

OPASNOSTI I RIZICI UPOTREBE PESTICIDA

Fanda, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:383842>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivan Fanda

Opasnosti i rizici upotrebe pesticida

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ivan Fanda

Opasnosti i rizici upotrebe pesticida

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr.sc. Jasna Halambek v.predavač

Karlovac, 2022.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime	Ivan Fanda		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0416619067		
JMBAG	0242035252		
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	Stručni studij sigurnosti i zaštite		
Godina upisa			
Datum podnošenja molbe			
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom: **Opasnosti i rizici upotrebe pesticida**

Naslov teme na engleskom: **Hazards and risks of pesticide use**

Opis zadatka:

U završnom radu, uz pomoć dostupne literature, pojmovno će se odrediti pesticide i njihova podjela, prikazati će se njihov razvoj kroz povijest te prikazati njihove prednosti i nedostatke. Detaljno će se pojasniti sistematizacija pesticida kojima pripadaju insekticidi, fungicidi i herbicidi i druge kategorije. Završni rad će se bazirati na opasnostima i rizicima same uporabe pesticida. Prikazati će se načini upotrebe pesticida u okolišu, njihov utjecaj na čovjeka i postupke uklanjanja pesticida.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam svoj završni rad pod naslovom ***Opasnosti i rizici upotrebe pesticida*** izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu stručnu i znanstvenu literaturu.

Želio bih se zahvaliti svim profesorima na prenesenim znanjima a posebnu zahvalnost mojoj mentorici dr.sc. Jasni Halambek što mi je pomogla svojim savjetima pri izradi ovog završnog rada i što je uvijek imala vremena i strpljenja za moje brojne upite.

Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji koja me uvijek podržavala i upućivala na pravi put.

I na kraju, najveću zahvalnost dugujem svojim roditeljima koji su uvijek bili tu uz mene bez obzira radilo se tu o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam dosad postigao ne bi bilo moguće.

Veliko HVALA svima!

Ivan Fanda

SAŽETAK

Pesticidi su kemijske ili biološke tvari namijenjene suzbijanju, ograničavanju ili uništavanju različitih oblika štetnika, korova i infekcija kod biljaka, što u konačnici rezultira dobrim prinosima usjeva. Aktivne tvari korištenih pesticida prenose se kroz zrak, vodu i tlo te se šire i talože unutar ekosustava, ugrožavajući biljke i ostale organizme. Dugo nakon primjene, ove štetne tvari zaostaju u ekosustavu i direktno ulaze u hranidbeni lanac. Opasnosti po zdravlje ovise o koncentraciji izloženosti pesticidu, načinu ulaska u organizam, njegovoj toksičnosti, načinu djelovanja, temperaturi okoliša na kojoj se primjenjuje, kao i nepoštivanju uputa za uporabu

Za potrebe ovog rada, korišteni su sekundarni podaci. Izvori podataka završnog rada su knjige i to iz raznih domaćih i stranih izvora, časopisi, znanstveni članci te sadržaji na internetskim stranicama koje se bave tematikom navedenog završnog rada.

Ključne riječi: onečišćenje okoliša, opasnosti za zdravlje, pesticidi.

SUMMARY

Pesticides are chemical or biological substances intended to control, limit or destroy various forms of pests, weeds and infections in plants, which ultimately result in good crop yields. The active substances of the pesticides used are transported through the air, water and soil and spread and settle within the ecosystem, endangering plants and other organisms. Long after application, these harmful substances lag behind in the ecosystem and enter the food chain directly. Health hazards depend on the concentration of pesticide exposure, the mode of entry into the organism, its toxicity, mode of action, the ambient temperature at which it is applied, as well as non-compliance with the instructions for use.

For the purposes of this paper, secondary data were used. The data sources of the final paper are books from various domestic and foreign sources, journals, scientific articles and content on the website that deals with the topic of the final paper.

Key words: environmental pollution, health hazards, pesticides.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	Predmet i cilj rada.....	1
1.2.	Struktura i sadržaj	2
2.	PESTICIDI	3
2.1.	Podjela pesticida	4
2.2.	Razvoj pesticida kroz povijest.....	9
2.3.	Pozitivne i negativne strane uporabe pesticida	11
3.	SISTEMATIZACIJA PESTICIDA.....	13
3.1.	Insekticidi	14
3.2.	Fungicidi	16
3.3.	Herbicidi.....	18
4.	RIZICI I UTJECAJ PESTICIDA NA ČOVJEKA I OKOLIŠ	20
4.1.	Kretanje pesticida u okolišu	20
4.2.	Rizici za čovjeka.....	22
4.2.1.	Genetski inženjering i pesticidi	23
4.2.2.	Opasnosti tijekom primjene pesticida	24
4.3.	Postupci uklanjanja pesticida.....	27
4.3.1.	Uklanjanje pesticida iz hrane.....	27
4.3.2.	Uklanjanje pesticida iz okoliša.....	29
5.	ZAKLJUČAK	31
6.	POPIS PRILOGA	34
6.1.	Popis slika.....	34
6.2.	Popis tablica.....	35

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Pesticidi su tvari kemijskog ili biološkog podrijetla namijenjeni očuvanju gospodarski važnih biljaka i životinja od korova, bolesti, štetnih kukaca i drugih štetnih organizama. Danas se upotrebljavaju u gotovo svim industrijama, pa je njihova primjena dobro poznata u poljoprivredi, šumarstvu, medicini, industriji, kućanstvu, kozmetici itd.. Najčešća primjena pesticida podrazumijeva prskanje, zaprašivanje, postavljanje otrovnih mamaca i ljepljivih zamki itd..

Osim pozitivnih aspekata koji pokazuju svrhu za koju se koriste, pokazalo se da pesticidi imaju mnogo negativnih učinaka. Oni ozbiljno zagađuju okoliš, posebice vodene putove, s štetnim učincima na floru i faunu, te se stoga smatraju glavnim izvorom onečišćenja biosfere. Smanjenje upotrebe pesticida jedan je od temelja održive poljoprivrede i jedan od koncepta održivog razvoja. Učinci pesticida na ljudsko zdravlje nisu ni do danas u potpunosti istraženi.

Osnovni cilj završnog rada je pojmovno odrediti pesticide i njihovu podjelu, prikazati njihov razvitak kroz povijest te prikazati njihove prednosti i nedostatke, uz pomoć dostupne literature. U ovom završnom radu također će se pojasniti sistematizacija pesticida, te će se osvrnuti i na potencijalne opasnosti i rizike same uporabe pesticida. Cilj je prikazati značaj upotrebe pesticida u okolišu, njihov utjecaj na čovjeka i postupke uklanjanja pesticida ukoliko se dođe u doticaj sa njima.

1.2. Struktura i sadržaj

Završni rad pod naslovom „Opasnosti i rizici upotrebe pesticida“ se sastoji od pet međusobno povezanih poglavlja.

Prvo poglavlje uvodi u problematiku završnog rada. Nakon toga slijedi struktura rada koja sadrži objašnjenje svakog pojedinog poglavlja. U drugom poglavlju naziva „Pesticidi“ kao podlogu za navedenu temu pobliže objašnjava pojmovno značenje pesticida, razloge nastanka pesticida, temeljna obilježja pesticida i prikazuje prednosti i nedostatke pesticida. U trećem poglavlju teorijski su prikazane vrste pesticida i njihovi prednosti i nedostaci. Četvrto poglavlje usmjereno je na opasnosti i rizike upotreba pesticida. Prikazuje njihov utjecaj na okoliš i čovjeka i upućuje na postupke uklanjanje pesticida. U petom poglavlju elaborirani su zaključci. Na samom kraju rada prikazan je popis literature, tablica i slika koji su se koristili kao podloga u izradi završnog rada.

2. PESTICIDI

Pesticidi su kemijska ili biološka sredstva prvenstveno namijenjena suzbijanju štetnika u poljoprivredi, stočarstvu, šumarstvu, proizvodnji hrane, kao i kućanstvu.

Pesticidi su prikladni za:

- uništavanje i zaštita organizama štetnih za biljke, životinje ili biljne i životinjske proizvode
- eliminiranje ili sprječavanje pojave organizama koji su štetni ili nepoželjni za ljude
- djelovanje na životne procese biljaka na drugačiji način od gnojiva
- uništenju potencijalno opasnih biljaka poput korova
- uništavanju dijelova biljaka ili suzbijanju nepoželjnog rasta biljke.

