

mr. sc. Milivoje Mrdak  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Zagreb  
[milivoje.mrdak@hep.hr](mailto:milivoje.mrdak@hep.hr)

Damir Megla, dipl. ing. sig.  
HEP – ODS d.o.o., Elektra Zagreb  
[damir.megla@hep.hr](mailto:damir.megla@hep.hr)

mr. sig. Liljana Dolšak, dipl. ing. sig.  
Visoka škola za sigurnost Zagreb, s pravom javnosti  
[liljana.dolsak@vss.hr](mailto:liljana.dolsak@vss.hr)

## POSTUPANJE S UREĐAJIMA KOJI SADRŽE POLIKLORIRANE BIFENILE U ELEKTRI ZAGREB

### SAŽETAK:

Distribucijsko područje Elektra Zagreb već duži niz godina radi na sukcesivnom isključivanju iz uporabe ovih uređaja. Usprkos tome, u trenutku donošenja Pravilnika, u pogonu je još uvijek bio značajan broj kondenzatorskih baterija u kojima se nalazi PCB. Stoga je u vrlo kratkom razdoblju trebalo izraditi plan demontaže ali i osigurati uvjete za adekvatno skladištenje demontiranih uređaja do trenutka njihove predaje ovlaštenom sakupljaču. Ove aktivnosti morale su se provoditi na način koji je u skladu sa zakonskim zahtjevima za zaštitu okoliša i sigurnosti zaposlenika.

**Ključne riječi:** PCB, kondenzatorske baterije, akcidenti, okoliš, međunarodna norma ISO 14001 i zakonski zahtjevi

## HANDLING OF DEVICES CONTAINING POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN ELEKTRA ZAGREB

### SUMMARY

Distribution area Elektra Zagreb has been working on successive phasing out of such devices for a number of years. However, at the time of adoption of the Book of regulations, a significant number of capacitors containing PCB had still been in operation. Therefore, a dismantling plan had to be elaborated and implemented within a very short period of time. Also, conditions had to be provided for adequate storage of dismantled devices until the moment of their takeover by an authorized collector. All the above mentioned activities had to be carried out consistent with legal requirements governing environmental protection and safety of employees.

**Key words:** PCB, condensers, accidents, environment, international standard ISO 14001 and legal requirements

### 1. UVOD

Industrijska proizvodnja polikloriranih bifenila (PCB-a) započela je 1929. u SAD-u a njen vrhunac dosegnut je 1970 godine. Procjenjuje se da je u svijetu od 1929. do 1989. godine ukupno proizvedeno oko 2.000.000 tona PCB-a. Najznačajniji proizvođači bile su tvornice „Monsanto“ (SAD), „Bayer“ (Njemačka), te „Rhone Poulenc“ i „PCUK“ (Francuska). Značajne količine su se proizvodile i u državama istočne Europe, poglavito u Sovjetskom Savezu i DR Njemačkoj.

Kao i svaki novi proizvod, pojava i primjena polikloriranih bifenila bila je prezentirana i prihvaćena na način da su uvažavana isključivo pozitivna svojstva, dok se moguće opasnosti i posljedice po ljudsko zdravlje i okoliš nisu ni razmatrale, ili još gore - bile su skrivane od javnosti. Na žalost, ponekad je potrebno određeno vremensko razdoblje korištenja, ili da se dogodi akcidentna situacija, kako bi ljudi postali svjesni opasnosti i posljedica po zdravlje i životnu sredinu – okoliš. Takav slijed događaja uvijek je uzrokom da štetnosti, obično u početku, izmiču našoj pažnji i kontroli.[1]

Poliklorirani bifenili ne predstavljaju kemijski jedinstvenu tvar, već je to 209 spojeva sa različitim postotkom klora. Uglavnom se proizvode direktnim kloriranjem bifenila pa razlikujemo teško klorirane i lagane PCB-e.

Radi svojih svojstava poliklorirane bifenile u svojoj proizvodnji koristile su elektro industrija, industrija papira, guma, boja, lakova, smola, pesticida i druge. S obzirom na svoju veliku kemijsku i termičku stabilnost, odlične izolacijske karakteristike i dug životni vijek PCB-i su našli primjenu i u elektroenergetici. Razlog više za njegovom primjenom je što ga u normalnim uvjetima rada nije potrebno održavati, odnosno regenerirati tijekom životnog vijeka transformatora ili kondenzatora. Od ukupno proizvedene količine plikloriranih bifenila u svijetu oko 75% je upotrijebljeno upravo u elektroindustriji, od čega dvije trećine u proizvodnji energetskih kondenzatora.

