadne vode ki nastane ob pranju škropilnic (glej [sliko 19](#)). Ponuja jih večina ponudnikov FFS. Takšni sistemi so na primer: Bayer - Phytobac, Syngenta - Heliosecc ali pa sistemi Biobac, Biobed in Biofilter. Nekatera podjetja (npr. BASF) so pričela sofinancirati gradnjo Biobed čistilnih postaj v Sloveniji, druga so zagotovila postavitve drugih tipov čistilnih naprav. Te si je mogoče na terenu ogledati. Na spletu na strani <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf800844> je mogoče pogledati zelo temeljito predstavitev uporabnih lastnosti različnih sistemov čiščenja (članek "Biobeds for Environmental Protection from Pesticide"; avtorji [María del Pilar Castillo](#), [Lennart Torstensson](#), [John Stenström](#)).

SLIKA 18: Primer neustreznega načina pranja naprave za nanos FFS.

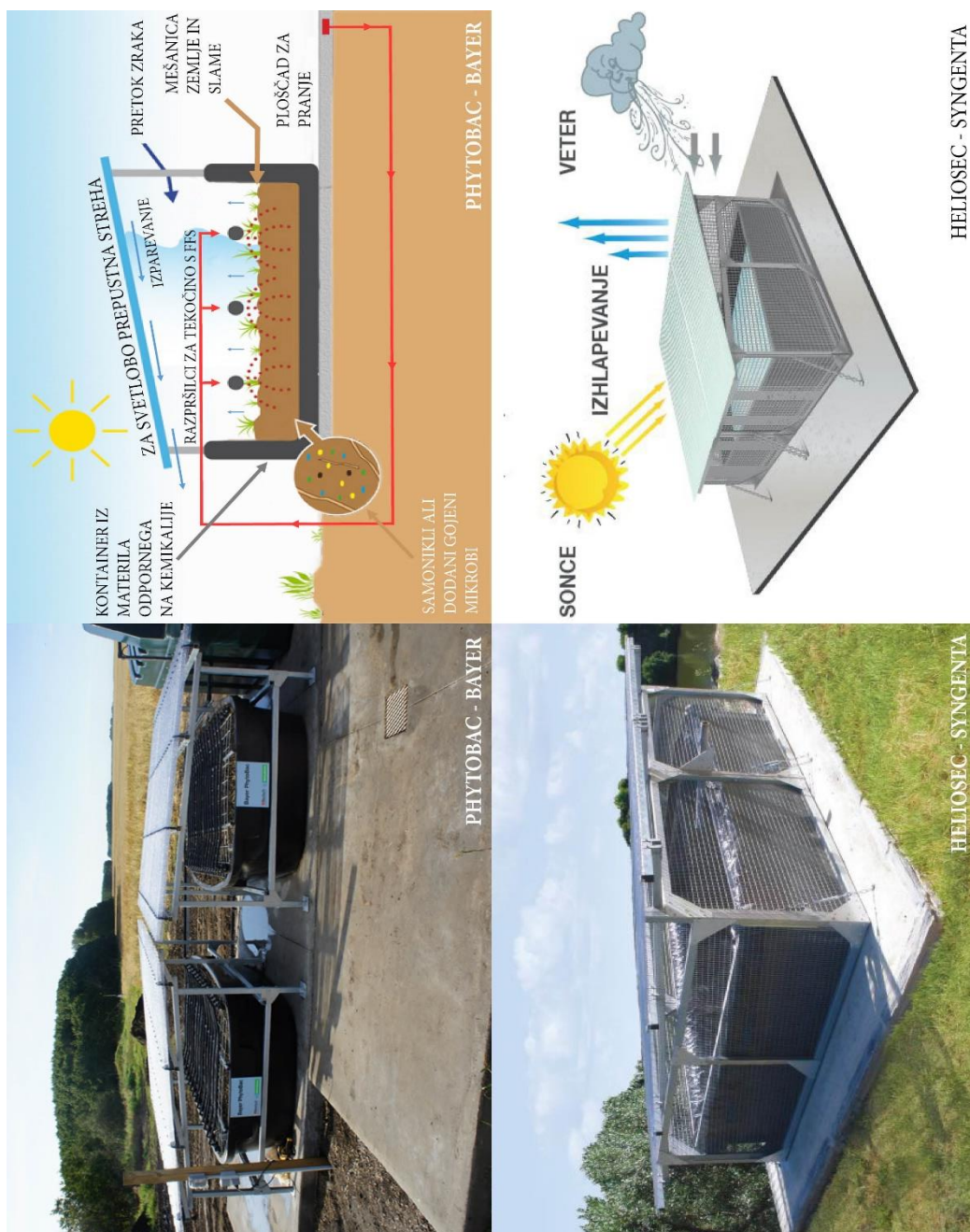


Najcenejša rešitev, ki jo trenutno ponuja industrija, je sistem Heliosecc, ki ga z malo ročnih spretnosti lahko naredimo sami doma. Osnova je bazen iz debele, nepropustne na kemikalije odporne folije, ki je ograjen in prekrit s stekleno streho ali streho iz prozornih plastičnih mas. V bazenu je majhna gmoda prsti in na tej gmodi sončna svetloba razkroji ostanke FFS, ki jih pretočimo v odpadni vodi od pranja. Film o tem si lahko pogledate na spletni strani https://www.youtube.com/watch?v=3GTMp0_IWqE. Film o uporabi Phytobac in Biobac sistema je dostopen na <https://www.youtube.com/watch?v=zeQUQJXwfs0> in <https://www.youtube.com/watch?v=Y8O6xMcjyBE>. Vse o Biobed sistemih je možno najti na spletni strani <http://www.biobeds.org/what>. Dodatno je GIZ Fitofarmacija pripravila zelo natančno predstavitev možnosti čiščenja. Dokument z naslovom "Biopurifikacija – biološka razgradnja FFS – razgradnja ostankov FFS pri uporabniku" je dostopen na <http://www.fitofarmacija.si/biopurifikacija-bioloka-razgradnja-ffs-razgradnja-ostankov-ffs-pri-uporabniku.html>.

V praksi, na veliko kmetijah vodo od pranja škropilnic usmerijo na gnojšča in v jame z gnojevko. Ta praksa pri nas formalno ni povsem dorečena. Zato je pogosto vprašanje v praksi, ali je možno odpadno vodo, ki nastaja pri čiščenju škropilnic, usmeriti na gnojšča in v jame z gnojnico? V tujini so naredili nekaj analiz koncentracije FFS v gnojevki in v gnoju, v katerega so odvedli vodo od pranja škropilnic. V gnoju in gnojevki pride do hitre razgradnje. Če škropilnico z njive pripeljemo domov le s tehničnim minimumom ostankov (to je manj kot 5 % volumna soda stare naprave in manj kot 3 % nove naprave) in je ostanek tekočine v njej vsaj 50 krat razredčen glede na pripravljeno škropilno brozgo, potem pri sproščanju odpadne vode od pranja na gnojšče ali v jame z gnojevko, ni zadržka. Razgradnja tam bo tako hitra, da pri odvozu nazaj na njive in na

travinje ne pride do nesprejemljivega onesnaževanja z ostanki FFS. Zakonsko tega trenutno še nimamo povsem urejeno.