Pesticidi su sredstva za zaštitu bilja u širem smislu i univerzalno su sredstvo uporabe. Pesticidi u užem smislu su sva sredstva za zaštitu bilja razvrstana prema namjeni i načinu uporabe. Svi su otrovi, pa su prema Zakonu o zaštiti bilja po toksičnosti podijeljeni u tri kategorije:

- I. najjači otrovi, s natpisom *Vrlo jak otrov*, sa znakom mrtvačke glave. Zabranjena je njihova prodaja fizičkim osobama.
- II. jaki otrovi, s natpisom *Otrov*, sa simbolom mrtvačke glave. Prodaju se uz odgovarajuću dokumentaciju kupaca.
- III. slabiji otrovi, s natpisom *Štetno po zdravlje* ili *Nadražujuće*, sa znakom Andrijina križa. Distribuiraju se u specijaliziranim prodavaonicama – poljoprivrednim ljekarnama.

Budući da je većina pesticida dobivena sintetski u laboratoriju, važno je razumjeti njihovo podrijetlo, kemijska i fizikalna svojstva, učinke na zdravstveno stanje ljudi, životinja i ekosustava. Registracija, puštanje na tržište i korištenje pesticida regulirano je strogim regulativama.

Pesticidi se mogu staviti na tržište i upotrebljavati za Područje Republike Hrvatske samo u slučaju odluke o registraciji koju izdaje Ministarstvo poljoprivrede.

Mnogo je razloga zašto vlade reguliraju i ažuriraju zakone o uporabi pesticida. Ključni uzrok je zaštita građana i njihovog zdravstvenog stanja. Drugi je zaštita okoliša od učinka povezanih s upotrebom pesticida. To podrazumijeva zaštitu korisnika pesticida, potrošača, usjeva, stoke, divljih životinja, vode i još mnogo toga. Zakonodavstvo je jedan od alata koje zemlje koriste za reguliranje proizvodnje, uvoza, transporta, pohranjivanja, prodaje, upotrebe i zbrinjavanja pesticida. Usvajanjem Direktive 2009/128/EZ i prevođenjem njezinih odredbi u uredbu kojom se uspostavlja okvir za djelovanje postizanja ekološki prihvatljive primjene pesticida postavljena je pravna osnova za izradu i donošenje nacionalnih akcijskih planova za održivu uporabu pesticida. Hrvatska nastoji uspostaviti sustav za održivu upotrebu pesticida kako bi se smanjili rizici i utjecaji uporabe pesticida na ljudsko zdravlje i okoliš [1].

2.1. Podjela pesticida

Postoji više načina podjele pesticida. No, najčešće se primjenjuje podjela s obzirom na ciljnu skupinu organizama kao metu djelovanja pojedinog pesticida. Na taj način pesticidi su razvrstani unutar 11 skupina [2]:

1. akaricidi: suzbijaju grinje,
2. algicidi: suzbijaju rast algi,
3. avicidi: odbijaju ptice od usjeva,
4. baktericidi: sprečavaju rast bakterija,
5. fungicidi: sprečavaju rast gljivica,
6. herbicidi: suzbijaju rast korova,
7. insekticidi: suzbijaju štetne kukce,
8. moluscidi: suzbijaju puževe,
9. nematocidi: suzbijaju nematode,

10. rodenticidi: suzbijaju glodavce,

11. virucidi: sprečavaju virozu.

Prema podrijetlu sredstva za zaštitu bilja dijele se na kemijska i biološka dok je najčešća podjela prema vrsti štetnog organizma kojeg se suzbija [3]:

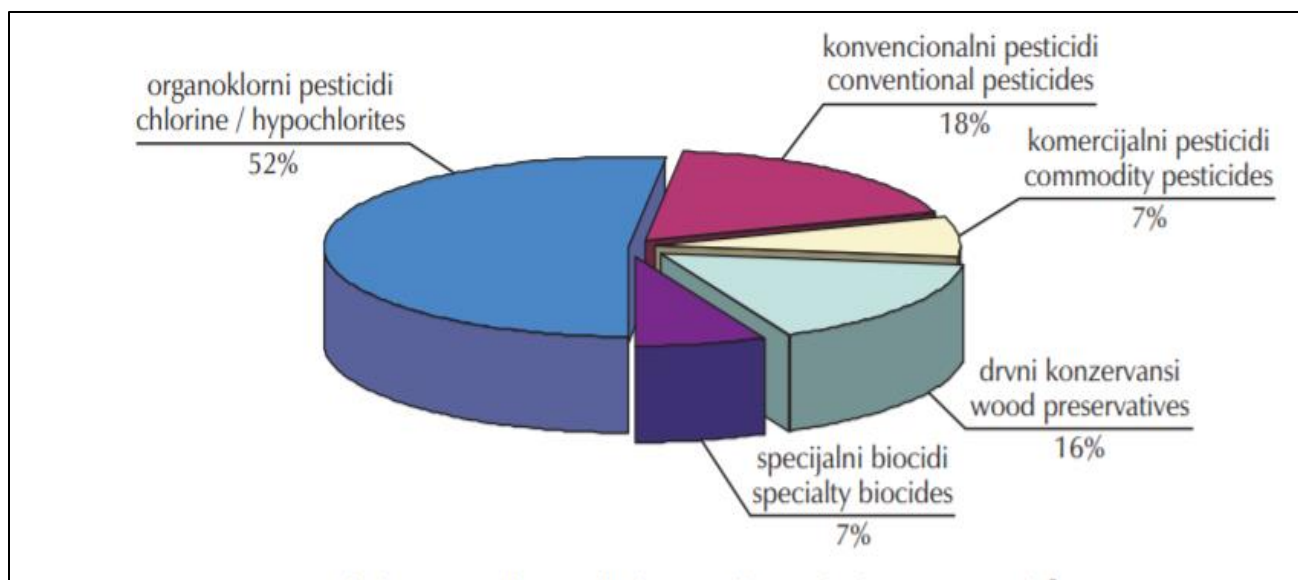
1. ZOOCIDI – sredstva za suzbijanje ili odbijanje životinja, podijeljeni su u nekoliko skupina:

- insekticidi – sredstva za suzbijanje kukaca,
- akaricidi – sredstva za suzbijanje grinja,
- nematocidi – sredstva za suzbijanje nematoda,
- limacidi – sredstva za suzbijanje puževa,
- rodenticidi – sredstva za suzbijanje glodavaca,
- korvifugi – sredstva za odbijanje ptica od sjemena.

2. FUNGICIDI – sredstva za suzbijanje gljiva i pseudogljiva i nekih bakterija uzročnika bolesti.

3. HERBICIDI – sredstva za suzbijanje korova.

4. Ostala sredstva – regulatori rasta biljaka i pomoćna sredstva.



Slika 1. Udio pojedinih pesticida u svakodnevnoj uporabi [4]

Prema kemijskome sastavu, pesticidi se dijele na:

- klorirane ugljikovodike,
- organofosforne spojeve,
- karbamate,
- sintetske piretroide,
- tiazine,
- neonikotinoide,
- derivate feniluree,
- sumporna sredstva,
- bakrena sredstva,
- dinitroaniline,
- kloracetanide,
- dipiridile,
- imidazolinon.

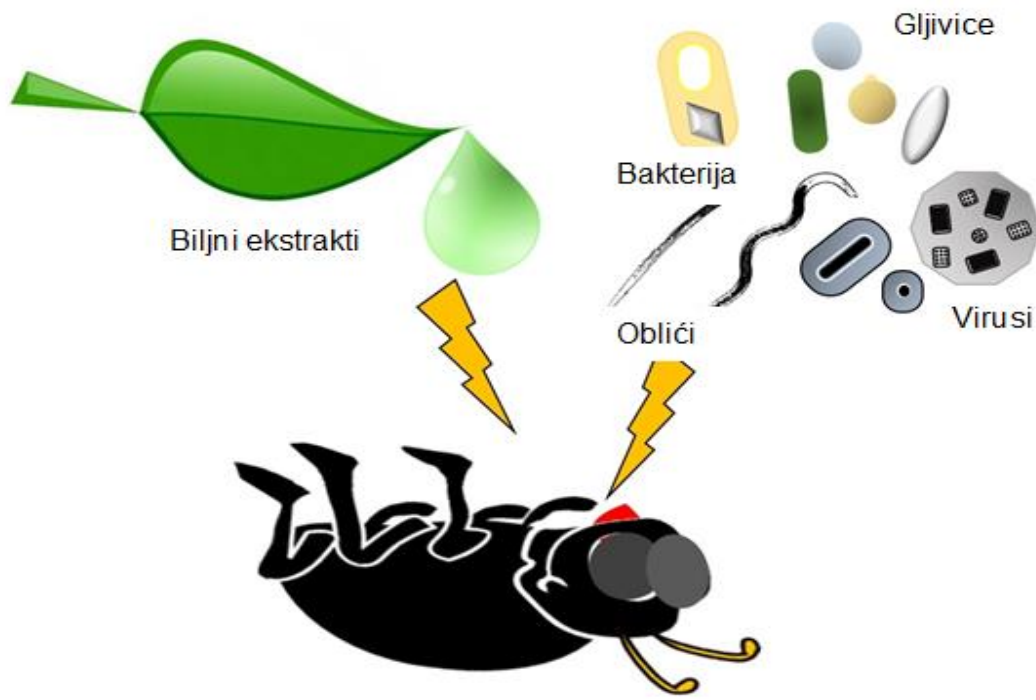
Prema načinu djelovanja, pesticidi se mogu podijeliti na [7]:

- sistemike
- nesistemike.