Tek nakon prvih akcidentnih situacija u svijetu i dugotrajnijeg rada sa polikloriranim bifenilima došlo je do neželjenih pojava i negativnih učinaka po ljudsko zdravlje i okoliš. Istraživanjima je utvrđeno da su spojevi izuzetno toksični, mutageni, karcinogeni i bioakumulativni, odnosno dobro se apsorbiraju kroz probavni sustav, pluća i kožu.

Zbog vrlo raširene i nekontrolirane industrijske primjene u prošlosti, PCB je postao jedan od glavnih perzistentnih organskih onečišćivača okoliša. Ovi spojevi prisutni su u okolišu gotovo u svim medijima, zraku, vodi, tlu i sedimentu površinskih voda, čak i na onim područjima na kojima nikad nije postojala proizvodnja ili uporaba PCB-a. Procjenjuje se da najveći dio polikloriranih bifenila u organizam dospjeva preko kontaminirane hrane životinjskog (70%) i biljnog podrijetla (25%), a ostatak preko zraka, vode i tla.

## **2. POLIKLORIRANI BIFENILI I OKOLIŠ**

Kada se govori o mogućim ekološkim onečišćenjima i posljedicama djelovanja PCB-a, potrebno je razlikovati dvije vrste onečišćenja: hladno i vruće onečišćenje PCB-om.

### **2.1. Hladno onečišćenje**

Hladno onečišćenje PCB-om nastaje kao posljedica curenja, prolijevanja ili isparavanja PCB-a. Pri tome rezultira njegova povećana koncentracija u vodi, zraku, tlu i živim organizmima. S obzirom da se radi o spojevima koji su iznimno toksični, mutageni, karcinogeni te bioakumulativni s izrazito sporom biodegradacijom, posljedice hladnog onečišćenja šire se na velike udaljenosti ugrožavajući floru, faunu i ljudsko zdravlje.

### **2.2. Vruće onečišćenje**

Vruće onečišćenje PCB-om je u pravilu posljedica požara ili djelovanja električnog luka na elektroenergetskoj opremi koja sadrži PCB. Prilikom izgaranja PCB-a dolazi do pirolize (raspadanja) te se stvaraju toksični plinovi koji sadrže klorovodike (HCl), triklorobenzen (TCB), poliklorirane pirene (PCPY), poliklorirane krisene (PCCY) poznatije kao fosgen ( $\text{COCl}_2$ ), poliklorirane dibenzofurene (PCDF) i poliklorirane dibenzodioksine (PCDD). Ovi se plinovi, kao i njihove smjese, lako adsorbiraju na čestice prašine i čađe te se tako brzo šire u okolini prostor uzrokujući dugotrajno i opasno onečišćenje. Posljedice vrućeg onečišćenja su općenito opasnije, ugrožavaju širu populaciju i rasprostiru se na veće udaljenosti i površine. U slučaju vrućeg onečišćenja u pravilu dolazi i do hladnog onečišćenja (radi curenja i/ili rasprskavanja PCB-a).

### **2.3. Akcidenti**

Prvi registrirani ekološki akcident u Hrvatskoj vezan uz onečišćenje okoliša PCB-om zabilježen je 1985. u rijeci Kupi. Zagađenje Kupe bilo je posljedica neadekvatnog odlaganja oštećenih kondenzatora na izvoru rijeke Krpe u Sloveniji. Izvor onečišćenja bila je tvornica kondenzatora „Iskra“ Semič, koja je u svojoj proizvodnji koristila poliklorirane bifenile kao izolaciju u energetskim kondenzatorima. Do ekološkog akcidenta došlo je prodorom PCB-a u okoliš iz kraške jame, koja se nalazila unutar kruga tvornice, a u

koju su odlagani oštećeni kondenzatori. Iz oštećenih kondenzatora je PCB prodirao u tlo i podzemne kraške vode i onečistio izvor rijeke Krupa. Nakon otkrića PCB-a u vodi zabranjena je uporaba vode za piće iz rijeke Krupa i Lahinje. Kao posljedica ispuštanja, u Hrvatskoj je došlo do zagađenja rijeke Kupe u koju Krupa i Lahinja utječu. Ovaj ekološki akcident rezultirao je napuštanjem tehnologije proizvodnje kondenzatora s PCB-om u tvornici „Iskra“ Semič i velikim investicijama za sanaciju neadekvatnog odlagališta PCB-a u krugu tvornice.