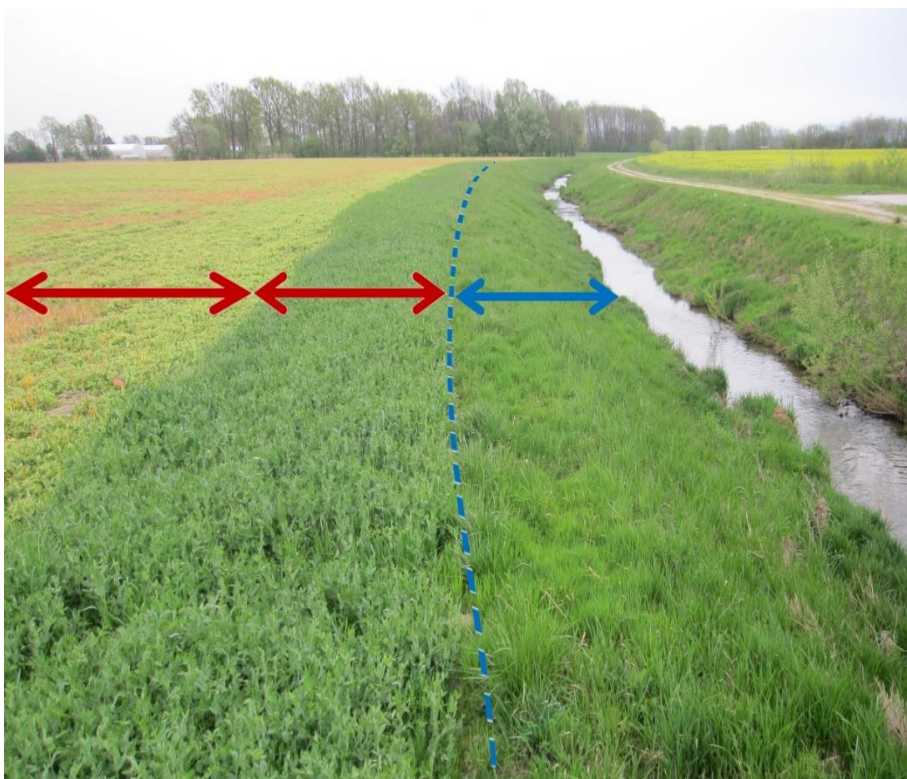
SLIKA 19: Sistema Phytobac (Bayer) in Heliosec (Syngenta) za čiščenje vode od pranja naprav za nanos FFS. Phytobac – mikrobna razgradnja v zmesi slame in zemlje, Heliosec – fotokemična in hidrolitska razgradnja na od sonca pregreti črni foliji.



7.8 Preprečevanje zanašanja FFS v površinske vode

Zanašanje FFS ob aplikaciji izven območja škropljenja povzroča občasno onesnaženje površinskih voda. Prehajanje FFS iz površinskih voda v podtalne vode je v sistemu porečja Mure možno, a je verjetno dokaj omejeno. Zanašanje torej ne ogroža podzemnih voda neposredno. Med bolj strupene herbicide za vodne organizme štejemo: alaklor, 2,4-D, diklofop, bromacil, cyanazin, bromoksinil, trifluralin, metribuzin, oksadiazin, pendimetalin, diuron, prometrin in po nekaterih študijah tudi glifosat (še posebej v povezavi z nekaterimi formulacijskimi dodatki). Med fungicidi sodijo med bolj nevarne kontaktni fungicidi (npr. tiram, ciram, folpet, dinokap, klorotalonil, azosksistrobin). Večina insekticidov je za vodne organizme zelo nevarnih. Zelo strupeni so piretroidi (npr. ciflutrin in cihalotrin) s sicer kratkim delovanjem in tudi organofosforni estri (npr. klorpirifos in diazinon), ki pa imajo daljše toksično delovanje. Še bolj so nevarni perzistentni insekticidi iz skupne karbamatov. Škode, za v vodi živeče organizme, so odvisne od same strupenosti FFS in tudi od pretoka vode v času izpostavljenosti. Hipni toksikološki učinki pri driftu FFS v vodotoke z velikim pretokom, ne predstavljajo tako velike toksikološke obremenitve tam živečih organizmov, kot drifti v manjše izvirke ali plitve stoječe vode z zelo nizkim vodostajem. Na nekaterih območjih porečja Mure je možno pretakanje voda iz njiv v ekosisteme močvirnih grmišč in gozdov ob Muri. To so zelo dragoceni habitati. Tam živeči organizmi so verjetno lahko v manjši meri izpostavljeni nizkim koncentracijam ostankov FFS. Posebej občutljive so dvoživke. Te so indikator obremenitve ekosistema s FFS. Zanašanje FFS v površinske vode v prvi meri preprečujemo z upoštevanjem navodil za uporabo pripravkov, kjer so navedene širine varovalnih pasov do voda I. in II. reda. Zakonodaja o vodah (natančneje Zakon o vodah, 65. člen) določa, da nanosa FFS ne moremo izvajati v območju 15 m do roba vod I. reda in 5 m do roba vod II. reda, poleg tega pa imamo razširitve teh minimalnih pasov glede na potrebe, prilagojene za vsak posamezen pripravek. Primer upoštevanja te zahteve je viden na [sliki 20](#).

SLIKA 20: Primer ustreznega upoštevanja varovalnega pasu (5 m) do roba brežine vode II. reda.



Na **sliki 21** je viden primer neprimerne prakse. Pri nevarnejših FFS se mora osnovna varovalna razdalja (15 ali 5 m) nekoliko povečati. Na primer, pri insekticidu klorpirifos-metil je razširitev narejena na območje 50 m od roba vod I. in II. reda. Če varovalne pasove upoštevamo, potem lahko pri aplikaciji v ugodnih atmosferskih razmerah (veter med 0,3 do 2 m/s) površinske vode v veliki meri obvarujemo pred zanašanjem FFS vanje. Vemo, da so v praksi težave pri upoštevanju varovalnih pasov, ker imamo veliko zelo majhnih in ozkih njiv in ob popolnem upoštevanju pravil varovalnega pasu, večjega dela njive ne moremo poškropiti. Pri uporabi herbicidov lahko neupoštevanje varovalnih pasov takoj opazimo in javnost je do tega zelo kritična. Koncepti med različnimi državami so različni.