Nakon primjene, sistemski pesticidi se mogu širiti s mjesta primjene na različita mjesta. Kada se nanose na korijenje biljaka, šire se po biljci i uništavaju kukce koji sišu sok biljke koja se prerađuje, a kod ljudi se krvotokom šire po cijelom tijelu. Za razliku od sistemskih pesticida, nesistemski pesticidi djeluju samo na mjestu primjene, odnosno djeluju u kontaktu.

Posebna klasa pesticida su biološki pesticidi. Biopesticidi se dobivaju iz prirodnih materijala kao što su biljke, životinje i neki minerali. U skupini postoji 5 vrsta mikrobnih biopesticida, uključujući bakterije, viruse, gljivice, alge, protozoe, ugrađene zaštitne agense (PIPa = Plant Incorporated Protectants), spojeve koje proizvode same transgene biljke, te prirodne netoksične i insekticidne biokemijske pesticide kao što su feromoni.

Prednosti samih biopesticida su niska toksičnost za neciljane organizme, učinkovitost u malim količinama i brza razgradnja. Biopesticidi su specifični jer se radi o živim sustavima koji imaju ograničeno vremensko trajanje i nakon nekog vremena ugibaju. Upravo zbog toga imaju uzak spektar djelovanja i skupi su.



Slika 2. Djelovanje biopesticida [5].

2.2. Razvoj pesticida kroz povijest

Prva zapisana upotreba insekticida dogodila se prije 4500 godina od strane drevnih Sumerana koji su upotrebljavali spojeve sumpora za uništavanje insekata i grinja. Dok su prije 3200 godina Kinezi koristili različite prirodne organske tvari za zaštitu od kukaca, miševa i ptica, a anorganski živini i spojevi arsena upotrebljavali su se za kontrolu biljnih nametnika.

Buhač, koji se dobiva iz osušenih cvjetova *Chrysanthemum cinerariaefolium* "Pyrethrum daisies", koristi se kao insekticid više od 2000 godina. Perzijanci su koristili prah za zaštitu uskladištenog žita, a kasnije su križari u Europu donijeli informacije da se osušene okrugle tratinčice mogu uspješno koristiti za kontrolu lisnih uši. Mnoge se anorganske tvari od davnina koriste kao pesticidi, dapače bordoška smjesa (poznata i pod nazivom bordoška juha), na bazi bakrenog sulfata i vapna, još uvijek se koristi protiv raznih gljivičnih bolesti.

Sve do 1940-ih anorganske tvari, kao što su natrijev klorat i sumporna kiselina, ili organske tvari iz prirodnih izvora i dalje su se široko koristile u sprječavanju štetočina. Međutim, neki pesticidi bili su nusprodukti prerade plina i ugljena ili drugih industrijskih procesa. Prvi su se koristili u tu svrhu spojevi poput nitrofenola, klorofenola, kreozota, naftalina kao fungicidi i insekticidi, dok su amonijev sulfat i natrijev arsenat korišteni kao herbicidi. Nedostatak mnogih od ovih proizvoda je njihova visoka stopa primjene, nedostatak selektivnosti i fitotoksičnost.

Rast sintetičkih pesticida ubrzao se 1940-ih s otkrićem DDT-a, BHC-a, aldrina, dieldrina, endrina, klordana, parationa, kaptana i 2,4-diklorofenoksiocetene kiseline. Ovi proizvodi su bili djelotvorni i jeftini, a DDT (diklordifeniltrikloretan) je bio najpopularniji zbog svog širokog spektra djelovanja. DDT je bio široko korišten, smatralo se da ima neznatnu otrovnost za sisavce, a djelovao je i u sprečavanju bolesti koje prenose kukci, poput malarije, žute groznice i tifusa; stoga je 1949. dr. Paul Muller dobio Nobelovu nagradu za medicinu za otkrivanje njegovih insekticidnih svojstava [6].

50-ih, godina prošlog stoljeća zakonodavstvo kao i krajnji korisnici pesticida nisu bili pretjerano zabrinuti zbog mogućih zdravstvenih rizika pri korištenju pesticida. Hrana je bila jeftinija, a s upotrebom novih kemijskih supstanci nije bilo dokumentiranih smrtnih slučajeva ili ozbiljnih ozljeda prilikom njihove upotrebe.

Istraživanja pesticida su se nastavila i 1970-ih i 1980-ih godina uveden je najprodavaniji herbicid na svijetu, glifosat, herbicidi sulfoniluree i imidazolinona (imi) s niskom stopom upotrebe, kao i dinitroanilini i difofenoksiopropionat. Za insekticide je provedena sinteza 3. generacije piretroida, uvođenje avermektina, benzoiluree i Bt (*Bacillus thuringiensis*) kao tretman sprejom. U ovom razdoblju također su uvedene triazolne, morfolinske, imidazolne, pirimidinske i dikarboksamidne skupine fungicida. Kako su mnoge agrokemikalije koje su uvedene u to vrijeme imale samo jedan način djelovanja, što ih je činilo selektivnijim, pojavili su se problemi s otpornošću i uvedene su strategije upravljanja za suzbijanje negativnih učinka djelovanja pesticida [6].

2.3. Pozitivne i negativne strane uporabe pesticida

Tijekom proteklih 60 godina poljoprivrednici su postigli znatan napredak u korištenju pesticida u proizvodnji hrane. To čine prvenstveno kako bi spriječili ili smanjili gubitke u poljoprivredi zbog aktivnosti štetnika, čime povećavaju prinose i zalihe hrane uz razumne troškove tijekom cijele sezone. Upotreba pesticida u poljoprivredi u većini zemalja uvelike je povećala produktivnost poljoprivredne proizvodnje. U podsvijesti većine ljudi, prehrana koja sadrži svježe voće i povrće nadmašuje potencijalni rizik konzumiranja hrane s izrazito niskim razinama ostataka pesticida. Poboljšana zdravstvena njega te lijekovi i higijena igraju važnu ulogu u produljenju života, no vrijednost hranjive, pouzdane i prihvatljive hrane je od velikog značaja.

Ekonomski učinak pesticida na ne ciljane vrste (uključujući ljude) procjenjuje se na približno 8 milijardi dolara godišnje u zemljama u razvoju. Ono što je potrebno je odvagati sve rizike i koristi kako bi se osigurala maksimalna granica sigurnosti. Ukupna slika troškova i koristi od uporabe pesticida značajno se razlikuje između razvijenijih zemalja i zemalja u razvoju. Za zemlje u razvoju imperativ je korištenje pesticida, jer nitko ne bi preferirao glad i zarazne bolesti poput malarije.

S druge strane, korištenje pesticida uzrokuje razne ekološke probleme, uključujući opasnosti za dobrobit ljudi i životinja. Hrana zahvaćena otrovnim pesticidima povezana je s ozbiljnim posljedicama za ljudsku dobrobit jer je neophodna životna potreba.

Pesticidi se često smatraju brzim, jednostavnim i jeftinim rješenjem za suzbijanje korova i štetnika u urbanim krajolicima. Međutim, korištenje pesticida ima značajnu cijenu. Pesticidi su kontaminirali gotovo svaki dio našeg okoliša. Ostaci pesticida nalaze se u tlu i zraku, te u površinskim i podzemnim vodama diljem zemalja, a prekomjerna uporaba pesticida doprinosi već postojećem problemu. Onečišćenje pesticidima predstavlja značajan rizik za okoliš i ne ciljane organizme, od korisnih mikroorganizama u tlu, do insekata, biljaka, riba i ptica. Suprotno uobičajenim zabludama, čak i herbicidi mogu naštetiti okolišu. Zapravo, sredstva za sprječavanje rasta korova mogu biti posebno problematična jer se koriste u relativno velikim količinama [4].

Tablica 1. Prednosti i nedostaci pesticida. Izvor: Vlastita izrada autora

PREDNOSTI	NEDOSTATCI
Zaštita bilja	Otrovnost za ljude
Konzerviranje hrane	Zdravlje životinja
Očuvanje materijala	Utjecaj na okoliš
Kontrola bolesti	Utjecaj na ekosistem

3. SISTEMATIZACIJA PESTICIDA

Postoji više različitih klasa pesticida u ovisnosti o njihovoj ciljanoj grupi za koju su namijenjeni. Glavnu skupinu pesticida čine herbicidi (koji se upotrebljavaju za uništavanje korova ili nepoželjnih biljaka), insekticidi (razvijeni kako bi uništavali kukce i razvojne oblike kukaca) i fungicidi (koji uništavaju gljivice). Ostali tipovi pesticida su akaricidi, moluscicidi, nematocidi, rodenticidi, regulatori rasta biljaka, repelenti i feromoni.

