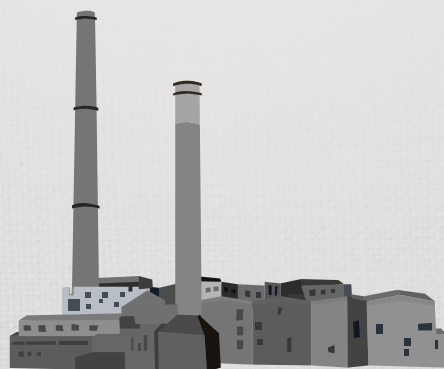


---

# ELABORAT O UTICAJU PIRALENA (PCB-a) NA ŽIVOTNU SREDINU I ZDRAVLJE LJUDI

---



PROJEKAT EKO BIH



Finansira  
Evropska unija



Centar za  
životnu sredinu

cee  
centar za ekologiju i energiju



UDRUŽENJE  
AARHUS  
CENTAR U BIH

eKO BIH

---

**Izdavač:**

Centar za životnu sredinu  
Miše Stupara 5,  
78000 Banja Luka  
[www.czzs.org](http://www.czzs.org)

**Za izdavača:**

Viktor Bjelić  
koordinator projekta Eko BiH

**Autor:**

Mr. ph. spec. Vladimir Pikula  
specijalista toksikološke hemije

**Koautor:**

Mr. ph. Marina Kuburić  
master primjenjene ekologije

**Dizajn:**

Aleksandar Saša Škorić

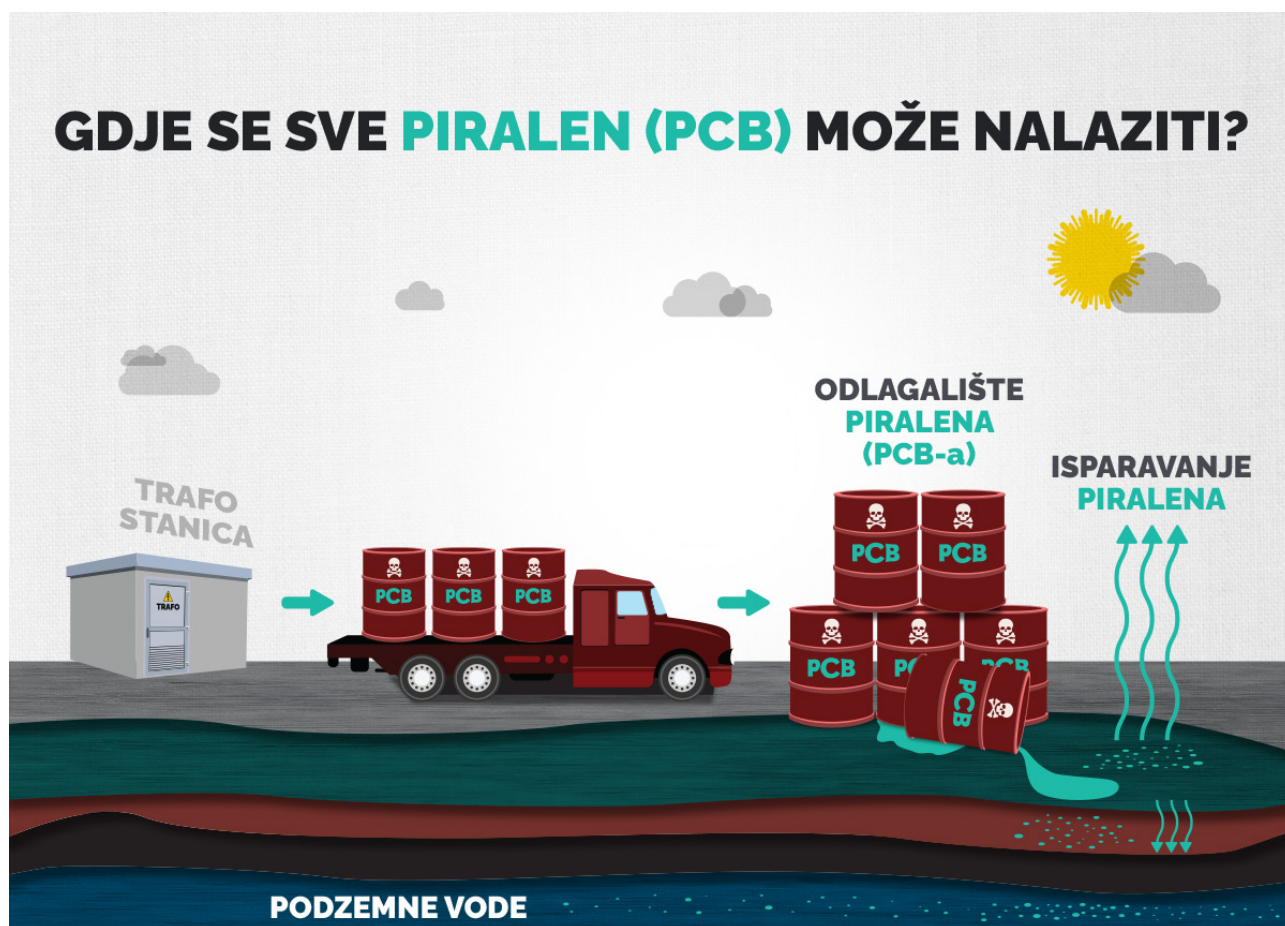
---

## Piralen - sastav, osobine i porijeklo u životnoj sredini

Polihlorovani bifenili (PCB) su jedinjenja koja se ne pojavljuju prirodno u okruženju. Masovno su se proizvodili od 1929. godine, a koristili su se kao dodaci plastici, adhezivi, za oblaganje površina, usporivači gorenja, dodaci pesticidima i bojama. Nisu zapaljivi, hemijski su stabilni, imaju visoke tačke ključanja, te su dobri elektro-izolatori. Zbog ovih osobina, upotrebljavali su se u transformatorima i električnim kondenzatorima, te za izolaciju kablova. Hemijski, to su organohlorna jedinjenja koja se međusobno razlikuju po broju i rasporedu atoma hlora na bifenilnom prstenu. Smješe ovih jedinjenja imaju zaštićene nazive, **a jedno od njih je i piralen**. Od broja i rasporeda atoma hlora na bifenilnom prstenu zavise fizičko-hemijske i toksikološke karakteristike predstavnika ove grupe jedinjenja.

