

Postojane organske onečišćujuće tvari (POPs) i njihova bioakumulacija

Mihaljević, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:645658>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

POSTOJANE ORGANSKE ONE IŠČUJENE TVARI
(POPs) I NJIHOVA BIOAKUMULACIJA

PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND THEIR
BIOACCUMULATION

SEMINARSKI RAD

Josipa Mihaljevi

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

MENTOR: prof. dr. sc. M. Mrakov i

Zagreb, 2009.

Sadržaj:

1. Uvod.....	3
2. Svojstva postojanih organskih one iš iva a.....	4
3. Skupine postojanih organskih one iš uju ih tvari.....	5
3.1. Pesticidi	5
3.2. Dioksini i furani	6
3.3. Poliklorirani bifenili, PCBs.....	8
3.4. Policikli ki aromatski ugljikovodici, PAH.....	13
4. Stockholmska konvenc a.....	14
5. Zaklju ak.....	15
6. Literatura.....	16
7. Sažetak.....	17
8. Summary.....	18

1. Uvod

POPs su postojane organske one i štetne tvari (**Persistent Organic Pollutants**) koje su otporne na fotolitičku, biološku i kemijsku razgradnju te se akumuliraju u živim organizmima i lako se prenose na velike udaljenosti.

Problematika POPs-a obuhvaćena je Stockholmskom konvencijom koja je usvojena 23. svibnja 2001. godine, a stupila je snagu 17. svibnja 2004. godine. Usmjeren je na smanjenje i sprečavanje ispuštanja 12 spojeva ili grupa spojeva iz skupine POPs.

Bioakumulacija je proces nakupljanja i uskladištenja određene tvari iz okoliša u živim sustavima, a unosi se kroz kontaminiranu hranu, vodu ili zrak (www.igman.com).

Bioakumulacija se može podijeliti na biokoncentraciju i biomagnifikaciju.

Biokoncentracija je akumulacija kemikalija u tkivu nekog organizma do nivoa koji je veći nego u njegovu okruženju, a biomagnifikacija je unos kroz lanac ishrane, tj. povećanje koncentracije štetnih tvari bioakumuliranih u članovima hranidbenog lanca, proporcionalno s razinom hranidbenog lanca.

2. Svojstva postojanih organskih one iš iva a

Pod postojanim organskim one iš iva ima (POPs) podrazumijevamo velik broj sintetiziranih kemikalija koje ine iznimnu i dugotrajnu štetu na okoliš i ljudsko zdravlje (www.chem.unep.cg). Njihova svojstva su:

1. **Kemijska postojanost** – sporo se razgra uju i jednom ispušteni u atmosferu imaju dug životni vijek
2. **Bioakumulacija i biomagnifikacija** – ovi se spojevi uglavnom nakupljaju u masnim tvarima kao što su mlijeko, ulje, maslac i meso. Uslijed kemijske postojanosti i topivosti u masti, ovi se spojevi akumuliraju u masnom tkivu i dolazi do njihove koncentracije u hranidbenom lancu. Tako se najve e koncentracije nalaze u masnom tkivu grabežljivaca na vrhu hranidbenog lanca (pr. polarni medvjed, ptice grabljivice, ovjek).
3. **Transport na duge staze** – ovo svojstvo uvjetuje globalnu raspršenost, jednom ispušteni u atmosferu mogu putovati tisu e kilometara prije precipitacije na zemlju. Postoje pretpostavke za tzv. efekt globalne destilacije prema kojem se ovi spojevi transportiraju zra nim strujama iz toplijih krajeva u hladnija podru ja ili na višu nadmorsku razinu gdje „kondenziraju“. Ovo objašnjava pove ane koli ine POP-a u masnom tkivu živog svijeta u arkti kom podneblju.
4. **Toksi nost** – ak i vrlo male koli ine POPs-a mogu štetiti zdravlju ljudi i životinja.
5. **Transgeneracijski otrovi** – prenose se s majke na dijete putem placente i maj ina mlijeka.