Akaricidi su kemikalije koje se koriste za ubijanje krpelja i grinja. Pojam iksodicidi ponekad se primjenjuje na akaricide koji se koriste protiv krpelja. Akaricidi uključuju pripravke arsena, klorirane ugljikovodike, organofosforne spojeve, karbamate, formamidine, piretroide, formamidine, makrociklički laktoni, fenilpirazoli, regulatori rasta insekata i izoksazoloni. Sintetski piretroidi su među najsigurnijim i najučinkovitijim pesticidima i danas se široko koriste za kontrolu krpelja. Moluscicidi su pesticidi koji ubijaju mekušce u poljoprivrednoj proizvodnji odnosno puževe. Nematicidi su vrsta kemijskih pesticida koji se koristi za ubijanje biljnih parazitskih nematoda. Rodenticidi su pesticidi koji ubijaju glodavce. Glodavci ne uključuju samo štakore i miševe, već i vjeverice, šumice, dikobraze, nutrije i dabrove.

Regulatori rasta biljaka su kemikalije koje se koriste za modificiranje rasta biljaka kao što je povećanje grananja, suzbijanje rasta izdanaka, povećanje povratnog cvjetanja, uklanjanje viška plodova ili promjena zrelosti plodova. Brojni čimbenici utječu na učinak regulatora rasta, uključujući koliko dobro biljka apsorbira kemikaliju, snagu i starost stabla, dozu, vrijeme, sortu i vremenske uvjete prije, tijekom i nakon primjene. Repelenti su sredstva protiv parazita i zaštita od uboda insekta. Feromoni su kemikalije koje kukci i druge životinje koriste za međusobnu komunikaciju. Kukci šalju ove kemijske signale kako bi pomogli privlačenju partnera, upozorili druge na grabežljivce ili pronašli hranu. Koristeći specifične feromone, zamke se mogu koristiti za praćenje ciljanih štetnika u poljoprivredi ili u stambenim područjima.

3.1. Insekticidi

Insekticidi su, uz herbicide i fungicide, najbrojnija i najpoznatija grupa pesticida. Po kemijskoj strukturi, insekticidi pripadaju kemijski različitim grupama, koje karakteriziraju mnoga zajednička svojstva, posebno ako se govori o otrovnosti. Najveći broj insekticida nalazi se u grupi organofosforinih spojeva, koji se opet dalje mogu dijeliti u organofosfate, organotiofosfate, fosfonate, fenil organotiofosfate, piridin organotiofosfate, organoditiofosfate itd. Iza organofosforinih spojeva, najbrojnije su grupe karbamata i piretroidnih insekticida [7].

Do danas je opisano oko 650 000 vrsta kukaca, što čini oko dvije trećine svih životinjskih vrsta na Zemlji. Zbog različitog štetnog djelovanja insekata, borba protiv njih provodi se u različitim područjima medicine i gospodarstva. Postoje dvije klase insekticida prema načinu na koji djeluju na insekte. Insekticidi ih uklanjaju ili pomažu uništiti ili ih izravno ubijaju. Mogu ući u organizam na tri načina: udisanjem, gutanjem ili kroz kožu. Zbog svoje topljivosti u mastima lako se apsorbiraju kroz kožu, dok su neka dostupna u obliku praha za prodiranje u kožu. Nedostatak im je što su iz istog razloga opasni za korisne životinje i ljude. Neki od ovih pesticida prodiru u biljku i uništavaju štetnike unutar lišća ili ploda. Nakon što prođu u biljno tkivo, biljni sok ih širi na sve dijelove biljke.

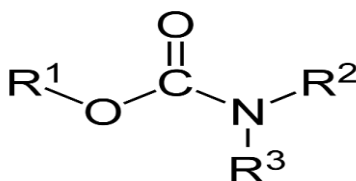
Insekticidi ne ovise o oborinama i meteorološkim uvjetima te upravo zbog toga zaštitno djelovanje insekticida duže traje. Upotrebljavaju se i insekticidi u plinovitom stanju, lako hlapive otopine ili krute tvari koje uništavaju nametnike ulaskom kroz dišni sustav nametnika.

Bez obzira na činjenicu da postoji čitav niz spojeva pesticidnog karaktera koji u svome sastavu sadrže klor, pod pojmom kloriranih insekticida podrazumijeva se relativno mala grupa spojeva, kojima je, osim sličnih kemijskih svojstava, zajednički i globalni utjecaj na čovjekovu borbu protiv insekata u 20. stoljeću [7].

Klorirani insekticidi korišteni su u 20. stoljeću u borbi protiv malarije, tifusa, zaštite povrća i voća, zaštite stoke, javnog zdravlja i suzbijanja štakora i voluharica u urbanim područjima, a proglašeni su globalnim zagađivačima okoliša. Danas pesticide nalazimo u gradskim potocima, gradskim podzemnim vodama kao izvoru pitke vode, uglavnom zato što se koriste za održavanje domova, vrtova, parkova ili u komercijalne namjene.

Organofosforni spojevi čine vrlo veliku skupinu aktivnih pesticida i 90% svih proizvedenih pesticida su organski spojevi. Obično dolaze u tekućem, a rijetko u čvrstom stanju i slabo su topljivi u vodi, ali dovoljno topivi da njihova otopina bude otrovna. Lako dopijevaju u organizam, posebice apsorpcijom kroz kožu. Prilikom kontakta s većom količinom ovih spojeva javlja se smušenost, razdražljivost, vrtoglavica, glavobolja, dezorijentiranost, slabost, trnci, tremor, grčevi, nesvjestica. Česte nuspojave su i mučnina i povraćanje.

Karbamati djeluju slično kao i organofosforni spojevi, ali su umjesto toga reverzibilni inhibitori kolinesteraze. Svrha njihovog razvoja bila je pronaći alternativu do sada široko korištenim kloriranim ugljikovodicima, koji su zbog svoje toksičnosti i zagađenja okoliša vrlo neprikladni i upitni za uporabu. Karbamati su ostvarili veoma dobar ishod u borbi protiv štetočina i insekata koji su bili rezistentni na utjecanje ostalih vrsta insekticida. Simptomi akutnog trovanja isti su kao i kod trovanja organofosfatima.



Slika 3. Kemijska struktura karbamata [7]

3.2. Fungicidi

Fungicidi su sredstva za suzbijanje fitopatogenih gljiva i njihovih spora, uzročnika bolesti. Većina fungicida ima preventivno djelovanje jer uništavaju spore, ali se mogu koristiti i za suzbijanje nastalih bolesti.

Fungicidi se mogu podijeliti na organske i anorganske spojeve prema kemijskom sastavu. Prema djelovanju mogu se podijeliti na:

- preventivne (protektivne) koji uništavaju sporu prije ulaska u biljku,
- kurativne (sistemične) koji djeluju na gljivice nakon infekcije,
- erdikativni fungicidi primjenjuju se kada je infekcija već uznapredovala kako bi se spriječilo daljnje širenje bolesti.

Preventivni fungicidi ostaju na apliciranoj površini te ne prodiru dublje u tkiva biljke. Njihovo djelovanje je protektivno te sprječavaju pojavu bolesti, dok nisu u mogućnosti „liječiti“ već zaražene dijelove biljke.

Djelovanje im je selektivno odnosno sprječavaju ili uništavaju uzročnika bolesti a da ne djeluju na biljku.

Sistemični fungicidi se apsorbiraju u tkivima biljke te imaju i naknadni učinak. Njihova uloga je liječenje gljivičnih oboljenja biljaka, ali mogu djelovati i pro aktivno. Vrlo često fungicidi se koriste kao sredstvo za tretiranje nakon berbe kako bi se zaštitili plodovi od gljivičnih oboljenja prilikom skladištenja i transporta.

Donedavno su se koristili fungicidi površinskog djelovanja. Njihova je uloga spriječiti klijanje gljivičnih spora na površini biljke i prodor u biljno tkivo. U novije doba, sve se više koriste sistemski fungicidi. Oni ulaze u biljku apsorpcijom kroz korijen ili površinu lista i odvajaju se po čitavoj biljci. Djelovanje fungicida se prikazuje nakon dozrijevanja bakterijskih gljivica. Njihova prednost je što ne ovise o vanjskim čimbenicima i upotrebljavaju se u minimalnim količinama.

Tablica 2. Podskupine fungicida [7].