Zbog mogućih posljedica po zdravlje i životnu sredinu, PCB-e je zabranila većina država od 1972. godine. Danas su proizvodnja, upotreba, skladištenje i uništavanje ovih supstanci strogo kontrolisani međunarodnim konvencijama integrisanim u pravne okvire zemalja koje se ozbiljno bave upravljanjem opasnim hemikalijama.

Međutim, PCB spadaju u dugotrajne organske zagađujuće materije (POPs), što znači da dugo opstaju u životnoj sredini i organizmima, kao i da imaju toksična dejstva.



Danas su izvori zagađenja PCB-om curenje i isparavanje sa ilegalnih i loše održavanih deponija i skladišta otpada koje sadrži PCB-e, kao i iz starih transformatora i druge električne opreme koja ih sadrži. PCB se otpušta i iz spalionica komunalnog i industrijskog otpada. Tako su pronađeni u pepelu nastalom u spalionicama otpada, koje su radile pod različitim tehnološkim i radnim uslovima. Dodatni izvor je isparavanje iz velikih rijeka i jezera koje su zagađene PCB-om.

---

## Ponašanje piralena u životnoj sredini

PCB se dugo zadržavaju u životnoj sredini i cirkulišu između vode, vazduha i zemljišta. Lako se prenose na velike udaljenosti i nađeni su u uzorcima snijega i morske vode daleko od mjesta gdje su ispušteni u životnu sredinu.