U najvećem broju slučajeva do zagađenja okoliša PCB-om u Republici Hrvatskoj [2] i [3] došlo je zbog ratnih razaranja u Domovinskom ratu (1991. – 1995.), napadom na vitalne elektroenergetske objekte prijenosne i distribucijske mreže, prilikom čega je došlo do oštećenja kondenzatorskih baterija i curenja PCB-a. Primjeri ovakvih slučajeva su transformatorske stanice TS 35/10 kV Delnice, TS 110/35/10 kV Komolac (Dubrovnik), TS 220/110/30 kV Bilice (Šibenik) i TS 110/35 kV Zadar. Na ovim lokacijama provedena su ispitivanja kojima je utvrđena prisutnost PCB-a u okolnom tlu. Postoji još određen broj lokacija elektroenergetskih postrojenja u zoni ratnih djelovanja (koji su bili oštećeni u ratnim razaranja) za koje se sumnja da je došlo do onečišćenja PCB-om, ali do sada nisu provedena potrebna ispitivanja tla.

### 3. ZAKONSKI ZAHTEJEVI

Zbog mogućih opasnosti (štetnog djelovanja PCB-a) na zdravlje ljudi i okoliš, postupanje s opremom koja sadrži PCB regulirano je nizom zakonskih propisa.

Zakonski okvir za postupanje s uređajima koji sadrže PCB tijekom njihovog rada predstavlja Pravilnik o zaštiti na radu pri radu s tvarima koji sadrže poliklorirane bifenile, poliklorirane naftalene i poliklorirane terfenile, donesen u veljači 1989. (NN br.7/89.) Ovaj Pravilnik je prvi zakonski akt kojim je u Republici Hrvatskoj regulirana problematika uporabe polikloriranih bifenila. Iako se radi o propisu iz područja zaštite na radu, kojim se prvenstveno željela osigurati sigurnost radnika koji dolaze u kontakt s polikloriranim bifenilima, odnosno uređajima koji ih sadrže, njime se posredno osigurala i zaštita okoliša od štetnog djelovanja ovih kemijskih spojeva.

Pravilnikom je dopuštena uporaba PCB-a isključivo u zatvorenim sustavima (uređajima) i na lokacijama koje su zaštićene od požara te su propisane mjere sigurnosti pri korištenju i održavanju ovih uređaja. Glavni zahtjevi u pogledu zaštite okoliša od štetnog djelovanja PCB-a odnose se na tehničke uvjete za prostorije i prostore u kojima se koriste ili skladište tvari s PCB-om. Prostorije moraju biti zaštićene od požara i tako izvedene da zbog mogućeg prolijevanja PCB-a ne dođe do prodiranja u radnu i životnu okolinu. Propisana je i obveza označavanja uređaja koji sadrže PCB te prostorija i prostora u kojima se oni nalaze.

Do 2006. godine u RH nisu postojali zakonski akti koji bi ograničavali uporabu PCB-a u zatvorenim sustavima. Listom opasnih kemikalija čiji je promet zabranjen, odnosno ograničen (NN br. 17/06.), donesenom na temelju Zakon o kemikalijama (NN br. 150/05.) propisana je zabrana stavljanja u promet i korištenja PCB-a, osim u slučaju održavanja već postojeće opreme do kraja rada, odnosno dok navedenoj opremi ne istekne vijek trajanja. Time je zakonski onemogućeno stavljanje u pogon novih uređaja koji sadrže PCB.

U rujnu 2008. godine donesen je Pravilnik o gospodarenju polikloriranim bifenilima i polikloriranim terfenilima (NN br. 105/08.), kojim se propisuje način gospodarenja polikloriranim bifenilima (PCB) i polikloriranim terfenilima (PCT), otpadnim PCB-om i PCT-om te opremom koja sadrži PCB i PCT, kako bi se oni u potpunosti oporabili i/ili zbrinuli zbog opasnosti koje predstavljaju za okoliš i ljudsko zdravlje. Ovim Pravilnikom je propisana obveza isključivanja iz uporabe i zbrinjavanja opreme koja sadrži PCB najkasnije do 31. prosinca 2010. godine. Radi kontrole postupka isključivanja iz uporabe ovih uređaja predviđena je obveza vlasnicima uređaja koji sadrže PCB dostaviti nadležnim tijelima za zaštitu okoliša njihov popis s volumenom PCB-a većim od 5 dm<sup>3</sup>, te plan njihovog stavljanja izvan uporabe.