PODSKUPINA	PREDSTAVNICI
Amidni fungicidi	Prokloraz, benalaksil, metalaksil, triforin, boskalid, metalaksil, diklofl uanid, tolilfl uanid, iprovalikarb, fl uopikolid, furalaksil
Benzimidazoli	Benomil, karbendazim, klorfenazol, tiabendazol, fuberidazol
Konazoli	Imazalil, prokloraz, ciprokonazol, miklobutanil, fl usilazol, heksakonazol, tebukonazol
Dikarboksimidi	Iprodion, procimidon, vinklozolin, kaptan, kaptafol, folpet
Ditiokarbamati	Ferbam, tiram, ciram, mankozeb, maneb, propineb, cineb
Anorganski fungicidi	Sumpor, bakreni spojevi, neorganski živini spojevi
Morfolini	Karbamorf, aldimorf, tridemorf
Pirimidini	Bupirimat, ciprodinil, fenarimol, pirimetanil
Dinitrofenoli	Binapakril, dinokap, dinoterbon, DNOC
Neklasificirani fungicidi	Furfural, metrafenon, benzamakril, piperalin, spiroksamin, 2-fenilfenol, karvon

3.3. Herbicidi

Herbicidi su tvari koje se koriste za suzbijanje i uništavanje nepoželjnih biljnih vrsta s ciljem zaštite uzgajanog bilja. Suzbijanje korova staro je koliko i sam uzgoj biljaka i opet, unatoč tome, gubici prouzročeni infestacijom mogu biti vrlo visoki (20 – 40%). Suzbijanje korova predstavlja glavni trošak pri proizvodnji hrane. Smanjenje prinosa izazivaju i neposredni štetni kemijski učinci korova i kompeticija s korisnim biljkama za vodu iz tla, hranjive tvari i svjetlo [7].

Osnovna podjela herbicida :

- Selektivni herbicidi - uništavaju određene korove, a na biljke ne djeluju te one pri tretiranju ostaju neoštećene.
- Totalni herbicidi - potpuno i neselektivno uništavanje svog bilja.

Selektivni herbicidi su kemijska sredstva koja se koriste za suzbijanje (suzbijanje korova) biljnih vrsta bez značajnog oštećenja usjeva. Selektivni učinci obično se temelje na razlikama u unosu, transportu, metabolizmu i biokemijskim aktivnostima između kultura i korova. Selektivnost se također može temeljiti na različitim vremenskim rasporedima i metodama primjene. Selektivnost nikada nije relativna. Herbicidi se mogu selektivno upotrijebiti prije sjetve, nakon sjetve i nakon nicanja usjeva. Ovisno o vrsti herbicida, primjena se obično izvršava nekoliko dana prije sjetve. Translokacijski herbicidi će suzbiti jednogodišnje i višegodišnje korove. Implementacija se vrši u jesen.

Neselektivni herbicidi su skupina herbicida koja uključuje formulacije koje potpuno uništavaju svu vegetaciju u tlu. Upotrebljavaju se kada je potrebno pripremiti teren bez raslinja. Primjer upotrebe je suzbijanje širenja požara.

Herbicidi se mogu primijeniti nanošenjem direktno na lišće ili kroz tlo gdje ulaze u biljku kroz korijen. Tijekom posljednjih godina, uporaba insekticida je u padu, uporaba fungicida je ostala nepromijenjena, dok se uporaba herbicida kontinuirano širi.



Slika 4. Shema preciznog suzbijanja korova [8].

4. RIZICI I UTJECAJ PESTICIDA NA ČOVJEKA I OKOLIŠ

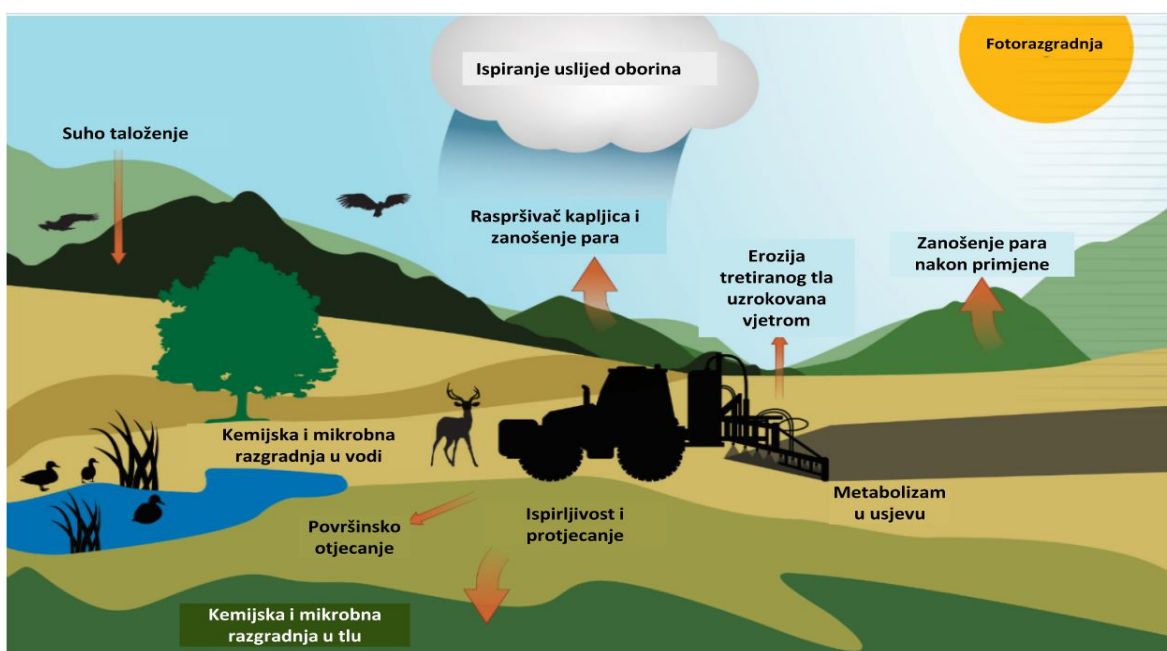
Utjecaj pesticida na ekosustave je višestruki, ovisno o selektivnosti pesticida, koliko dugo je potrebno da se razgradi i koliko se dugo akumulira u tlu, vodi i zraku kao popratna pojava dugogodišnje upotrebe. Navedeno se očituje u utjecaju na životinje i biljke, a zauzvrat i na ljude.

Pesticidi nakon primjene ostaju akumulirani u biljkama kao i na njihovoj površini, te tako ulaze u prehrambeni lanac mnogih divljih i domaćih životinja, te u konačnici i samih ljudi. Također se mogu pronaći i u mikroorganizmima na dnu hranidbenog lanca. Promjenom tvari u lancu ishrane taj se ciklus ponavlja sve do organizama na vrhu hranidbenog lanca, gdje se mogu naći najveće koncentracije pesticida.

4.1. Kretanje pesticida u okolišu

Čovjek nekontrolirano unosi mnoge različite štetne tvari u okoliš, posebice u tlo putem poljoprivrede i prometne infrastrukture. Onečišćivači se u tlu nakupljaju zbog mehaničke, fizikalne i fizikalno-kemijske apsorpcije. Možemo reći da je tlo neizravan izvor onečišćenja jer se svi uneseni onečišćivači ispiru iz tla i ulaze u podzemne vode. Površinske i podzemne vode nose otopljene i suspendirane tvari, kao što su pesticidi. Onečišćenje podzemnih voda postaje problem na nacionalnoj razini jer veliki broj stanovnika podzemne vode koristi za pitku vodu. Stanovništvo u područjima s više poljoprivrednog zemljišta oslanja se uglavnom na podzemnu pitku vodu, što predstavlja veliki problem.

Geološki kriteriji, dubina podzemnih voda, klima, navodnjavanje i topografija imaju veliki utjecaj na ispiranje pesticida. Važna je propusnost sloja između podzemne vode i površine. Tako, na primjer, šljunak i drugi slični propusni materijali dopuštaju pesticidima slobodan ulazak u podzemne vode. Nasuprot tome, glineni sloj je manje propusan, sprječava kretanje vode i pesticida otopljenih u njemu. Područja s velikom količinom padalina i visokom propusnošću tla osjetljiva su na ispiranje pesticida. Kada dođe do jakog navodnjavanja ili jake kiše ubrzo nakon primjene, pesticidi mogu brzo prodrijeti u duboke slojeve tla. Tada postaju onečišćivači podzemnih voda i neučinkoviti su protiv ciljanih nametnika.