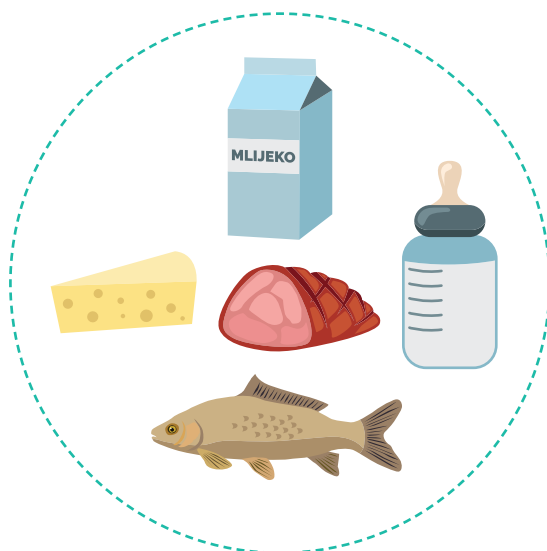
Voda predstavlja rezervoar PCB-a iz kog se oslobađaju tokom dužeg perioda. Vežu se i za suspendovane čestice u vodi, poput organskih materija, gline ili mikro-čestica. PCB isparavaju iz zagađenih površinskih voda, ali ih i sediment preuzima iz vode. Prelazak PCB-a iz sedimenta nazad u vodu i iz vode u vazduh se povećava sa povišenom temperaturom, tako da je veće isparavanje ljeti. Iz atmosfere padaju na tlo putem kiše, snijega i magle, te usljed gravitacije. Iz tla mogu isparavati, ali i prenositi se ispiranjem putem vode. Što je više organskih materija i gline u zemljištu, oni se više vežu za njega.

Transformacija ovih supstanci je spora i odvija se najviše pod dejstvom sunčeve svjetlosti. Biodegradacija PCB-a je spora u vodi, a u sedimentu i zemljištu značajnija zbog prisustva mikroorganizama.

PCB se iz vazduha, vode i zemljišta prenose u biljke i životinje, te se mogu u organizmima nakupljati. Nagomilavaju se u organizmima na dva načina, u jednom organizmu u toku vremena, što predstavlja bioakumulaciju, i duž lanca ishrane, što se naziva biomagnifikacija.