3. Skupine postojanih organskih one i uju ih tvari:

POPs obuhvaća izuzetno veliki broj spojeva koji se mogu svrstati u četiri glavne skupine, na temelju njihovog štetnog utjecaja na okoliš:

3.1. Pesticidi

Pesticidi su posebno formulirani spojevi koji se koriste kao sredstva za zaštitu bilja od štetočina, za suzbijanje nametnika na ljudima i životinjama te štetnicima u urbanom okruženju, za zaštitu drva i tekstila i drugo, od kojih su najpoznatiji: lindan, heptaklor, dieldrin, endrin, klordan, klordekon, heptaklor, mirex, DDT i drugi.

Organoklorni pesticidi su se nakon drugog svjetskog rata intenzivno primjenjivali kao insekticidi i fungicidi u poljoprivredi, za zaštitu drvne građe, te u javnom zdravstvu u prvome redu za suzbijanje malarije i tifusa. (www.imi.hr)

Tablica 1. Popis aktivnih tvari s godinama dozvole i zabrane korištenja u RH

AKTIVNA TVAR	DOZVOLJEN OD	ZABRANJEN OD
Aldrin	1958.	1972.
DDT	1944.	U poljoprivredi 1972, u šumarstvu 1984.
Dieldrin	1958.	1972.
Endrin	1957. (od 1971. samo kao rodenticid)	29.05.1989.
HCB	1962.	11.07.1980.
Heptaklor	1956.	07/1973.
Klordan	Nisu poznati podaci prije 1955.	1971.
Mireks	Nije bio dozvoljen u zaštiti bilja Republike Hrvatske	
Toksafen (kamfaklor)	1957.	27.04.1982.
Dikofol	1949.	2001.
HCH	1944.	1972.
Kelevan	18.12.1969.	31.12.1977.
Lindan	1944.	Srpanj 2001.

izvor: <http://www.hcjz.hr/clanak.php?id=13156&rnd=>

Pesticidi navedeni u tablici zabranjeni su u Hrvatskoj krajem 60-ih i 70-ih godina. Posljednji zabranjeni pesticid iz skupine POPs-a je lindan čija uporaba je zabranjena 2001. godine, kao i u Europskoj Uniji. Svojstva svih pesticida iz skupine POPs je jako mala topljivost u vodi i niska

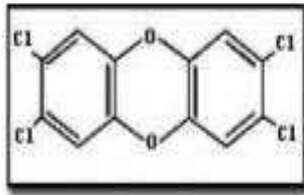
hlapljivost.

Oraganoklorirani pesticidi izuzetno su postojani, imaju dugo vrijeme poluraspada i godinama se akumuliraju u masnom tkivu. Poznati predstavnik oraganokloriranih pesticida je DDT iji se ostaci mogu prona i na svim dijelovima Zemlje. Na en je i kod Eskima koji se hrane masnom ribom.

DDT je insekticid koji je razvijen nakon Drugog svjetskog rata u svrhu suzbijanja komaraca malari ara i do danas nije prona eno u inkovitije sredstvo za tu namjenu. Me utim, dokazano je da djeluje kancerogeno i da ima mnoge druge štetne u inke na ljude i životinje kod kojih se nakuplja u masnom tkivu pa je po etkom 70-ih godina njegova uporaba zabranjena. Zbog velike postojanosti i sporog vremena raspadanja njegovi metaboliti (DDE , DDD) se mogu prona i u masno ama životinjskog podrijetla kao što su mlije na mast, mesne masno e, masna riba i dr. Pokusom je pokazano da ve 3 dana nakon dodatka DDT-a u akvati ni laboratorijski ekosistem, ribe nakupljaju DDE u 110000 puta višoj koncentraciji i DDT 84000 puta višoj koncentraciji u odnosu na koncentraciju u vodi. Skupini oraganokloriranih pesticida pripada i Lindan – «pesticid okolade» koji se još uvijek, ilegalno, koristi u Gani, jednoj od najve ih svjetskih izvoznica kaka. Pojana je kontrola ove sirovine koja je prisutna i na našem tržištu (www.hcjz.hr).