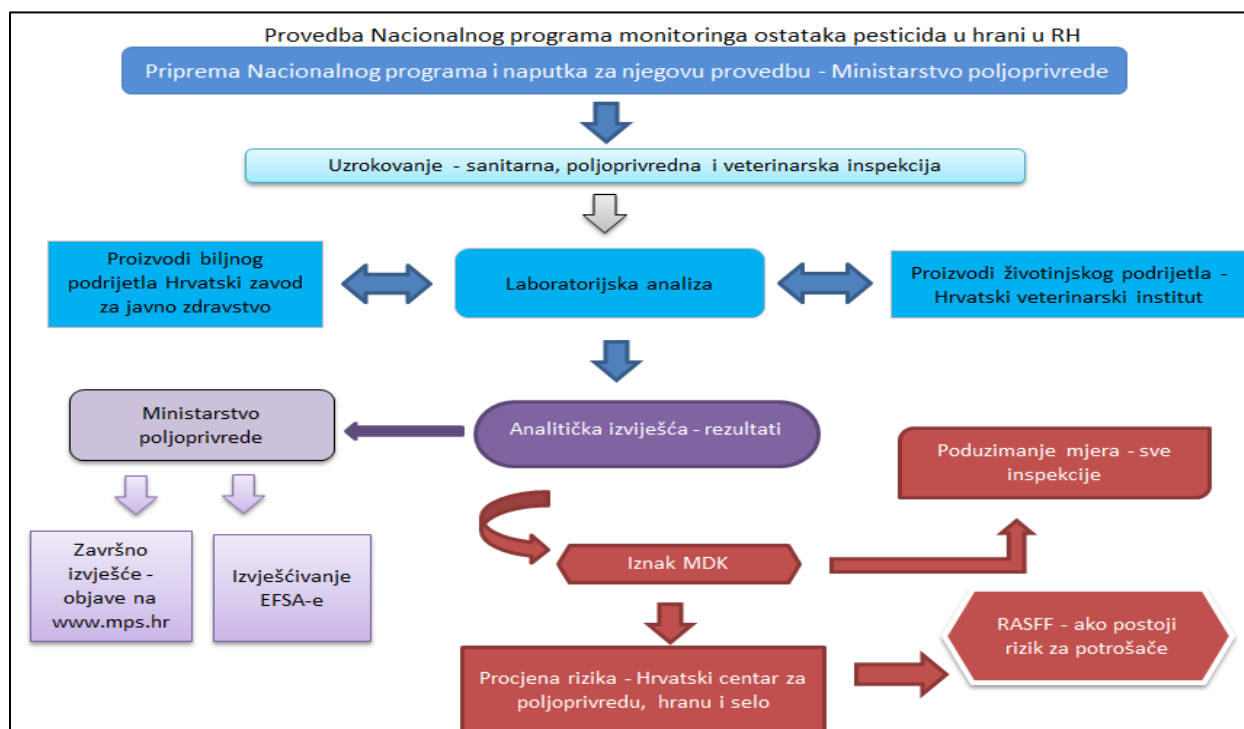


Slika 5. Negativni utjecaj pesticida na okoliš [9].

Sredstva za zaštitu biljaka koja se primjenjuju na poljoprivrednim zemljištima ulaze u tlo i vodu kao što je vidljivo na slici 5. Ova sredstva utječu na biljke i mogu doprinijeti manjku biološke raznolikosti, uključujući smanjenje populacije insekata. Prekomjerna uporaba pesticida negativno utječe na klimu, direktno utječe na kvalitetu podzemnih i površinskih voda, kvalitetu tla, biološku raznolikost, biološke sustave i zdravlje ljudi, te u konačnici završavaju akumulirani u hrani namijenjenoj za životinjsku i ljudsku upotrebu [2].

4.2. Rizici za čovjeka

Pesticidi mogu uzrokovati kratkoročne štetne učinke na zdravlje čovjeka, zvane akutni učinci, kao i kronične štetne učinke koji se mogu pojaviti mjesecima ili godinama nakon izlaganja djelovanju pesticida. Primjeri akutnih zdravstvenih učinaka uključuju pečenje očiju, osip, mješurice, sljepoću, mučninu, vrtoglavicu, proljev i smrt. Primjeri poznatih kroničnih učinaka su rak, urođene mane, reproduktivni poremećaji, neurološka i razvojna toksičnost, imuno toksičnost i endokrini poremećaji. Polovica od ukupno otrovanih i dvije trećine umrlih dogodi se u zemljama trećeg svijeta, iako se 80 % pesticida proizvede i upotrijebi u industrijski razvijenim zemljama.



Slika 6. Shematski prikaz provedbe Nacionalnog programa praćenja ostatka pesticida u/na hrani [10].

4.2.1. Genetski inženjering i pesticidi

Genetski modificirani organizmi (GMO) su organizmi čiji je genetski materijal promijenjen korištenjem tehnika genetskog inženjeringa. Genetski inženjering uključuje cijeli niz laboratorijskih tehnika kojima se može otkriti određeni gen, odvojiti ga iz genetskog materijala i reintegrirati u genetski materijal iste ili neke druge vrste. Genetski inženjering je također poznat kao "tehnologija rekombinantne DNK", "genska tehnologija" ili "moderna biotehnologija". Koristi se za dobivanje transgenih biljaka, životinja i mikroorganizama za posebne namjene. Najveća upotreba proizvoda genetski modificiranih proizvoda je u poljoprivrednoj proizvodnji.

Jedno od najčešće korištenih povoljnih svojstava koja se genetičkim inženjerstvom postigla u biljkama za poljoprivrednu i prehrambenu proizvodnju je tolerancija na herbicide glifosat i glufosinat. Time se postiže manje "rušenje" uzgojnih biljaka herbicidnim tretmanom, a istovremeno se u zaštiti od korova koriste navedeni herbicidi širokog spektra, a koji su manje toksični od nekih specifičnih, što je toksikološki i ekološki povoljnije, odnosno manje herbicida povoljnijih toksikoloških svojstava odlazi u okoliš i ostaje u namirnici. Također, uspješno je prenijeto svojstvo otpornosti na štetočine. Primjer je kukuruz s genom *Bacillus thuringiensis*, bakterije iz tla koja se već četrdeset godina koristi za uništavanje larvi komaraca i drugih insekta. Takav kukuruz sam stvara tzv. BT-toksin, kojim postaje otporan na štetočine (kukuruzni moljac i kukuruzna zlatica) bez dodatnih insekticidnih tretmana. Drugi primjer je rajčica s blokiranim enzimom mekšanja (kvarenja) koji je prirodno prisutan u njoj, čime rajčica postaje dugotrajnija. Neka od drugih svojstava koja se nastoje "ugraditi" ovom tehnologijom u biljke koje se uzgajaju za proizvodnju namirnica, s više ili manje uspjeha, jesu poboljšana nutritivna vrijednost, odnosno povećani sadržaj proteina, vitamina i modificirani sadržaj masnoća [11].

Iako proizvodnja i korištenje genetski modificirane hrane ima mnoge prednosti za ljude, ona također ima opasnosti po zdravlje i okoliš. Najveću zabrinutost izazivaju alergija, toksičnost, stvaranje hibrida i otrovnih tvari, otpornost na antibiotike, prijenos gena, pojava "super korova", biološka raznolikost, genetska kontaminacija i porast upotrebe pesticida.

Postoje i genetski modificirane biljke koje proizvode vlastite pesticide i klasificirane su kao biopesticidi. Genetski modificirane biljke su vrlo konkurentne u odnosu na druge biljke u okolišu, pa se nove transgene biljke mogu neobuzdano širiti u prirodi, ozbiljno narušavajući ravnotežu prirode.

Postoje dva načina izloženosti pesticidima u GMO hrani: akutna i kronična, no ne mora svako izlaganje značiti i trovanje. Podaci o konzumaciji određene hrane također se uzimaju u obzir prilikom analize izloženosti, uzimajući u obzir prehrabene navike pojedine populacije. Kako bi se maksimizirala zaštita potrošača i zadržala zdrava hrana na tržištu, potrebna je redovita kontrola ostataka pesticida u hrani i edukacija svih sudionika u lancu „od polja do stola“.

4.2.2. Opasnosti tijekom primjene pesticida

U Republici Hrvatskoj pesticidi se stavljaju na tržište prema odredbama nekoliko zasebnih propisa i smjernica koje su unutar različitih mjerodavnosti službi. Postoje različiti objekti koji s obzirom na njihovo istraživanje predlažu korištenje pesticida, a mjerodavno Ministarstvo donosi Rješenje kojim pesticid dobiva odobrenje za uporabu. Dodatno postoje odredbe o zabrani stavljanja na raspolaganje pesticida.

Svi profesionalni korisnici, distributeri i konzultanti dužni su položiti ispit koji potvrđuje njihovu razinu znanja o sigurnom rukovanju i pravilnoj uporabi pesticida, distribuciji i prodaji pesticida, te preporukama o pesticidima i preporukama za pesticide u proizvodnji hrane i zaštiti bilja. Profesionalni korisnici su oni koji koriste pesticide u okviru svoje profesionalne djelatnosti, uključujući korisnike u poljoprivredi i drugim djelatnostima, tehničare, poslodavce i samozaposlene osobe.