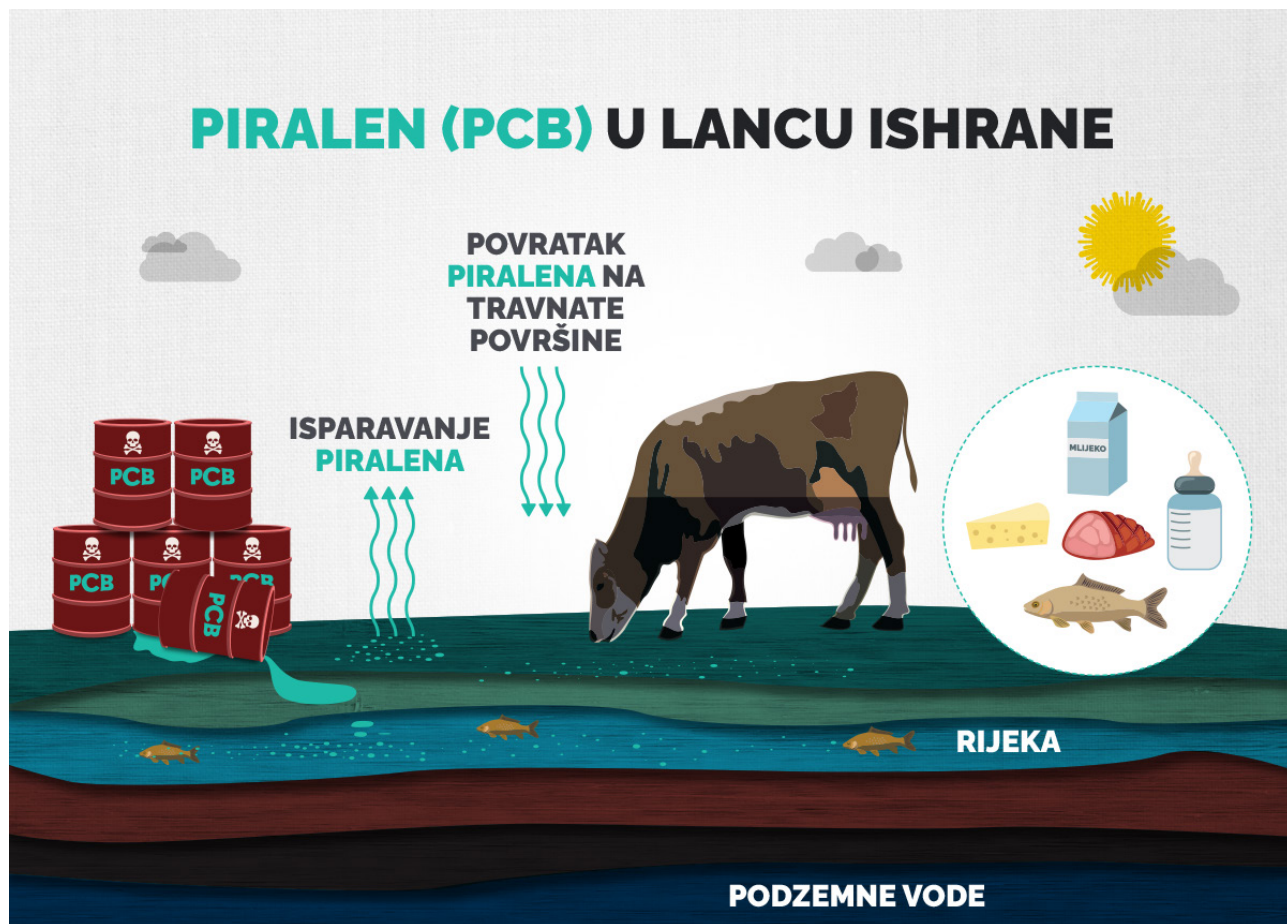
U biljkama se nakupljaju najviše u listovima i u drugim nadzemnim dijelovima biljaka. Vodeni organizmi akumuliraju PCB-e, i to najviše u masnom tkivu. Pošto je koncentracija PCB-a veća u sedimentu, nego u vodi, organizmi koji se hrane pri dnu vodenih sistema su izloženi PCB-ima.

Usljed biomagnifikacije, više koncentracije PCB-a su nađene u organizmima koji se nalaze više u lancu ishrane. Npr. školjke unose ove supstance putem fitoplanktona i zooplanktona, a vodeni sisari putem planktona i ribe. Ptice koje se hrane kontaminiranom ribom, takođe pokazuju nagomilavanje PCB-a. Na tlu, biomagnifikacija se vrši od zemljišta i biljaka, preko crva i insekata do ptica i sisara. Jaja ptica koja u svom organizmu imaju PCB-e, takođe su zagađena ovim supstancama. Biomagnifikacija je prisutna i kod ljudi, kao vrste na vrhu lanca ishrane, i koncentracija u masnim tkivima čovjeka je i do 100 puta veća nego u hrani koju jedu.



## Izloženost ljudi piralenu

Koncentracija PCB-a u vazduhu je veća u gradovima i industrijskim zonama, nego u ruralnim regijama. Takođe, koncentracija u zatvorenim prostorima može biti i do 10 puta veća nego koncentracija PCB-a vani. Osim preko vazduha, ljudi su izloženi PCB-ima vodom za piće i hranom. Najveći unos je zagađenom hranom, i to ribom, mesom, mlijekom i mliječnim proizvodima. Ove supstance se brzo apsorbuju iz digestivnog trakta, a deponuju u jetri i masnim tkivima. Prolaze placentu, izlučuju se majčinim mlijekom i nakupljaju u fetusu i dojenčetu. PCB ili proizvodi njihovog metabolizma različitim mehanizmima izazivaju brojne poremećaje u normalnom funkcionisanju čovjekovog organizma.