SLIKA 22: Primer premajhnega razmejitvenega roba med posevkom in brežino vode II. reda. Dodatno spodaj uporaba herbicida pregloboko v brežino vodotoka.



Ponekod ne dovolijo, da bi posevki uspevali neposredno ob vodah I. ali celo II. reda in je vmes obvezen pas, kjer imajo trajno travinje, ki filtrira površinske odtoke in je mesto za sedimentacijo kapljic, ki jih je odneslo ob škropljenju z njive. Pri vodah II. reda navadno v tujini zahtevajo vsaj 1 m širok pas brez gojenja poljščine. Potem pa dodatno določijo še robni pas njive, kjer se FFS ne uporablja. Pristop v Sloveniji, kjer imamo malo razpoložljivih površin, je takšen, da poljščine

lahko gojimo praktično do roba voda, le FFS ne smemo uporabljati do določene varovalne razdalje. V naravi je pogosto tako, da razmejitev naredimo vsaj s poljsko potjo.

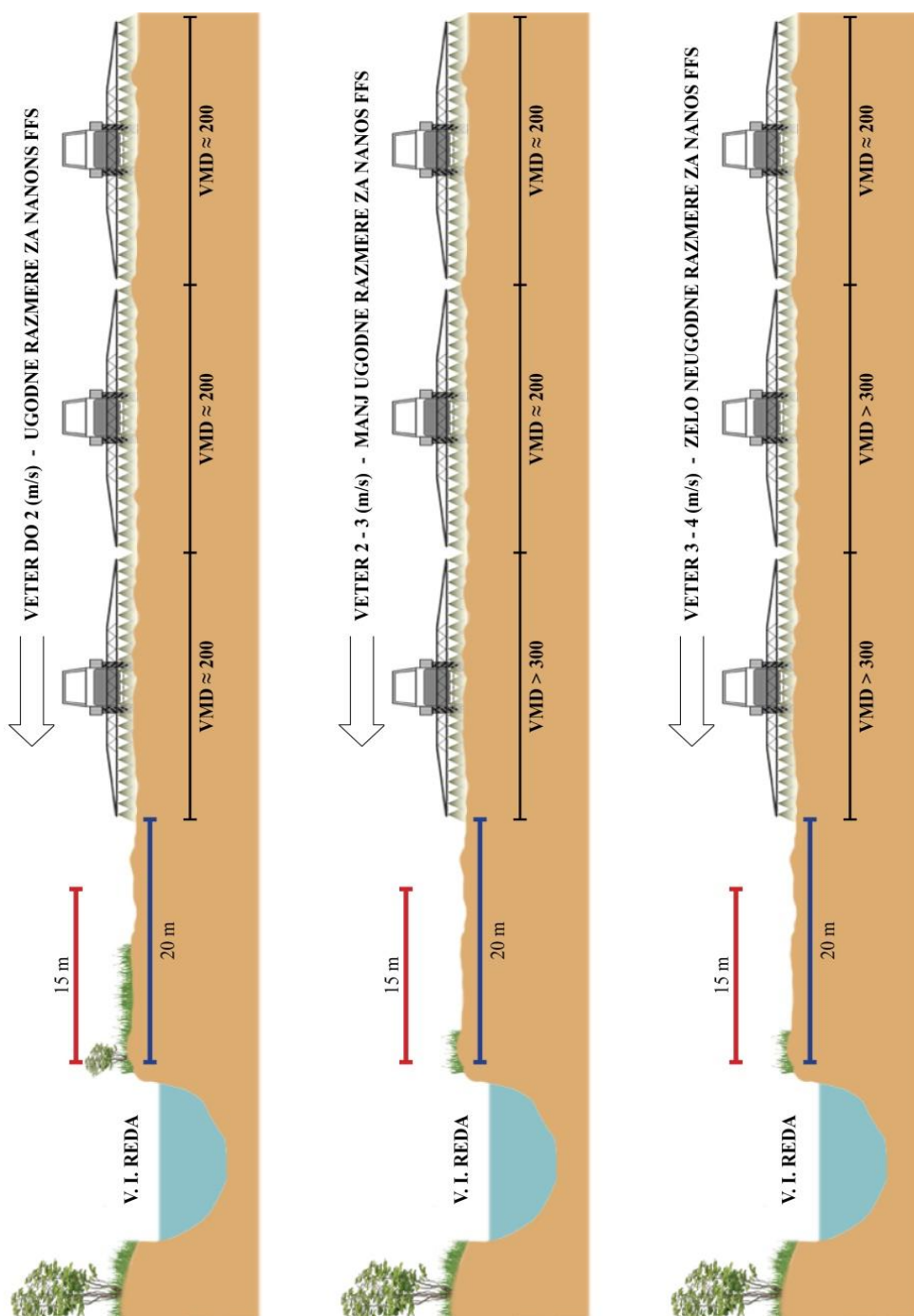
Pri praktičnih navodilih o nanosu FFS v bližini voda dajemo priporočila o velikosti kapljic. Velikost kapljic, ki jih oblikujejo šobe, opisujemo z VMD vrednostjo (po angleško volume median diameter; povprečni volumski premer kapljic). VMD50 je statistični parameter, ki piše spekter velikosti kapljic, ki jih daje posamezna šoba. Če imamo na primer podatek, da VMD50 posamezne šobe znaša 250, potem to pomeni, da se polovica tekočine, ki steče skozi te šobe, sprosti v obliki kapljic, ki so manjše od 250 μm in druga polovica v obliki kapljic, ki imajo premer večji od 250 μm . Celoten spekter kapljic takšne šobe je v omenjenem primeru sestavljen iz kapljic velikosti od 20 do 450 μm , večji del kapljic je v intervalu med 140 in 280 μm . Podatek o VMD dobimo pri ponudnikih šob, na spletu ali pa pri svetovalni službi. Osnovni nabor VMD vrednosti za običajne poljedelske šobe smo prikazali v preglednici 6.

Ravnanje pri vodah I. in II. reda je zakonsko jasno definirano. Poleg zakonskih določil, se tam priporoča, da pri aplikaciji v manj ugodnih atmosferskih razmerah (npr. veter več kot 2 m/s) dodatno pri vodah I. reda, vsaj pri zadnjem robnem hodu škropilnice, uporabimo šobe, ki dajejo kapljice z VMD večje kot 300 μm (glej sliko 22), pri vodah II. reda, pa po enakem pristopu škropimo s šobami, ki dajejo kapljice z VMD večje od 400 μm , vsaj zadnja dva hoda (glej sliko 23).