Svi profesionalni korisnici pesticida, distributeri i konzultanti dužni su polagati obuku i ispit. U skladu s odredbama Zakona o održivoj uporabi pesticida (NN 14/2014 i NN 32/2020) [12, 13] svi profesionalni korisnici pesticida, distributeri i savjetnici moraju proći odgovarajuću obuku, uključujući osnovne module i module dopunske obuke, kako bi stekli i ažurirali odgovarajuća znanja o sigurnom rukovanju i pravilnoj upotrebi pesticida.

U postupku registracije sredstava za zaštitu bilja u rješenju o registraciji za svako sredstvo mora biti navedena ciljna kategorija korisnika sredstva i mjesto gdje će se sredstvo prodavati (prodajno mjesto). Stoga je alat dostupan za: profesionalne korisnike, profesionalne korisnike i neprofesionalne korisnike (amatere). Namjena sredstva je na naljepnici samog sredstva za zaštitu bilja. Korisnička klasifikacija sredstava za zaštitu bilja u potpunosti ovisi o proizvodu koje se koristi, a ne o veličini površine koja se obrađuje, količini proizvoda koja se proizvode, količini proizvoda koje se koriste itd. U svim državama članicama EU, pa tako i u Hrvatskoj, mogu se koristiti samo sredstva za zaštitu bilja registrirana u toj zemlji za određenu namjenu [13].

Poljoprivredni proizvođači dužni su voditi evidenciju o korištenju sredstava za zaštitu bilja koja sadrži: naziv preparata, djelatnu tvar, količinu i datum primjene, fenofazu razvoja tretiranog usjeva te mjesto nabavke sredstva.

Pesticidi trebaju biti pakirani i označeni prema specifikacijama sredstava za zaštitu bilja. Oznaka treba biti na engleskom i na lokalnom jeziku i treba imati sadržaj, sigurnosne upute (upozorenja) i moguće mjere u slučaju od gutanja ili kontaminacije. Pesticidi se uvijek trebaju čuvati u originalnim spremnicima i na mjestu koje se može zaključati i koje je nedostupno neovlaštenim osobama i djeci. Nikada se ne smiju držati na mjestu gdje se može se zamijeniti s hranom ili pićem. Trebaju biti na suhom mjestu, ali dalje od vatre i izravne sunčeve svjetlosti. Ne smiju se nositi u vozilu koja se koristi za prijevoz hrane.

Ne smije doći u doticaj s vodom koja se koristi za piće ili pranje, ribnjake ili rijeke.

Prilikom korištenja pesticida ne smije se jesti, piti ili pušiti. Treba biti korištena prikladna oprema za mjerenje, miješanje i prijenos sredstva. Tekućine se ne smiju miješati i hvatati golim rukama. Nakon tretiranja oprati ruke i lice sapunom i vodom.

Korisnici moraju praznu ambalažu od pesticida, ambalažu s ostacima pesticida, pesticide kojima je istekao rok valjanosti, pesticide kojima je istekla registracija ili dopušteno razdoblje za primjenu zaliha i ostatke škropiva odvojeno skupljati i privremeno čuvati do predaje ovlaštenoj osobi sukladno propisima kojima se uređuje gospodarenje otpadom [12].

Pokazatelji štetnosti variraju ovisno o spoju, udjelu, vrsti i dobi pojedinca, ali dodatno i o tijeku unosa otrovne tvari u tijelo. Nastaju u razdoblju od petnaest minuta do sat vremena nakon izlaganja. Kratka izloženost parama ili kapljicama organofosfornog spoja može uzrokovati direktni utjecaj na oči i respiratorni sustav [14].

Kao rezultat primjene pesticida, mali dio korištenoga sredstva zaostaje na tretiranoj kulturi i taj se dio naziva „ostatkom sredstva za zaštitu bilja”.

Tragovi mogu biti prisutni u:

- fermentiranom ili modificiranom voću i povrću,
- prerađenoj hrani i pićima (kruh, voćni sokovi),
- svježim ili procesuiranim proizvodima životinjskog porijekla.

Prekomjerno neprekidno izlaganje pesticidima može potaknuti različite infekcije, od kojih su neke zabilježene u nastavku:

- neurološke, mentalne i poremećaje ponašanja,
- hormonske nestabilnosti koje izazivaju neplodnost,
- poremećaj imunološkog sustava,
- karcinom i dr.

Prilikom neprimjerene upotrebe pesticida naljepnice na spremnicima treba pročitati i zadržati. Ako se sumnja na trovanje pesticidima, mora se odmah pružiti prva pomoć i potražiti liječnički savjet. Ako je moguće, pacijenta treba odvesti u najbližu medicinsku ustanovu [14].

Tablica 3. Popis pesticida koji su zabranjeni za korištenje u EU [10]

Aktivna tvar	Proizvod	Država podrijetla	Status aktivne tvari
endosulfan	jagode	Hrvatska	Zabranjen – EU i HR
acefat	mrkve	Hrvatska	Zabranjen – EU i HR
paraokson	jabuke	Hrvatska	Zabranjen – EU i HR
fenpropatrin	paprike	Maroko	Zabranjen – EU i HR
klorpropilat	naranče	Španjolska	Zabranjen – EU i HR
vinklozolin	salata	Hrvatska	Zabranjen – EU i HR
klorfenapir	rajčica	Italija	Zabranjen – EU i HR
bromproplat	jabuka	Hrvatska	Zabranjen – EU i HR
malation	naranče	Španjolska	Sad je odobren na EU razini, ali u vrijeme uzrokovanja nije bio
kinoksifen	paprika	Hrvatska	U vrijeme uzrokovanja odobren u EU (sada više nije odobren), nije bio odobren na paprici u HR
klorpirifos	poriluk	Hrvatska	Odobren na poriluku, ali nije korišteno odobreno SZB
fenazakin	jabuka	Hrvatska	Nije odobren za tu uporabu
flonikamid	paprika	Hrvatska	Nije odobren na paprici
tebukonazol karbaril	celer	Hrvatska	Tebukonazol nije odobren na celeru, karbaril nije odobren u EU i HR
diflubenzuron	šampinjoni	Hrvatska	Nije odobren na šampinjonima

4.3. Postupci uklanjanja pesticida

4.3.1. Uklanjanje pesticida iz hrane

Razine ostataka pesticida na voću i povrću obično se mogu smanjiti pranjem, guljenjem, kuhanjem i cijeđenjem. Ostaci pesticida u konačnom konzerviranom proizvodu mogu se smanjiti pranjem, blanširanjem, guljenjem i kuhanjem, ali se također mogu povećati tijekom obrade. Njihova koncentracija povećava se, primjerice, prilikom proizvodnje ulja iz sjemenki uljarica i maslina ili u procesu sušenja voća i u koncentratima rajčice zbog gubitka vode u postupku obrade. Većina pesticida se nanosi izravno na usjev, što znači da određeni dio pesticida ostaje na vanjskoj površini i može se ukloniti guljenjem i pranjem voća i povrća, odnosno luštenjem vanjske ovojnice kod žitarica.

Na primjer, većinu ostataka pesticida općenito sadrže ljuske žitarica, kora voća i vanjski listovi povrća. Njihovim uklanjanjem se može smanjiti razina ostataka pesticida u pripremljenoj hrani. Ispiranjem se također smanjuje razina ostataka koja se nalazi na površini ploda.

Preporučljivo je stoga poduzeti mjere opreza kojima se mogu smanjiti ostaci pesticida u hrani kao što su [7, 15]:

- temeljito ispiranje voća i povrća vodom: potrebno ih je očistiti pomoću spužvice/četke i oguliti ih – ovi sigurnosni koraci uklonit će većinu postojećih, površinskih ostataka, zajedno s preostalom prljavštinom (površinsko čišćenje neće ukloniti ostatke pesticida koji su apsorbirani tijekom rasta voća ili povrća, kada su sredstva za zaštitu bilja primijenjena prije berbe),
- kuhanje ili pečenje namirnica može dodatno smanjiti ostatke nekih pesticida,
- uklanjanje masti od mesa (ostaci nekih pesticida koncentriraju se u masti, ukoliko su životinje hranjene hranom tretiranom pesticidima),
- uklanjanje kože od ribe, odvajanje masti i ulja iz juha te masti od pečenja.

4.3.2. Uklanjanje pesticida iz okoliša

Pesticidi zaostaju u okolišu jer se biološki ne razgrađuju, odnosno zato što nema mikroorganizama koji bi ih razgradili. Primjenom različitih tehnika uklanjanja pesticida iz okoliša pokušavaju se izbjeći ograničenja kako bi različiti procesi remedijacije bili učinkovitiji. Danas se najviše upotrebljavaju mehanizmi niskotemperaturne toplinske desorpcije, fitoremedijacije, bioremedijacije i spaljivanja. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke. U idealnim uvjetima, postupak remedijacije trebao bi potpuno razgraditi spoj bez stvaranja međuprodukata.