U pogledu zakonski dopuštenih koncentracija PCB-a u pojedinim medijima propisani su parametri za koncentracije u zraku i vodi. S obzirom da se PCB pri normalnoj temperaturi i tlaku nalazi u tekućem agregatnom stanju i u pravilu ne postoji mogućnost trajnije prisutnosti u značajnijim količinama u široj atmosferi i time izloženosti opće populacije (osim u slučaju izvanrednog događaja) u pogledu prisutnosti u zraku, propisane su maksimalno dopustive koncentracije za radne prostorije i prostore. S druge strane, s obzirom na činjenicu da PCB ima izrazitu sklonost širenja vodenim tokovima, zakonskom regulativom iz vodnog gospodarstva propisane su dopuštene vrijednosti koncentracije PCB-a za sve kategorije voda.

Uredbom o opasnim tvarima u vodama (NN br. 78/98.) poliklorirani bifenili su klasificirani u skupinu opasnih tvari za koje je dokazano da su rizične za vodni okoliš i čovjeka i za koje se određuju najveće dopuštene koncentracije u vodnim sustavima, odnosno zabranjuje njihovo ispuštanje u vode.

Najveća dopuštena koncentracija polikloriranih bifenila određena je ovom Uredbom te se, ovisno o vrsti (kategoriji) voda, kreće od 0,01 – 0,2 µg/l.

Postupanje s otpadom regulirano je Zakonom o otpadu (NN br. 60/08.), a svrstavanje i kategorizacija otpada provodi se temeljem Pravilnika o vrstama otpada (NN br. 27/96.) te Uredbom o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN br. 50/05.). Prema Pravilniku o vrstama otpada i Uredbi o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada kondenzatori koji sadrže PCB navedeni su pod ključnim brojem \*16 02 09 te predstavljaju opasni otpad. U otpad s PCB-om, osim kondenzatori koji sadrže PCB, a koji su stavljeni izvan pogona i nisu predviđeni za daljnje korištenje, ubrajaju se i otpadne tekućine koje sadrže PCB, te kruti otpad koji sadrži PCB (metali, nemetali, zemlja onečišćena PCB-om), koji može nastati zbog curenja i oštećenja opreme ili pri sanaciji i čišćenju objekata i lokacija koje su onečišćene PCB-om.

Tehnički uvjeti za privremeno skladištenje opasnog otpada definirani su Pravilnikom o gospodarenju otpadom (NN br. 23/07. i br. 111/07.). Skladište mora biti zatvoreno i natkriveno, izgrađeno od čvrstog materijala, potpuno zatvoreno ili ograđeni natkriveni prostor u koji je onemogućen dotok oborinskih voda, opremljeno tako da se spriječi rasipanje ili prolijevanje otpada, širenje prašine, buke, mirisa i drugih emisija te osigurana oprema za gašenje požara. Otpad se mora skladištiti odvojeno po svojstvu, vrsti, i agregatnom stanju. Za skladištenje tekućeg otpada mora se osigurati sabirna jama ili tankvana obujma najmanje 10% svih posuda koje se mogu skladištiti na pripadajućoj sljevnoj površini, s tim da njezin volumen ne može biti manji od zapremine najveće posude ili spremnika. U skladištu opasnog otpada mora također biti osigurana rasvjeta s umjetnim izvorima svjetla za sigurno rukovanje opasnim otpadom. Izvedba energetskih, plinskih, vodovodnih, ventilacijskih i ostalih instalacija mora biti u skladu s posebnim propisima za uređenje, skladištenje i rukovanje opasnim tvarima koje su sastojci opasnog otpada. Pravna i fizička osoba, koja je proizvođač otpada te posjeduje skladište otpada unutar svog poslovnog prostora za navedene građevine, ne podliježe obvezi pribavljanja dozvole za gospodarenje otpadom sukladno Zakonu o otpadu, ali za navedene građevine mora imati uporabnu dozvolu.