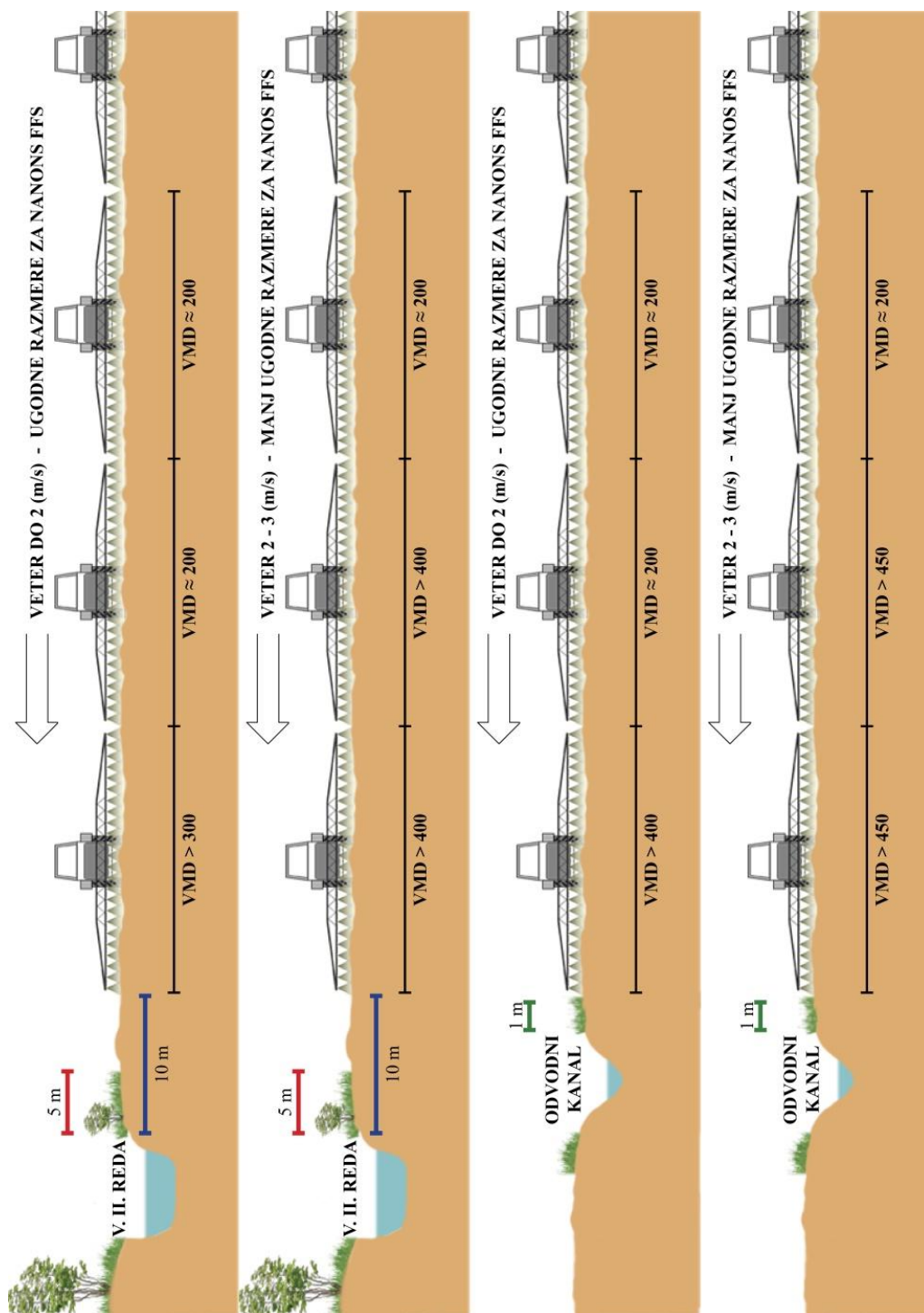
Preglednica 6: Okvirne vrednosti VMD (povprečnega volumskega premera) za standardne in antidriftne šobe pretočnih razredov ISO 01-04. PV* – poraba vode na ha.

ISO razred pretoka šobe	Tlak (bar)	Pretok (l/min)	PV* (l/ha)	Standardne šobe	Antidriftna šoba s predkomoro	Antidriftna šoba <u>tipa venturi</u>
ISO 110-04	1	0,92	158	255-285	475-505	855-890
ISO 110-04	2	1,31	225	225-255	380-410	730-760
ISO 110-04	3	1,60	274	210-240	320-350	570-600
ISO 110-04	4	1,85	317	185-215	270-300	530-560
ISO 110-04	5	2,06	353	170-200	250-285	450-485
ISO 110-03	1	0,69	118	215-245	405-435	775-805
ISO 110-03	2	0,98	168	195-225	330-360	620-650
ISO 110-03	3	1,20	206	165-195	260-290	480-515
ISO 110-03	4	1,39	238	145-175	240-270	420-450
ISO 110-03	5	1,55	266	135-165	215-240	390-420
ISO 110-02	1	0,46	79	185-215	360-390	720-750
ISO 110-02	2	0,65	111	125-150	285-310	610-640
ISO 110-02	3	0,80	137	115-145	210-240	460-490
ISO 110-02	4	0,92	158	110-140	185-215	390-420
ISO 110-02	5	1,02	175	105-135	160-190	355-385
ISO 110-015	1	0,35	60	155-185	265-295	600-630
ISO 110-015	2	0,49	84	110-140	245-270	470-500
ISO 110-015	3	0,60	103	100-130	200-230	300-330
ISO 110-015	4	0,69	118	90-120	165-195	250-280

SLIKA 22: Priporočilo glede izbire velikosti kapljic (VMD) pri škropljenju na robovih njive, ki leži ob vodi I. reda v razmerah z različno jakostjo bočnega vetra v smeri vodnega vira. Varovalni pas za izbrano FFS po navodilih za uporabo je 20 m.



SLIKA 23: Priporočilo glede izbire velikosti kapljic (VMD) pri škropljenju na robovih njive, ki leži ob vodi II. reda v razmerah z različno jakostjo bočnega vetra v smeri vodnega vira. Varovalni pas je izbrano FFS po navodilih za uporabo je 10 m do roba brežine vode II. reda. Spodaj je priporočilo za ravnanje ob odvodnih jarkih, kadar je v njih voda.