3.2. Dioksini i furani

Pod pojmom dioksini obuhvaćeno je 135 različitih spojeva iz klase PCDF: polikloriranih dibenzofurana i 75 spojeva iz klase PCDD: polikloriranih dibenzo - p - dioksina. Prvi od njih TCDD (2,3,7,8 tetrachlor-dibenzodioxin) opisan je 1957. godine, a nakon kemijske katastrofe 1976. godine u talijanskom gradu Seveso, nazvan je i Seveso-Dioxin te je najtoksičniji dioksin.

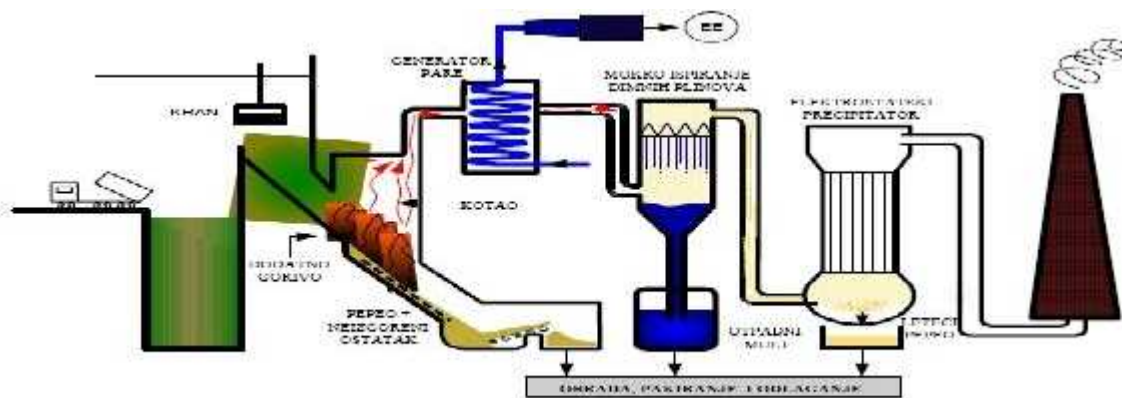


*2,3,7,8-tetraklordibnezo-p-dioksin
(2,3,7,8-TCDD)*

sl.2.TCDD

(izvor: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2,3,7,8-TCDD-2D-skeletal.png>)

Dioksini i furani razlikuju se međusobno samo po prisustvu ili odsustvu molekule kisika u svojoj strukturi, a uobičajeno se pod zajedničkim pojmom dioksini podrazumijevaju obje ove grupe tvari. Dioksini nastaju kao nusprodotci ili onečišćenja tijekom industrijske proizvodnje kemikalija s nekim halogenim elementima, tijekom procesa paljenja i spaljivanja organskih tvari uz prisustvo klora te pri nekim prirodnim procesima kao što su vulkanske erupcije i šumski požari.



Slika: Pojednostavljena shema postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada

sl.3. (izvor: <http://duminfo.blog.hr/2007/05/1622645836/enciklopedija-cinjenica-i-argumenata-o-spalionici-i-opasnom-otpadu.html>)

3.3. Poliklorirani bifenili, PCBs

Poliklorirani bifenili - PCBs ne predstavljaju kemijski jedinstvenu tvar, nego se radi o 209 spojeva s različitim sadržajem klora. Građeni su od dvostrukog benzenovog prstena na koji su s vanjske strane (na jednom od 10 mogućih položaja) vezani atomi klora koji mijenjaju po jedan vodik. Ukupno 209 spojeva je grupirano u skupine koje se međusobno razlikuju po broju i položaju atoma klora na vanjskim dijelovima molekule. Zbog različitih oblika, svaki tip molekula PCB se ponaša drukčije.