Uređaji koji sadrže PCB i tekućine s PCB-om spaljuju se isključivo u spalionicama opasnog otpada (kućišta uređaja koji su sadržali PCB nakon čišćenja smiju se deponirati na deponij opasnog otpada). S obzirom da u RH ne postoje adekvatne spalionice za ovu vrstu otpada, mora se izvoziti na zbrinjavanje u spalionice opasnog otpada izvan RH. Izvoz otpada koji sadrži PCB mora se provoditi u skladu sa Baselskom konvencijom o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovom odlaganju (NN Međunarodni ugovori br. 3/94.). Prema Baselskoj konvenciji, koju je ratificirala i RH, otpadne materije i predmeti koji sadrže ili su onečišćeni polikloriranim bifenilima, klasificirane su kao kategorija opasnog otpada koju treba kontrolirati. Opasni otpad moguće je izvoziti samo u zemlje koje nisu zabranile njegov uvoz uz pisani pristanak nadležne institucije zemlje uvoznice. Također je potrebno osigurati da se prekogranični promet opasnog otpada provodi sukladno odredbama Zakona o prijevozu opasnih tvari (NN br. 79/07.), tako da se ljudsko zdravlje i okolina zaštite od štetnih posljedica takvog prometa.

#### **4. POSTUPANJE S OPREMOM KOJA SADRŽI PCB**

U HEP ODS-u izrađene su aplikacije za uporabu kemikalija i vođenje očevidnika opasnog i neopasnog otpada. U aplikaciji namijenjenoj praćenju potrošnje kemikalija definirano je evidentiranje uređaja punjenih PCB-om. Aplikacija sadrži: obrazac za unos podataka (lokacija, vrsta opreme, godina instaliranja i pogon), izvještaje o količinama opreme i evidenciju zamijenjene opreme. Za vjerodostojnost podataka u Elektri Zagreb odgovoran je rukovoditelj odjela održavanja za službu/pogon.

Za rad na aplikaciji opasnog i neopasnog otpada imenovane su odgovorne osobe za vođenje očevidnika po lokacijama. Njihova obveza je evidentiranje svih vrsta otpada na lokaciji, označavanje spremnika ključnim brojevima, preuzimanje selektiranog otpada uz njegovu prijavu, vođenje očevidnika i predaju otpada uz prateći list.

Po proceduri u slučajevima utvrđenog curenja, kvara ili demontaže uređaja punjenih PCB-om rukovoditelju radova uz radni nalog obvezno se uručuje prijava otpada. Po obavljenom poslu (uz vođenje brige o primjeni sigurnosnih mjera iz radne upute) rukovoditelj radova odgovornoj osobi za vođenje očevidnika otpada na lokaciji dostavlja prijavu otpada, a opremu odlaže u za to predviđene spremnike. Odgovorna osoba za vođenje očevidnika nakon toga u očevidnik unosi podatke iz prijave otpada.

Elektra Zagreb uspostavila je vlastiti sustav upravljanja okolišem prema međunarodnoj normi ISO 14001 na svim lokacijama i mjestima rada. Uspostavljeni sustav upravljanja okolišem osigurava provedbu zakonskih zahtjeva, olakšava realizaciju ciljeva i programa, omogućuje provjeru kompetentnosti i osposobljenosti radnika koji rade sa PCB-om, sustavno prati slijed komunikacije i spremnost na odaziv u slučaju akcidenta.

Metodologijom utvrđivanja aspekata PCB je definiran kao značajni aspekt. Temeljem zakonskih zahtjeva o zabrani njegove uporabe (31.12.2010.) i utvrđenih pojedinačnih ciljeva izrađen je program zaštite okoliša. Programom je definirana odgovorna osoba (nositelj programa), aktivnosti koje se trebaju provesti (popisati sve uređaje u kojima se nalazi PCB, planirati demontaže uređaja i način njihovog skladištenja do odvoza na zbrinjavanje) sa rokovima provedbe. Odgovorna osoba za provedbu programa kvartalno prati status programa i o tome vodi zapis.

Kako bi se osigurala maksimalna sigurnost i zaštita ljudskog zdravlja i okoliša izrađene su radne upute i procedure pri radu sa polikloriranim bifenilima. Dva puta u godini provode se interni auditi. Njima je obuhvaćena ocjena i prosudba postupanja sa polikloriranim bifenilima.