Še posebej to upoštevamo, če ima FFS določen varovalni pas, ki je večji od 30 m. Bolj nedorečeno je ravnanje ob začasnim vodnim telesom, ki nastanejo iz odvodnih jarkov ob obilnih padavinah in kadar so njive tik ob večkrat preplavljenih močvirnih travnih in grmiščnih površinah. Glej primer na [sliki 24](#). Tudi tukaj moramo upoštevati previdnostne koncepte. V večini so vsi odvodni jarki povezani z vodami II. reda in preko njih z ostalimi vodami. Pri preprečevanju zanašanja FFS v površinske vode odvodnim jarkom posvečamo premalo pozornosti. Ker je v njih malo vode so lahko vodni organizmi v njih bolj obremenjeni, kot v vodotokih z večjimi količinami vode. Zato ob škropljenju ob jarkih prav tako priporočamo uporabo velikih kapljic.

Večkrat je kritična točka škropljenje prezimnih dosevkov z neselektivnimi herbicidi (glifosat) pred spomladansko obdelavo (npr. konec marca, glej [sliko 25](#)). Takrat je mikrobna razgradnja počasna in jarki so navadno polni vode. Če v omenjenem obdobju glifosat in dodatki pridejo v vode kanalov, imajo neugodne učinke za tam živeče organizme. Prepovedi uporabe snovi glifosat na VVO še nimamo. Potrebno je paziti, da ne bo prihajalo do pogostih najdb te snovi v površinskih vodah. Tam se glifosat najde tudi zaradi uporabe v mestih in ob transportni infrastrukturi. Prepoved uporabe te snovi lahko oteži izvajanje čiščenja njiv od trdovratnih plevelov pri strnišni uporabi in tudi uvajanje sistemov konzervirajoče obdelave tal. V začetku maja uporabljamo herbicide v koruzi in druga FFS v žitih tudi takrat, ko so jarki ob njivah pogosto polni vode. Če z uporabo antidriftnih šob ob škropljenju ne omejimo zanašanja, lahko organizme v jarkih izpostavimo povečanim koncentracijam FFS.

Ker navodila za uporabo FFS ne vsebujejo zelo natančnih navodil glede ravnanj ob odvodnih jarkih, je dobro imeti priporočila, kako ravnati pri nanosih ob jarkih in vodah nižjega reda, ki ne gredo v kategorijo voda I ali II reda. Zanašanje preprečimo s povečanjem velikosti kapljic pri škropljenju zadnjih nekaj prehodov ob površinskem vodnem viru.

SLIKA 24: Odvodni kanal poln vode prav v času sezone nanosa herbicidov v koruzi. Pri škropljenju ob takšnih kanalih je potrebno povečati velikost kapljic, kot kaže slika 22. Pogled na isti odvodni kanal z dveh strani, na začetku in na iztoku v vodo II. reda.



SLIKA 25: Neustrezna uporaba herbicida glifost po rastju znotraj odvodnih kanalov.



Dejavniki, ki določijo potrebno povečanje velikosti kapljic in število hodov škroplilnice s spremenjenimi parametri aplikacije so stanje vetra, količina vode v jarkih in toksikološka

nevarnost herbicida za vodne organizme. Na splošno lahko pri uporabi bolj nevarnih herbicidov in FFS uporabimo preprosto formulo za izračun potrebnega VMD50 kapljic. Za vsakih dodatnih 0,5 m/s hitrosti bočnega vetra, premer VMD kapljic povečamo za 50 µm, začeni pri izhodišču 250 µm in hitrosti vetra 1 m/s. Pri vetru 3 m/s bi torej za varno delo potrebovali šobe z VMD 450 µm (izračun $250 + 50 + 50 + 50 + 50$). Seveda je takšna prilagoditev možna, če imamo na škropilnici vgrajenih dovolj različnih šob enakega pretočnega razreda (enaka barvna koda). Po sodobnih standardih morajo šobe različnih tipov istega pretočnega razreda imeti enake pretoke, ne glede na tip.

7.9 Alternativne prakse zatiranja plevelov

Med alternativne prakse lahko štejemo tudi uporabo za posamezne poljščine neselektivnih herbicidov, ki jih nanašamo s škropilnicami z varovalnim ščitom (glej sliko 26). S takšnimi za VVO sprejemljivimi herbicidi si lahko pomagamo premostiti primanjkljaj, ki nastane zaradi prepovedi rabe nekaterih herbicidov. Z uporaba ščita zagotovimo, da neselektiven herbicid ne pride v stik s poljščino. Takšne tehnike v tujini uporabljajo na VVO in tam, kjer so velika tveganja za zanašanje herbicidov na občutljiva območja (tudi v vode). Uporaba je pogosta v sladkorni pesi, ogrščici, bučnicah, vrtninah, beluših in drugih kulturah, kjer je zelo ozek izbor herbicidov. Med najbolj pogosto uporabljene herbicide v tem sistemu sodi glifosat. Na trgu je na voljo veliko zelo dobrih škropilnic za medvrstno škropljenje pod ščitom (poglej spletne strani podjetij Garford, Steketee, Micron - Varidome). Na naslednjih spletnih straneh je možen ogled filmov o uporabi teh škropilnic:

<https://www.youtube.com/watch?v=3cf6q4uH-CI>,

<https://www.youtube.com/watch?v=KzrxHP7aHDE>,

<https://www.youtube.com/watch?v=F7QotQpSF7k>,

<https://www.youtube.com/watch?v=5nQ935wQIwQ>.

SLIKA 26: Sodobna škropilnica za škropljenje pod ščitom (podjetje Garford, Velika Britanija)



Ena od alternativnih praks je tudi gojenje poljščin, ki so odporne na herbicide primerne za uporabo VVO, pri tem pa odpornost poljščin ne temelji na metodah genskega inženiringa, temveč na metodah klasične selekcije. Takšne poljščine so na primer odporne na herbicide kot so cikloksidim (npr. pri »fokus« koruzi), bromoksinil (npr. pri »bromo« pšenici in ogrščici), imazamoks in drugi imidazolinonski herbicidi (IMI poljščine). Če bi povečali obseg gojenja tako imenovanih IMI poljščin (npr. soja in sončnice), bi bilo potrebno nekoliko zmanjšati frekvenco uporabe sulfonilsečninskih herbicidov, ker lahko ob pogosti hkratni uporabi obeh skupin herbicidov, pospešimo razvoj odpornosti plevelov na ALS herbicide (herbicidi z delovanjem na encim aceto laktat sintetazo).