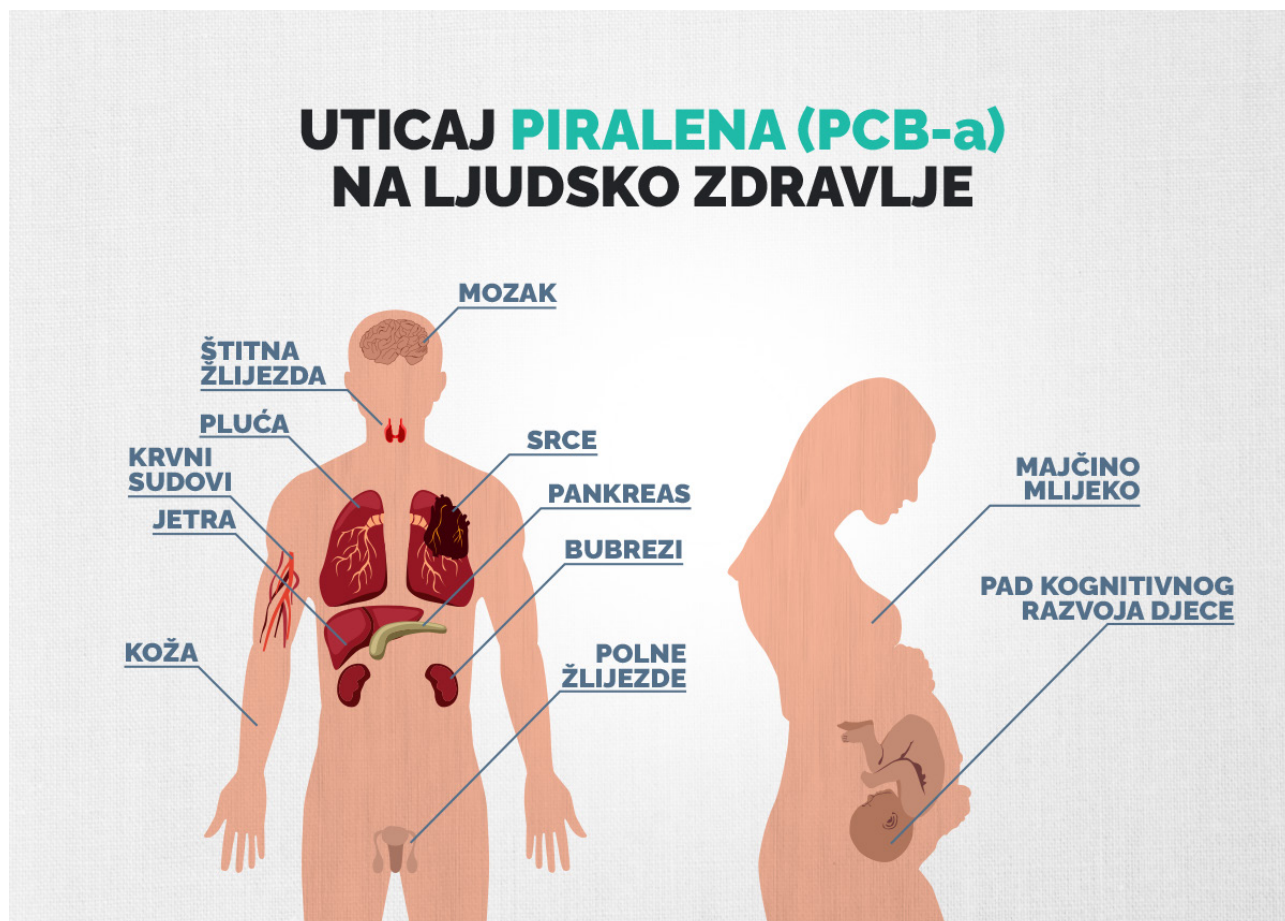
## Uticaj piralena na zdravlje ljudi

Karcinom, poremećaj imuniteta, nervnog sistema, rada štitne i polnih žlijezda, štetni efekti na jetru, bubrege, srce i krvne sudove, oštećenja i bolesti kože, samo su neke od ozbiljnih stanja koje ova grupa jedinjenja mogu izazvati. Osobe koje su duže vremena izložene ovim jedinjenjima imaju visok rizik da razviju neko od nabrojanih oboljenja, najčešće teškog i neizlječivog karaktera.

PCB su supstance koje različitim mehanizmima izazivaju karcinom kod ljudi i pojačavaju učinke drugih kancerogenih supstanci. Brojne studije pronašle su povezanost povećanog broja različitih karcinoma sa izloženošću PCB-ima: jetre, žučnog mjehura, biljnog trakta, gastrointestinalnog trakta, kože (posebno malignog melanoma), pluća, pankreasa, te limfoma i leukemije.

PCB dovode do poremećaja u funkcionisanju imuniteta kod ljudi. Osobe sa smanjenim i neadekvatnim imunim odgovorom pokazuju povećanu osjetljivost na infekcije i rak. Budući da izloženost PCB-ima može suzbiti aktivnost antitijela (imunoglobulini) i ćelijskog imunog odgovora, odgovornih za odbrambene funkcije organizma, česte infekcije mogu biti direktan rezultat izloženosti ovim jedinjenjima, što su brojne studije jasno i nedvosmisleno potvrdile.

Izloženost fetusa u materici PCB-ima povezana je sa štetnim učincima na intelektualne funkcije dojenčadi i male djece. Procijenjeno je da se takvi efekti zadržavaju i tokom školske dobi kod djece rodene od žena koje su tokom trudnoće jele ribu zagađenu