Niskotemperaturna toplinska desorpcija je tehnologija čišćenja ex situ i ujedno je najčešće primjenjivan postupak za uklanjanje pesticida. Ovim postupkom mogu se ukloniti poluhlapive i hlapive organske komponente uključujući i pesticide iz tla, sedimenta i filtarskog kolača. Zasniva se na postupku zagrijavanja medija na temperaturu od 150 do 540 °C, čime se postiže isparavanje, ali ne i razaranje organske komponente. Ovaj način remedijacije nije sposoban ukloniti npr. teške metale i anorganska onečišćenja, te je za njega nužno da u onečišćenom mediju bude najmanje 20% čvrste faze [3].

Spaljivanje je postupak koji se najčešće primjenjuje za uklanjanje pesticida iz tla i sedimenta. Pod utjecajem topline i kisika onečišćeni medij i organske komponente se oksidiraju. U prvoj fazi organski otpad spaljuje se pri temperaturi od 540 do 990 °C, prilikom čega nastaju hlapive organske komponente. Druga faza je spaljivanje pri 870 do 1200 °C, čime se postiže potpuno razaranje organskih tvari. Prednost ove metode uklanjanja pesticida je što se kontaminacija može potpuno ukloniti. Međutim, proces je skup jer zahtijeva transport medija do spalionice, povećavajući rizik od daljnje kontaminacije [3].

Procesi bioremedijacije su tehnike koje su korištene za sanaciju različitih mjesta u posljednja dva desetljeća. Proces bioremedijacije potiče se prirodnim procesom mikrobne razgradnje organske tvari, odnosno interakcijom mikroorganizama s otpadnim komponentama poput izvora ugljika i elektrondonora. Konačni proizvodi bioremedijacije su CO₂ i H₂O.

Postupci bioremedijacije mogu se provoditi ex situ i in situ. Ex situ postupci uključuju korištenje bioreaktora, biofiltara i kompostiranja, dok in situ postupci uključuju bioventilaciju, biosprej i biostimulaciju. U osnovi, bioremedijacija je intenziviranje procesa samo pročišćavanja koji se zbiva u prirodi.

Fitoremedijacija je ekološki prihvatljiva tzv. "zelena tehnologija" i u primjeni je posljednja dva desetljeća. Ovaj postupak primjenom biljaka za razgradnju, asimilaciju, metabolizam ili detoksikaciju različitih onečišćivača provodi pročišćavanje ili saniranje tla i sedimenata.

Za fitoremedijaciju pesticida najčešće se upotrebljava biljka *Kochia sp.*, za koju je utvrđeno da interakcijom s mikroorganizmima u rizosferi dolazi do razgradnje prisutnih pesticida [3].

Tablica 4. Usporedba tehnologija za uklanjanje pesticida sa onečišćenih područja [3]

Tehnologija	Trajanje postupka / mjeseci	Vrsta medija	Učinkovitost uklanjanja
niskotemperaturna toplinska desorpcija	0,75	zemlja, mulj i sedimenti	od 82% do 98%
spaljivanje	1	zemlja, mulj i sedimenti	99,99%
bioremedijacija	3,1 (ex situ)	zemlja, mulj, sedimenti i podzemne vode	99,80%
fitoremedijacija	Nema podataka	zemlja, mulj, sedimenti i podzemne vode	80%

5. ZAKLJUČAK

Primjena pesticida postala je nezaobilazna i neophodna, donoseći neprocjenjivu korist za opstanak, prehranu i održavanje rastuće svjetske populacije. Iako je upotreba pesticida u većini slučajeva opravdana, ne smiju se podcijeniti štetni učinci koje imaju na prirodu i okoliš, kao i na samog čovjeka. Problemi upotrebe pesticida su sami po sebi multidisciplinarni. Osim izloženosti pesticidima preko konzumacije zagađenih biljnih i životinjskih namirnica, čovjek je svakodnevno izložen određenim količinama različitih pesticida i putem proizvoda za osobnu higijenu, sredstava za čišćenje, sredstava za tretiranje kućnih ljubimaca od nametnika, njege biljaka u vlastitim domovima i gradskim parkovima, kao i eventualne izloženosti na radnom mjestu. No najveća onečišćenja pesticidima se u pravilu događaju zbog ljudskog nemara i neznanja prilikom njihove uporabe.

Pesticidi su danas zbog svoje raširene uporabe sveprisutni u okolišu. Zbog sve većeg problema prisutnosti i zaostajanja pesticida u okolišu razvile su se različite metode za njihovo uklanjanje. Odabir učinkovitih postupaka sanacije ovisi o vrsti onečišćivača i vrsti medija koji se trenutno može naći u tlu, sedimentu, podzemnim i površinskim vodama.

LITERATURA

1. Narodne novine, Zakon o zaštiti okoliša (NN [80/13](#), [153/13](#), [78/15](#), [12/18](#), [118/18](#))
<https://www.zakon.hr/z/194/Zakon-o-zaštiti-okoliša>, pristupio 27.01.2022.
2. Želježić, D., Perković, P.: Uporaba pesticida i postojeće pravne odredbe za njezinu regulaciju, Sigurnost 53 (2011) 141-150.
3. Bokulić, A., Budinščak, Ž., Čelig, D., Deždek, B., Hamel, D., Ivić, D., Novak, M., Novaković, V., Pavunić Miljanović, Z., Peček, G., Poje, I., Prpić, I., Rehak, T., Ševar, M., Šimala, M., Turk, R.: Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja (2014).
<https://cdn.agroklub.com/upload/documents/prirucnik-za-sigurno-rukovanje-i-primjenu-szb-13112014.pdf> , pristupio 27.01.2022.
4. Đokić, M., Bilandžić, N., i Briški, F.: Postupci uklanjanja pesticida iz okoliša, Kemija u industriji 61 (7-8) (2012) 341–348.
5. O'Neal, M.: Biopesticide development, registration, and commercial formulations, E-journal of Entomology and Biologicals (2018).
<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=26135> , pristupio 31.01.2022.
6. Unsworth, J.: History of pesticide use, International Union of Pure and applied Chemistry (2010).
https://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31, pristupio 31.01.2022.
7. Šarkanj B., Kipčić D., Vasić-Rački Đ., Delaš F., Galić K., Katalenić M., Dimitrov N., Klapac T., (2010.) Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani, Osijek str. 88
8. Šćepanović, M., Sinan, A., Šošarić. V., Brijačak, E., Pintar, A., Barić. K., (2018.) Nove metode i pristupi u suzbijanju korova, Glasilo biljne zaštite 5/2018,
<https://hrcak.srce.hr/file/344142>, pristupio 14.02.2022.
9. Clearwater, R. L., T., Martin T., Hoppe, T. (2016) „Environmental sustainability of Canadian agriculture: Agri-environmental indicator report series – Report #4”, kanadsko ministarstvo poljoprivrede i poljoprivredo-prehrambenih proizvoda,

- Ottawa, str. 155. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/pesticides-5-2020/hr/>, pristupio 15.02.2022.
10. Pavlinić, Prokurica, A.: Ostatci pesticida u hrani-opasnosti i rizici, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2019).
https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2019/11/Pavlini%C4%87-Prokurica_Ostaci-pesticida-u-hrani-%E2%80%93-opasnosti-i-rizici, pristupio 18.02.2022.
 11. Capak, K.: GMO i zdravlje, Medix, Zdravstvena ekologija, 53 (2004) 23-26.
<https://hrcak.srce.hr/file/30777>, pristupljeno 05.02.2022.
 12. Narodne novine, Zakon o održivoj uporabi pesticida, NN 14/2014 (2014).
 13. Narodne novine, Zakon o dopuni zakona o održivoj uporabi pesticida, NN 32/2020 (2020).
 14. Levak, S., Prevendar Crnić, A.: Otrovanje organofosforim spojevima i karbamatima, Veterinar 50 (1) (2012) 22-31.
 15. Anonymus: Ostatci pesticida u hrani: temeljito perite voće i povrće!, Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2020).
<https://www.hapih.hr/ostaci-pesticida-u-hrani-temeljito-perite-voce-i-povrce/>, pristupio 02.02.2022.

6. POPIS PRILOGA

6.1. Popis slika

Slika 1. Udio pojedinih pesticida u svakodnevnoj uporabi.....	6
Slika 2. Djelovanje biopesticida	8
Slika 3. Kemijska struktura karbamata	15
Slika 4. Shema preciznog suzbijanja korova.....	19
Slika 5. Negativni utjecaj pesticida na okoliš.....	21
Slika 6. Shematski prikaz provedbe Nacionalnog programa praćenja ostatka pesticida u/na hrani	22

6.2. Popis tablica

Tablica 1. Prednosti i nedostaci pesticida. Izvor: Vlastita izrada autora	12
Tablica 2. Podskupine fungicida	17
Tablica 3. Popis pesticida koji su zabranjeni za korištenje u EU	27
Tablica 4. Usporedba tehnologija za uklanjanje pesticida sa onečišćenih područja	30