Ker so herbicidi glavna skupina FFS, ki jih najdemo v površinskih in podzemnih vodah, je pomemben ukrep vsaj občasna uporaba nekemičnih metod zatiranja plevelov. Z občasno uporabo nekemičnih metod, razbremenimo pritisk herbicidov na podtalnico. Poznamo dve osnovni alternativni metodi, mehansko zatiranje in uporaba ognja. Standardne oblike mehanskega zatiranja (to je uporaba česal v žitih ali pa okopalnikov z nogačami pri okopavinah) so na območju porečja Mure dokaj dobro razvite, vendar je uporaba drugih sodobnih orodij zelo omejena. Takšna orodja so na primer kotalne zvezdaste motike, diagonalna kotalna česala, zvezdasti kotalni plevelniki in prstasti plevelniki (glej sliko 27). Prvi dve omenjeni orodji sta tudi primerni za delo na njivah s konzervirajočo obdelavo, saj za njuno delovanje obstoj zastirke na površju tal ni ovira. Spadata med tako imenovani »preko vrstna« orodja, ki uspešno zatirata tudi plevela znotraj vrste posevka. Lahko imajo velike delovne širine in možno je delo pri velikih delovnih hitrostih (tudi nad 15 km/h). To povečuje ekonomiko uporabe. Uporabe ognja, ki se je v sosednjih državah že pokazala kot ekonomsko izplačljiva metoda zatiranja plevelov predvsem v ekološki pridelavi, na območju porečja Mure praktično ne poznamo.

SLIKA 27: Nekatera manj pogosto uporabljena orodja za mehansko zatiranje plevelov (glej na <http://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/unkrautregulierung/>).



Pred nakupom in uporabo različnih česal in kultivatorjev je potrebno preveriti naslednje razmere v zvezi s strojno tehniko in lastnosti zemljišč:

- Tehnične značilnosti traktorja (dimenzije pnevmatik, medosne razdalje, možne priklpe spredaj in zadaj, nosilnost tritočkovnega sistema, vlečno moč).

- Preveriti sistem setve (natančnost, stiki vrst, globina setve, gostota setve, medvrstne razdalje, ...). Natančna setev je osnovni pogoj za dobro delovanje orodij in za delo pri velikih delovnih hitrostih.
- Značilnosti tal (možnost zaskorjenja, stopnja prašenja, velikost grud, velikost skeletnih delcev, količina in dolžina delcev površinskega rastlinskega drobirja, hitrost sušenja tal po dežju, ...).
- Makro in mikro topografija terena (nagib, plastovitost, notranji razgoni, ...).

Dejavniki, ki jih upoštevamo pri uporabi česal, okopalnikov, osipalnikov in drugih tipov kultivatorjev, podrahljačev in spodrezovalnikov (težkih kultivatorjev za medvrstno okopavanje pod plastjo zastirke):

- Potrebno je pridobiti izkušnje glede tega, do kakšne stopnje različne nastavitve delovnih elementov poškodujejo različne plevela in gojene rastline v različnih fazah razvoja in stanjih površine tal.
- Poznati je potrebno učinke delovnih elementov na premeščanje grud, drobirja, majhnih plošč zaskorjenih tal in večjih skeletnih delcev.
- Analizirati je potrebno mejno hitrost dela v različnih talnih razmerah.
- Prevelika frekvenca prehodov orodij ima negativne učinke v obliki gaženja tal in pospeševanja mineralizacije organske snovi zaradi povečane oksidacije.
- Uporaba orodij kmalu po uporabi talnih herbicidov, prekine njihovo delovanje.

Na evropskem trgu so na voljo številni s senzorji opremljeni okopalniki, ki lahko zelo učinkovito zatirajo plevel v vrsti tik ob poljščinah. Takšni so na primer stroji robocrop (Garford), robovator (Kress/Paulsen) in Ic-cultivator (Steketee). Cena teh strojev presega 50.000 €, nudijo pa izjemno veliko učinkovitost zatiranja plevelov. Glede na stroške so primerni za ekološko vrtnarsko pridelavo, kjer se lahko dosega zares dobre cene vrtnin. Ogled delovanja enega takšnih je na <https://www.youtube.com/watch?v=bxY7ZpjACmc>.

Za učenje o mehanizmi delovanja različnih tipov orodij je priporočljivo prebrati prosto dostopen priročnik "Practical weed control in arable farming and outdoor vegetable cultivation without chemicals", ki je dostopen na spletni strani svetovalne službe iz Wageningena (<http://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-333436363134>) in priročnik, ki je dostopen na spletni strani ameriške svetovalne službe SARE "Steel in the field" (<http://www.sare.org/publications/steel/steel.pdf>). Informacije in filme o delovanju orodij je možno dobiti na spletnih straneh naslednjih svetovno priznanih proizvajalcev: Einböck, Hatzenbichler, Carré, Garford, Grimme, Kress, K.U.L.T., Schmotzer, Steketee, Broekema, Bezzerides, Buddingh, Univerco, Kovar, Beartschi, Fobro, Frato, Hermes, APV.at, He-Va, Yetter, Taurus, Treffler, Annaburger in drugih.

Eden od pristopov pri mehaničnem zatiranju plevelov je sistem slepe setve, ki je znan od nekdaj. Ta pristop, kjer setvišče obdelamo nekaj časa pred setvijo in posevka ne posejemo takoj temveč z zamudo, je priporočljiv za poljščine, kjer imamo velik primanjkljaj učinkovitih herbicidov (na primer buče in oljna ogrščica), še posebej, saj ta počasi vznikajočih vrtninah. Sistem slepe setve je zelo učinkovit za zatiranje ambrozije, saj ta spada med plevela, ki zgodaj vznikajo in je občutljiva za poškodbe v stadiju kličnih listov. Pozneje se njena občutljivost zmanjša. Na pol ta ukrep v Sloveniji izvajamo, ko v praksi naredimo en hod s planirnimi priključki, drugega hoda pred setvijo ali po setvi in pred vznikom poljščine pa navadno ne naredimo, ker se nam zdi nepotreben strošek ali pa nimamo ustreznih orodij. Na tak način ne dosežemo v polni meri zatiralnega učinka in z zapoznelo setvijo lahko celo nekoliko zmanjšamo učinkovitost nekaterih herbicidov (npr. pendimetalin, mezotrion, izoksafutol). Pomembno pri slepi setvi je, da pri ponovnem prehodu preko vzniklih plevelov, tal ne premešamo v globino. Če tla premešamo, na površje dvignemo nova semena in tako setvišče ponovno zaplevelimo. Z običajnimi rogljastimi

predsetvenimi kultivatorji sistema slepe setve ne moremo izvajati dobro. Uporabne so na primer plitvo delujoče kotalne brane, ki lahko imajo velike delovne širine.