PCB-ima. Povišeni nivoi PCB-a u majčinom serumu, majčinom mlijeku, krvi iz pupčane vrpce prilikom porođaja i dječijoj krvi u direktnoj su korelaciji sa nepovratnim padom stepena inteligencije i usporenim kognitivnim razvojem djece. Takođe, nekoliko studija pokazalo je da izloženost PCB-a povećava rizik od beba s niskom porođajnom težinom.



Dokazano je da PCB zbog strukturne sličnosti sa hormonima štitne žlijezde ometaju normalnu aktivnost ovih hormona na više mjesta. Visok nivo PCB-a u majčinom mlijeku u vezi je sa niskim vrijednostima majčinih hormona štitne žlijezde (T3 i T4) i visokim nivoima stimulirajućeg hormona štitnjače (TSH) koje luči hipofiza njihove novorođenčadi.

Polihlorovani bifenili snažno utiču na smanjenje stvaranja muškog polnog hormona testosterona, osnovnog hormona odgovornog za nastanak polnog uzbuđenja i sekundarnih polnih karakteristika kod muškaraca. Ovakav efekat PCB-a je potvrđen i na životinjama. Uz to, PCB se na ćelijskom i molekularnom nivou vezuju za ista mjesta kao i testosteron, što još više smanjuje polni nagon PCB-u izloženih osoba. Pokazalo se da je kod zdravih, mladih ljudi visok nivo serumskih PCB-a odgovoran za nisku vrijednost slobodnog testosterona. Posljedica ovakvog odnosa je manji broj spermatozoida, povećan broj abnormalnih spermatozoida, nedovoljna pokretljivosti i sposobnosti vezivanja i prodiranja u ženske polne ćelije (oocite) tj. smanjena sposobnost oplodnje.

Izloženost ovim supstancama takođe utiče na reprodukciju žena i uzrokuje raniju menarhu (polnu zrelost) kod djevojčica.