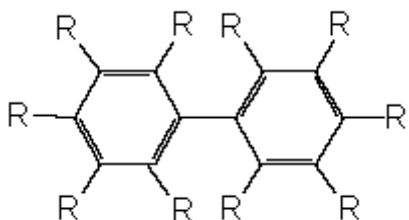
Razlikujemo teško klorirane i lagane PCB-e, ovisno o koncentraciji klora koja se može pronaći pri proizvodnji. A oni se razlikuju po sudbini u ekosustavu.

Prvi puta su sintetizirani 1929. godine. Termički i kemijski su vrlo stabilni, biološki se teško razgrađuju i veoma su topljivi u mastima. S obzirom da su veoma teško zapaljivi, te djeluju kao električni izolatori, u velikoj mjeri su se primjenjivali u izradi izolirajućih, hidrauličnih i ulja za hlađenje, u proizvodnji transformatora kao i velikih i malih kondenzatora. Osim toga primjenjivani su u industriji papira, gume i smola, za impregniranje, zaštitu od plamena, u izradi boja i lakova, te pesticida. Procjenjuje se da je ukupno između 1929. i 1989. godine proizvedeno oko 2 milijuna tona PCBs.

Osnovna značajka PCB-a je izrazita kemijska i termička postojanost (otpornost prema kemijskim reakcijama i gorenju), dobre dielektrične karakteristike, netopivost u vodi, visok afinitet prema mastima (lipofilnost) i spora razgradivost.

Zbog male topivosti u vodi i visokog afiniteta prema mastima, PCB-i lako ulaze u prehrambeni lanac i akumuliraju se u masnom tkivu.

Od mogućih 209 izomera polikloriranih bifenila u komercijalnim smjesama nalazi se obično oko 100 izomera. Komercijalni PCB-i predstavljaju mješavinu kongenera različitog stupnja klorinacije. Ovisno o sadržaju klora (najčešći raspon je 48 - 60 %) mijenja im se boja od svijetlo žute do smeđe. Tako su niže klorirani produkti (npr. Aroclor 1221 sa 21 % klora) su umjereno viskozne tekućine, dok su više klorirani (npr. Aroclor 1260 sa 60 % klora) krutine. (www.cro-cpc.hr)



sl.6. Struktura Aroclora

(izvor: <http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html>)

Proizvode se direktnim kloriranjem bifenila, pa nastaju kao skupina kongenera (različitih tipova).

Komercijalne mješavine s višim udjelom klora sadrže i više teže kloriranih kongenera. Komercijalna proizvodnja počinje 1927. u Monsanto tvornici papira i boja (Sjeverna Amerika) i značajnija primjena u General Electric. Godine 1865. je otkrivena prva molekula nalik na PCB u nusproduktima katranske smole, a 1881. je prvi PCB sintetiziran. Velike količine PCB-a u okolišu zamijećene su 1914. godine, a glavni pokazatelj je bio veliki broj uginulih ptica.