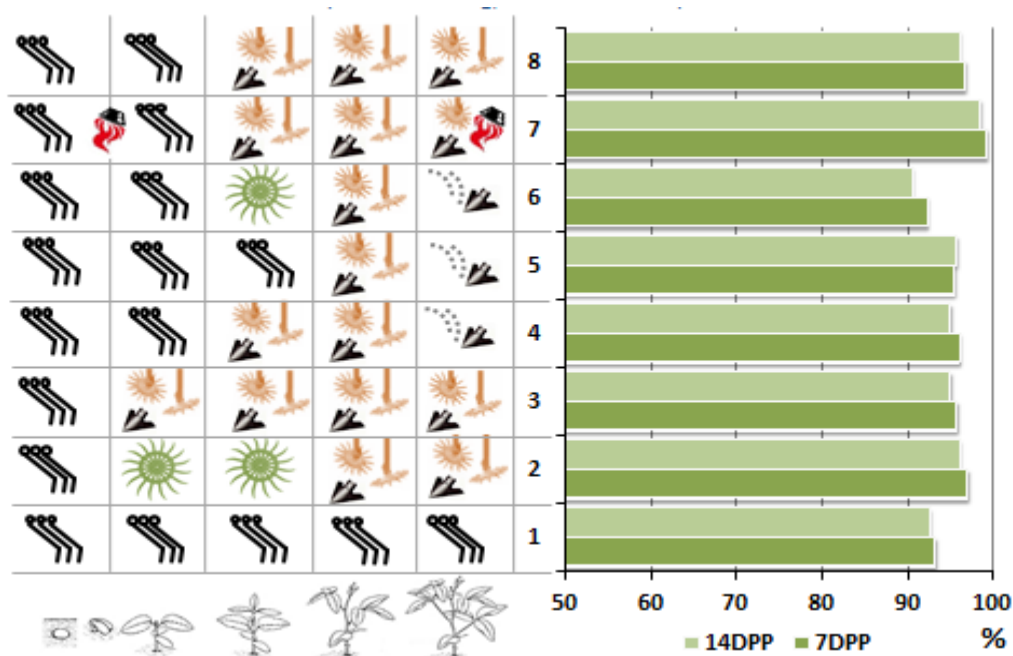
Dejavniki, ki ji upoštevamo pri uporabi ognja

- uporaba ognja je pri dovolj velikem številu ponovitev lahko zelo učinkovita proti enoletnim plevelom in manj učinkovita proti večletnim plevelom. Ko enkrat osnovna vala vzniklih plevelov požgemo, ni veliko novih valov, če tal ne premešamo.
- uporaba ognja je bolj učinkovita proti širokolistnim plevelom kot proti ozkolistnim plevelom. Trave se obnovijo iz razrastišča, ki ga pri majhni porabi plina ne uničimo povsem. Enako velja za koruzo in sirek, ki se kot prizadeta posevka lahko dobro obnovita.
- če delamo v vlažnem vremenu in so pleveli mokri je poraba energije večja vsaj za 25 %. Sicer pa lahko delamo v mokrem vremenu, ko uporaba okopalnikov ni možna.
- v zelo suhem vremenu ognja ne moremo uporabljati, če imamo tla prekrita s suho zastirkjo (pri konzervirajoči obdelavi). Zastirka se lahko vžge in nekontroliran ogenj lahko močno poškoduje gojene rastline.
- poraba plina (butan/propan) pri majhnih plevelih znaša 30 kg/ha, pri večjih plevelih 45 kg/ha za en prehod. Običajno kombiniramo mehansko zatiranje plus dva prehoda z ognjem. Če računamo na nekoliko večjo porabo, potrebujemo za dva hoda 100 kg plina na ha. Ekonomika postopka je odvisna od cene plina, ki si jo lahko zagotovimo. Če plin nabavimo po ugodnih dostavnih cenah, npr. po 1,7 € za kg, je letni strošek za plin na hektar približno 150 €. V naših razmerah je možno doseči dobre rezultate v koruzi, soji, sirku in sončnici.
- najbolj so uporabne naprave večjih delovnih širin (vsaj 8 vrst), pri katerih imamo ogenj pod ščitom in pri katerih lahko zelo natančno spreminjamo kot gorilnika (glej sliko 28). Naprave s ščiti imajo boljše izkoristke in nudijo večje delovne hitrosti.
- kot gorilnika (plamena) spreminjamo glede na hitrost vožnje in glede na razvojni stadij poljščine. Paziti je potrebno na odboj ognja od tal. Pri prvem prehodu, odboja od tal ne sme biti, pri poznejših hodih (ožiganje pod list), pa je manjši odboj od tal zaželen, ker s tem povečamo stopnjo poškodb plevelov tik ob poljščinah v vrstnem prostoru.
- možno je kombiniranje okopavanja in ožiganja v enem hodu. Okopalnik je pripet zadaj, ožigalnik pa spredaj (npr. 6 vrstna naprava). V tem primeru lahko občutno zmanjšamo porabo plina in povečamo zatiranje trav, ki jih po prehodu ognja še zasipamo z zemljo (nogače z majhnimi osipalnimi krilci).
- lahko kombiniramo ločene hode česal, okopalnikov in ožigalnikov. Tak sistem se dobro obnese za zatiranje plevelov v soji (glej sliko 29).
- tehnika ožiganja je zelo uporabna tudi za zatiranje ambrozije v sončnicah in soji, kjer imamo omejene možnosti kemičnega zatiranja.

SLIKA 28: Moderen 8 redni ožigalnik plevelov z veliko storilnostjo – podjetje AFI ZDA (glej na <http://www.agriculturalflaming.com/index.aspx?mid=11277>).



SLIKA 29: Primerjava osmih različnih sistemov uporabe različnih orodij (česalo, kombinacija kultivatorja z nogačami in prstastega plevelnika, kotalne brane in ožigalnika) za zatiranje plevela v soji. Desno stopnja učinkovitosti zatiranja plevelov 7 dni (DPP) in 14 dni (DPP) po zadnjem tretiranju. Izkušnje iz Srbije (2015). Vir: Dr. Goran Mališa (Inštitut za ratarstvo i povrtlarstvo Novi Sad).



Glede možnosti in tehnike uporabe ognja je priporočljivo prebrati ameriški priročnik "Propane-Fueled Flame Weeding in Corn, Soybean, and Sunflower", ki je dosegljiv na spletni strani <http://agpropane.com/propane-safety-on-the-farm/service-manuals-and-training-guides/>. Praktične izkušnje je možno pridobiti z obiskom kmetij v sosednjih državah.