Radnici izloženi PCB-a su pokazali značajnu direktnu vezu između nivoa PCB-a u serumu i nivoa triglicerida u plazmi, što je kasnije potvrđeno u studijama na životinjama. Za članove populacije koji su imale značajnu kontaminaciju PCB-ima, prvenstveno konzumiranjem kontaminirane ribe otkriveno je da što je viši nivo PCB-a u organizmu to je viši nivo holesterola u serumu i viši krvni pritisak. Povišen nivo lipida u serumu, zajedno s povišenim krvnim pritiskom, najbolje su dokumentovani faktori rizika za nastanak srčanog udara.

Iako se šećerna bolest (dijabetes) rijetko smatra bolešću izazvanom faktorima iz okolne sredine, snažni su dokazi da izloženost PCB-a u prirodi doprinosi učestalosti ove bolesti kod ljudi.

### Načini uklanjanja piralena iz životne sredine

PCB se mogu ukloniti iz zemljišta i sedimenta procesom fitoremedijacije, u kom biljke unose u sebe PCB-e i djelimično metabolišu. Mikrobna remedijacija se zasniva na dejstvu mikroorganizama, koji mogu da transformišu i uklone opasne materije iz okoline. Ova metoda je jeftina, ali nije dovoljno efikasna da bi se sama koristila.



Određeni hemijski reagenzi, uz visoke temperature i pritisak, uklanjaju atome hlora iz PCB-a i čine ih manje toksičnim. Uglavnom se koriste bazni ili kiseli rastvori magnezijuma i cinka, niskovalentni metali i Fentonov reagens. Osim ovih reagenasa, koriste se i ultrasonično zračenje, superkritična oksidacija vodom, i sve ove metode imaju visoku efikasnost, ali i cijenu.

PCB se mogu ukloniti primjenom aktivnog uglja. Ova metoda je jeftina, sa relativno visokim procentom efikasnosti (iznad 60%), te se može koristiti na samom izvoru zagađenja, kao i na udaljenim mjestima.

---

## **Kako smanjiti izloženost PCB-ima u svakodnevnom životu**

PCB se nakupljaju u masnim tkivima riba i životinja, te pravilna priprema mesa i ribe može smanjiti unos ovih supstanci u ljudski organizam. Prije termičke obrade, treba ukloniti kožu, masnoću i unutrašnje organe. Treba izbjegavati prženje, jer ovom metodom termičke obrade hemikalije se zadržavaju u mesu, a grilovanjem i kuhanjem se mogu ukloniti tokom procesa. Predlaže se izbjegavanje riba sa vrha lanca ishrane, poput lososa, te kupovina organskog i etički proizvedenog mesa.

### **Reference:**

Carpenter D. O. Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Routes of Exposure and Effects on Human Health; Reviews on Environmental Health 21(1):1-23 DOI:10.1515/REVEH.2006.21.1.1

Jing, Ran & Fusi, Soliver & Kjellerup, Birthe. (2018). Remediation of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Contaminated Soils and Sediment: State of Knowledge and Perspectives. Frontiers in Environmental Science. 6. 79. 10.3389/fenvs.2018.00079.

Polychlorinated biphenyls: Human health aspects. (Concise international chemical assessment document ; 55), WHO, 2003.

Polychlorinated Biphenyls (PCBs); United States Environmental Protection Agency, dostupno na: <https://www.epa.gov/pcbs/learn-about-polychlorinated-biphenyls-pcbs#congeners>

Safe S. Toxicology, Structure-Function Relationship, and Human and Environmental Health Impacts of Polychlorinated Biphenyls: Progress and Problems; Environmental Health Perspectives · May 1993 DOI: 10.1289/ehp.93100259

Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Agency for Toxic substances and Disease registry, dostupno na:

<https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=142&tid=26>

---

Ovaj elaborat je izrađen uz finansijsku podršku Evropske unije.

Sadržaj elaborata isključiva je odgovornost udruženja Eko - BiH  
i ne odražava nužno stavove Evropske unije.

---