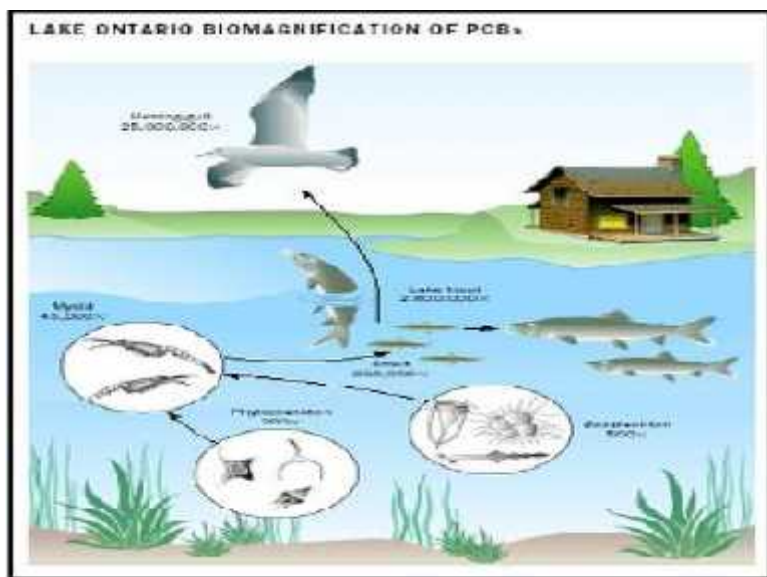
Prije ograničenja proizvodnje i uporabe, PCB-i su se koristili u raznim komercijalnim proizvodima (transformatori, veliki visoko- i niskonaponski kondenzatori, električni motori s tekućim hlađenjem, hidraulični sustavi, sustavi za prijenos topline, balasti za fluorescentno svjetlo, elektromagneti, kabeli s tekućim punjenjem, sredstva za fiksiranje mikroskopskih preparata i imerzijska ulja, prekidači, regulatori napona, vakuum pumpe, mikrovalne pećnice, elektronička oprema, papiru i bojama za papir). Danas se mogu koristiti samo u posebnim uvjetima.

Negativni utjecaj PCB-i na okoliš i čovjeka počeo se primjećivati tridesetih godina prošlog stoljeća kada su radnici tvornice Monsanto bili pogođeni primarnim simptomima - aknama, gubitkom energije, apetita i libida, lezijama kože.

U to vrijeme Journal of Industrial Hygiene and Toxicology objavljuje studije koje povezuju PCB s bolestima jetre. Nakon nekoliko smrtnih slučajeva počinje se istraživati djelovanje PCB-a na ljude. Dokazali su da toksin djeluje preko kože i s kože na jetru. Budući da nije postojala zamjenska kemikalija za industriju, industrijalci su odlučili da neće objaviti rezultate istraživanja.

Koncem osamdesetih i po etkom devedesetih godina prošlog stolje a po inje zabrana proizvodnje PCBs u zemljama zapadne Europe I SAD-a, dok je zabrana uporabe aparata, prije svega transformatora koji sadrže PCBs uslijedila koncem 1999. godine. Iako su proizvodnja i primjena PCBs u zemljama zapadne Europe i USA zabranjeni, ovi spojeva nastaju kao me uspojevi u procesima proizvodnje boja, ali kao i dioksini prilikom procesa spaljivanja otpada, osobito otpada koji sadrži klor.

Veoma zaga ene rijeke, kao i velika jezera u Sjevernoj Americi služe kao sekundarni izvor PCBs. Godinama PCBs nisu smatrani posebnim otpadom, ve su spaljivani na uobi ajenim deponijama zajedno sa starim uljima, što je veoma opasan postupak, prilikom kojeg nastaju ogromne koli ine dioksina.



sl.7. (izvor: <http://www.pollutionissues.com/A-Bo/Bioaccumulation.html>)

PCBs su veoma rasprostranjeni, nalaze se u rijekama, jezerima, morima i oceanima, u kiši i snijegu, u gle erima Arktika i Antarktika, sedimentima sjevernih mora, u planktonima, ribama, pingivinima, morskim pticama, masnom tkivu životinja, mlijeku, nalaze se u sklopu našeg tijela, kao i maj inog mlijeka. Obzirom da se radi o vrlo stabilnim spojevima, teško se razgra uju.

Koncentracija PCB-a se zna ajno pove ava dok se kre e iz vode u plankton i kasnije u životinjski lanac ishrane. Dok PCB do e do ovjeka, mala koli ina oceanskog zaga enja postaje milijun puta ve a.