8 Literatura – uporabni viri informacij (vsi spletni viri dosegljivi v aprilu 2017)

8.1 Konzervirajoča obdelava tal in obnašanje FFS v tleh

- ATTRA, 2003. Conservation Tillage, (<https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=106>).
- Baumgarten, A., Dersch, G., Hösch, J., Spiegel, H. 2011. Bodenschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft. AGES, (www.ages.at).
- Demmel, M. 2010. Beratungsempfehlung Bodenbearbeitungssysteme. Verband der Landwirtschaftskammern, (www.landwirtschaftskammern.de/pdf/bodenbearbeitungssysteme.pdf).
- Hoorman, J.J., Moras, J.C., Reeder, R. 2009. The biology of soil compaction. SARE Fact Sheet AEX-543-09, (<http://www.sare.org/Learning-Center/SARE-Project-Products/North-Central-SARE-Project-Products/The-Biology-of-Soil-Compaction>).
- Landwirtschaft Sachsen, 2017. Bodenbearbeitung und Bodenkultur - Konservierende Bodenbearbeitung, (<https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/8120.htm>).
- Rosner, J., Zwatz, E., Gyuricza, C. 2008. Konservierende Bodenbearbeitungssysteme - Versuche in Niederösterreich, (<https://www.lako.at/de/> in www.lako.at/versuche).
- SAI Platforms, 2010. Water conservation technical brief. TB 9 - Use of a conservation tillage system as a way to reduce water pollution - the footprint of crops, (www.saiplatform.org).
- Schmidt, W. 2015. Literaturübersicht zu Veränderungen von Bodeneigenschaften durch konservierende Bodenbearbeitung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, (<http://www.boden.sachsen.de>).

8.2 Pedološke lastnosti tal in njihov vpliv na obnašanje FFS v njih

- Colquhoun, J. 2007. Herbicide persistence and carryover (A3819). University of Wisconsin Extension, (<https://learningstore.uwex.edu/Herbicide-Persistence-and-Carryover-P166.aspx>).
- GRDC Publications, 2015. Understanding pre-emergent herbicides and how they interact with the environment, (<https://grdc.com.au/Resources/Publications>).
- Penn State Extension, 2010. Persistence of herbicides in soil. Agronomy Facts 36, (<http://extension.psu.edu/pests/weeds/control/persistence-of-herbicides-in-soil>).
- Persolja J., Lobnik, F., Milevoj, L. 2008. Napoved izpiranja herbicidov v tleh Dravskega in Ptujkega polja z modelom PELMO. Magistrsko delo, Biotehniška fakulteta v Ljubljani, 40 s.
- Šinkovec, M., Štangelj, A., Bukovec, P., Suhadolc, M. 2011. Primerjava modelov FOCUS PELMO in PEARL pri ocenjevanju izpiranja herbicidov v treh izbranih vrstah tal na območju Apaške doline. Acta agriculturae Slovenica, 97: 33–38.
- Šinkovec, M., Knapič, M., Verbič, J., Sušin, J., Glad, J., Čergan, Z., Vrščaj, B., Vernik, T. 2011. Zaključno poročilo - projekt Climate change and impacts on water supply (CC-WaterS). Kmetijski inštitut Slovenije, 35 s.
- Štangelj, A. 2009. Ocena izpiranja izbranih herbicidov na obrečnih tleh Apaške doline, posejanih s koruzo. Dipl. delo. Biotehniška fakulteta v Ljubljani, 51 s., (www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_stangelj_ana.pdf).
- University of Tennessee Education, 2015. Soil Colloids and Cation Exchange Capacity - What should you know?, (web.utk.edu/~drt00c/Soil%20Colloids.pdf).

8.3 Alternativne možnosti zatiranja plevelov

ATTRA, 2014. Sustainable weed management for small and medium-scale farms 2014, (<https://attra.ncat.org/publication.html#pest>).

Colquhoun, J. in Bellinder, R. 1997. New Cultivation Tools for Mechanical Weed Control in Vegetables. Cornell Cooperative Extension publication IPM Fact sheet 102FSNCT, (<http://www.vegetables.cornell.edu/weeds/newcultivationmech.pdf>).

Grubinger, V. 2013. Weed management and cultivation equipment for vegetable farms, (<https://www.uvm.edu/vtvegandberry/MechanicalWeedManagement.pdf>).

Knežević, C.Z., Avishek, D., Bruening, C., Gogos, G. 2014. Propane-Fueled Flame Weeding in Corn, Soybean, and Sunflower, Propane Education Council, (<http://www.propane.com/uploadedFiles/Propane/Agriculture/Safety/PropaneFueledFlameWeeding.pdf>).

SARE, 2007. Steel in the field publication, (<http://www.sare.org/publications/steel/steel.pdf>).

SARE, 2012. Managing cover crops profitably, (www.sare.org/publications/covercrops/covercrops.pdf).

Wageningen University Research Publications, 2006. Practical weed control in arable farming and outdoor vegetable cultivation without chemicals, (<http://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-333436363134>).

8.4 Zanašanje FFS in površinski odtok

Bennett, E.R., Moore, M.T., Cooper, C.M., Smith, S., Shields, F.D., Drouillard, K.G. 2005. Vegetated agricultural drainage ditches for the mitigation of pyrethroid-associated runoff. Environ. Toxicol. Chem. 24: 2121–2127.

Cardinali, A., Otto, S., Zanin, G. 2013. Herbicides runoff in vegetative filter strips: evaluation and validation of a recent rainfall return period model. Int. J. Environ. Analyt. Chem. 1: 1–10.

Gregoire, C., Elsaesser, D., Huguenot, D., Lange, J., Lebeau, T., Merli, A. 2009. Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution in artificial wetland ecosystems. Environ. Chem. Lett. 7: 205–231.

Hackett, M. in Lawrence A. 2014. Multifunctional Role of Field Margins in Arable Farming - Report for European Crop Protection Association by Cambridge Environmental Assessments – ADAS UK Ltd 03/03/2014. Report Number CEA. 1118, (<http://www.ecpa.eu/>).

Long, R., Gan, J. in Nett, M. 2005. Pesticide Choice: Best management practice for protecting surface water quality in agriculture. University of California publications P 8161, (anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8161.pdf).

Otto, S., Pappalardo, S., 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): 1-14.

Poje, T. 2013. Aplikacija FFS na VVO - Varstvo rastlin pred škodljivimi organizmi s stališča varovanja vodnih virov, (predavanja dostopna na spletni strani Kmetijskega inštituta Slovenije, (www.kis.si)).

Sprayers 101, 2015 in 2016. Drift Articles – understanding drift, (<http://sprayers101.com/tag/drift/>).

Topps, 2015. Best Management Practices to reduce spray drift, (<http://www.topps-life.org/key-documents1.html>).

Topps, 2015. Best Management Practices to mitigate risk of runoff - a quick start, (<http://www.topps-life.org/key-documents1.html>).

Topps, 2015. Best Management Practices to reduce water pollution with plant protection products from run-off and erosion, (<http://www.topps-life.org/key-documents1.html>).



Interreg 
SLOVENIJA – AVSTRIJA
SLOWENIEN – ÖSTERREICH
Evropska unija | Evropski sklad za regionalni razvoj
Europäische Union | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



SI-MUR-AT

REPUBLIKA SLOVENIJA
**SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ
IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO**



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije

**KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
MURSKA SOBOTA**