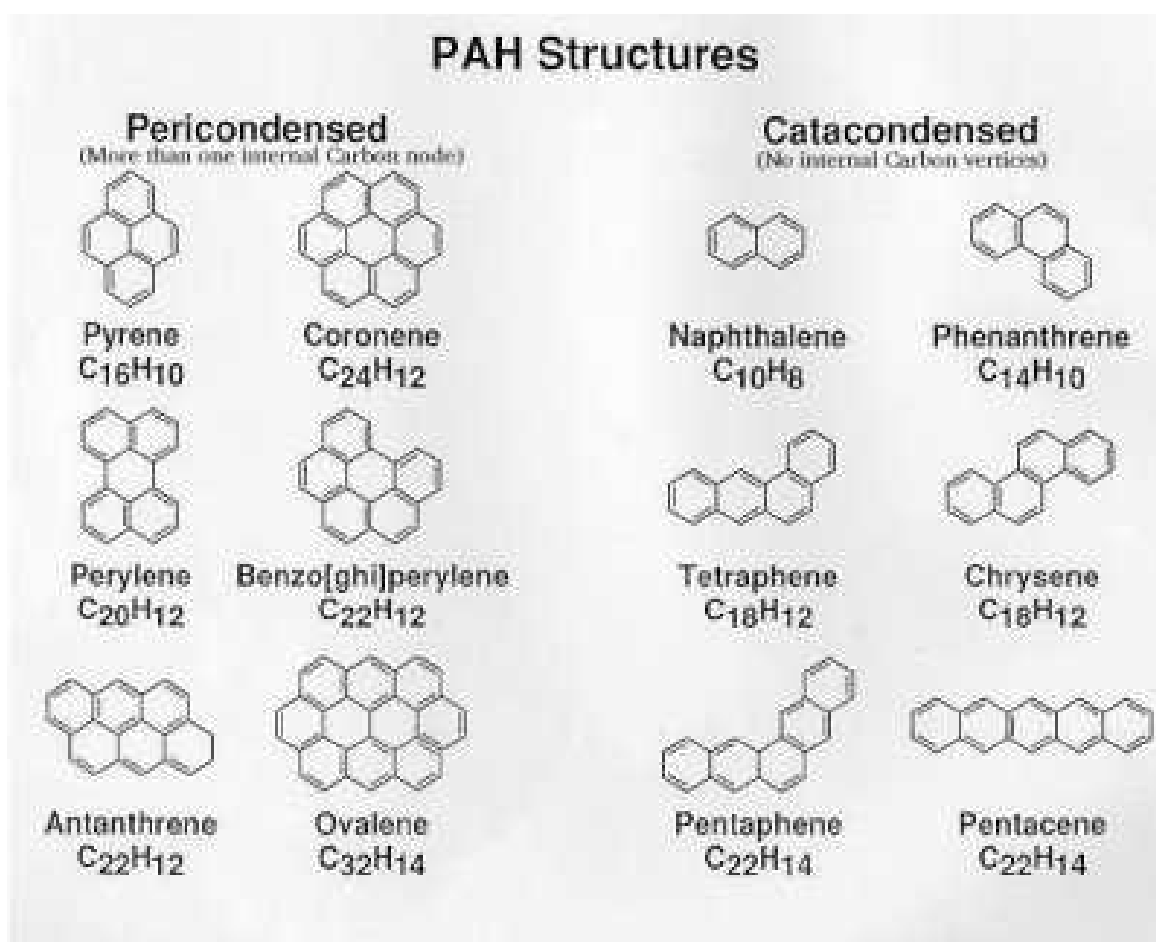
Poliklorirani bifenili imaju slično djelovanje na zdravlje ljudi i životinja kao i dioksini. Najpoznatija ekološka katastrofa, u kojoj je stradalo oko 2.000 ljudi je katastrofa koja se odigrala u japanskom gradu Yusho (**Yusho sindrom**).

Osim teških akutnih posljedica s kloraknama, oštećenjima organa, osobito središnjeg živčanog sustava, opisane su i promjene kod novorođenčadi i male djece koja su u kontaktu s PCBs pokazivala zastoj u rastu. Osim izravnog oštećenja središnjeg živčanog sustava pretpostavljaju se i oštećenja na razini hormonske regulacije razvitka djece (www.poliklinika-harni.hr).

Procjenjuje se da najveći udio PCBs dospijeva u organizam preko već kontaminirane hrane: 70% preko namirnica životinjskog i 25% preko namirnica biljnog podrijetla, ostatak preko zraka, vode i tla. PCB se u tragovima nalazi kod gotovo svake žene, kao i u majčinom mlijeku. Prolaze placentarnu barijeru i izazivaju već intrauterino opterećenje fetusa.

3.4. Policikli ki aromatski ugljikovodici, PAH

Policikli ki aromatski ugljikovodici se sastoje od tri ili više izravno spojena benzenova prstena. Poput PCB-a vrlo slabo se otapaju u vodi, imaju visoko vrelište i otporni su glede biorazgradnje. Isto tako, ovispojevi su rasprostranjeni po cijelom globusu. PAH nisu ciljani proizvodi, nego nastaju kao nusprodukti, najviše u procesima izgaranja (produkti nekompletnog izgaranja). a a i katran sadrži mnoge policikli ke aromatske ugljikovodike. Ustanovljena su karcinogena svojstva mnogih PAH spojeva (www.hah.hr).



sl. 8. strukture policikli kih aromatskih ugljikovodika

(izvor: <http://www.stsci.edu/~lawton/research.html>)

4. Stockholmska konvencija

Stockholmska konvencija je globalni sporazum za zaštitu ljudskog zdravlja i okoline od POPs-a. Usvojena je 23. svibnja 2001. godine, a stupila je snagu 17. svibnja 2004. godine.

Odnosi se na devet kemikalija koje su se koristile samo kao pesticidi (aldrin, klordan, DDT, dieldrin, endrin, heptaklor, heksaklorbenzen, mireks i toksafen), heksaklorbenzen (HCB) koji se koristio kao pesticid ali i kao industrijska kemikalija, poliklorirane bifenile (PCB) koji su se primjenjivali kao industrijska kemikalija, te poliklorirane dibenzo-*p*dioksine (PCDD) i poliklorirane dibenzofurane (PCDF) koji nastaju u različitim ljudskim djelovanjima kao nenamjerni proizvodi, ali nikada nisu imali namjenu pa se nisu koristili (www.mzop.hr).

Usmjerena je na smanjenje i sprečavanje ispuštanja 12 spojeva ili grupa spojeva iz skupine POPs (www.pops.int). Konvencija propisuje ciljeve, principe i postupke koje moraju ispuniti potpisnici konvencije, a odnosi se na:

1. proizvode (PCB, pesticidi, insekticidi, rodenticidi, fungicidi);
2. nus-proizvode ljudske aktivnosti;
3. proizvode koji se koriste za kontrolu širenja bolesti, npr. DDT protiv malarije.

Stockholmska konvencija se možda najbolje razumije u svjetlu pet osnovnih ciljeva:

1. Eliminirati opasne POPs po evši sa 12 najopasnijih
2. Prona i sigurniju alternativu za one POPs za koje i je to mogu e
3. Uzeti u razmatranje i ostale POPs
4. O istiti stara skladišta i opremu koja sadrži POPs
5. Raditi zajedno za budućnost bez POPs

5. Zaključak

“Ne postoje neškodljive tvari, postoje samo neškodljivi putevi i načini uporabe tih tvari.”

Emil Mrak, član Komisije za pesticide, SAD

Zaštita okolišne sredine pojava je od posebnog značaja za opstanak čovječanstva i njegovog životnog prostora. Zbog porasta populacije i tehnološkog razvoja, utjecaj čovjeka na okolinu poprimio je neslušljive razmjere. Posljedice čovjekovih intervencija u okoliš uzrokuju ozbiljne poremećaje sredine u kojoj živi, a u daljnjoj fazi mogu ugroziti biološki opstanak čovjeka.

Informacije o POPs spojevima i o njihovom negativnom utjecaju na ljude i okoliš nisu dovoljno zastupljene u prosječnoj hrvatskoj populaciji. Tijekom inventarizacije utvrđeno je da čak i predstavnici industrije koja koristi POPs kemikalije nisu svjesni o njihovom utjecaju na okoliš. U nekim slučajevima nisu čak ni prepoznali da neki komercijalni proizvodi sadrže PCB-e. Problematika POPs spojeva u Hrvatskoj nije dovoljno zastupljena u programima osnovnih i srednjih škola. Nedostatak znanja o uzajamnosti ljudskog djelovanja i utjecaja na okoliš posljedica je nedostatne ili nedovoljne obaviještenosti javnosti.

Problem je prisutan ne samo kod nas, nego i u razvijenim zemljama Europe i svijeta – općenito se do informacija iz područja okoliša dolazilo teško, a postupci koji su se poduzimali za zaštitu okoliša često su upravljani »odozgora« i prema potrebama određenih struktura u društvu.

6. Literatura:

Mesi , H. i sur. (2008.): Program trajnog motrenja tala Hrvatske, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 131 str.

Milanovi , Z., Krauthacker, B. (2000.): Zaštita okoliša, gospodarenje otpadom i dioksini, Medicinska naklada, Zagreb, str. 325-348

Se ak-Guszak, M. (2003.): poliklorirani bifenili PCB, IPROZ d.o.o., Zagreb, 87 str.

Tuomisto J, Vartiainen T, Tuomisto JT. (1999.): Synopsis on dioxins and PCBs, National Public Health Institute, Finland, Division of Environmental Health.

<http://www.mzos.hr> (ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta)

<http://www.hcjz.hr> (hrvatski asopis za javno zdravstvo)

<http://www.epa.gov> (United States Environmental Protection Agency)

<http://www.hah.hr> (hrvatska agencija za hranu)

<http://www.imi.hr> (institut za medicinska istraživanja)

<http://www.azo.hr>

<http://www.poliklinika-harni.hr teme/ekoteme/02pesticidi.asp>

<http://chm.pops.int>

<http://www.biol.pmf.hr>

<http://en.wikipedia.org>

<http://www.cro-cpc.hr/projekti/pops/PCB%20SAZETAK%20Hrv.pdf>

http://www.cro-cpc.hr/projekti/pops/PCDD_PCDF%20Sazetak_hr.pdf

<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/255828.html>

<http://www.pbf.hr/hr/content/download/5605/34389/version/1/file/PCB+i+dioksini.pdf>

http://www.ekoturistiko.hr/zasto_nije_dobro_paliti_otpad.html

http://www.hzjz.hr/zdr_ekologija/pesticidi.htm

<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses6.html>

<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/378108.html>

<http://www.pollutionissues.com/A-Bo/Bioaccumulation.html>

<http://www.stsci.edu/~lawton/research.html>

7. Sažetak

Postojane organske one š uju e tvari (POPs) su organski spojevi koji su otporni na fotoliti ku, biološku i kemijsku razgradnju te se akumuliraju u živim organizmima i lako se prenose na velike udaljenosti. POPs obuhva a veliki broj spojeva, a mogu se razvrstati u etiri velike skupine. To su pesticidi, dioksini i furani, poliklorirani bifenili (PCB-i) i policikli ki aromatski ugljikovodici (PAH).

Toksi ni su i imaju negativan u inak na okoliš dugi niz godina.

Prepoznaju i opasnost za ljude i okoliš, proizvodnja POPs-a po ela se ograni avati, a sve je na kraju potvr eno Stochlomskom konvencijom potpisanom 22. svibnja 2001. godine.

8. Summary

Persistent organic pollutants (POPs) are organic chemical substances that are resistant to environmental degradation through chemical, biological, and photolytic processes. There are four groups of POPs: pesticides, dioxins and furans, polychlorinated biphenyls (PCBs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH).

Once introduced into the environment, POPs are persistent, retain their toxicity and degrade after decades.

Recognizing the dangers of POPs, countries began limiting their production. These efforts culminated in the Stockholm Convention of 22 May 2001.