O svim radnjama odgovorne osobe moraju voditi zapis i predložiti ga predstavniku posloводства za SUO tijekom audita. U slučajevima utvrđene neusklađenosti, rukovoditelj organizacijske jedinice dužan je izraditi analizu uzroka koji su doveli do neusklađenosti, propisati korektivnu radnju u cilju njenog otklanjanja, odrediti izvršitelje i realne rokove realizacije korektivne radnje. Interni auditor procjenjuje djelotvornost korektivne radnje.

Tvrтка je podložna certifikacijskoj provjeri jednom tijekom godine od strane neovisne certifikacijske kuće, odnosno ocjeni stanja i funkcioniranja sustava prema navedenoj normi o čemu se dobiva i zapis. U Elektri Zagreb do sada su obavljene dvije certifikacijske provjere sa izuzetno visokim ocjenama.

#### **4.1. Postupanje sa uređajima u pogonu**

Sva oprema koja sadrži PCB a nalazi se na lokacijama Elektre Zagreb, označena je na propisani način, kao i svi ulazi u pogonske prostorije u kojima je oprema smještena. Na ulaznim vratima prostorija postavljeni su znakovi upozorenja da se u prostoriji nalaze uređaji koji sadrže PCB. U objektu je propisno označen svaki kondenzator punjen s PCB-om, tako da su sve osobe koje ulaze u objekte ili dolaze u kontakt s tom opremom vizualno upozorene na potrebu posebne pozornosti i na moguće opasnosti (Slika 1.).



Slika 1. Označavanje kondenzatorskih baterija koje sadrže PCB (TS 110/10 kV Sopot - Zagreb)

U svim transformatorskim stanicama u kojima se nalaze uređaji koji sadrže PCB postavljene su Upute za rad na siguran način s polikloriranim bifenilima kako bi se osiguralo adekvatno postupanje djelatnika koji dolaze u kontakt s takvom opremom (Slika 2.).



Slika 2. Upute za siguran rad s polikloriranim bifenilima (TS 110/10 kV Sopot – Zagreb)

Pogonski objekti u kojima se nalazi ova oprema moraju biti tako izvedeni da u slučaju curenja PCB-a bude onemogućeno širenje onečišćenja u druge prostorije i prostore. To je osigurano izvođenjem povišenog praga prostorije u kojoj su smješteni kondenzatori te postavljanjem sabirnih metalnih posuda ispod uređaja.

Radi održanja maksimalne pogonske sigurnosti opreme i minimalne mogućnosti zagađenja okoliša i ugrožavanja zdravlja ljudi nužna je posebna odgovornost u ponašanju svih zaposlenika prilikom korištenja opreme koja sadrži PCB. S kondenzatorima koji sadrže PCB potrebno je oprezno postupati kako ne bi došlo do narušavanja njihove hermetičnosti, odnosno do curenja PCB-a. Zbog toga djelatnici Elektre Zagreb kondenzatore redovito pregledavaju i održavaju. Redovito se pregledavaju i izolatori, kako ne bi došlo do njihovog pucanja ili oštećenja spoja, odnosno brtvljenja kućišta.

Ukoliko se prilikom redovnog nadzora i vizualnog pregleda postrojenja utvrdi curenje ili napuhnutost kondenzatora (što je pouzdani znak neispravnosti, jer prilikom nastanka unutrašnjeg kvara ili električnog proboja dolazi do stvaranja plinova unutar kućišta kondenzatora), oni se moraju odmah zamijeniti. Uređaj koji propušta smješta se u specijalni metalni kontejner koji ima mogućnost hermetičkog zatvaranja i odmah otpremi na mjesto privremenog skladištenja otpadnih kondenzatora s PCB-om na lokaciju Traforadionice u Meršićevj ulici u Zagrebu. Pri tome zaposlenici koji dolaze u kontakt s opremom koja sadrži PCB koriste odgovarajuća jednokratna osobna zaštitna sredstva: zaštitno radno odijelo i radne cipele, zaštitne rukavice i po potrebi, zaštitnu masku (Slika 3.).



Slika 3. Zaštitna sredstva koja se koriste pri demontaži kondenzatora sa PCB-om

#### 4.2. Postupanje s uređajima u izvanrednim situacijama

U slučaju „ispada“ iz pogona kondenzatorskih baterija koje sadrže PCB, djelatnici zaduženi za upravljanje i održavanje postrojenjem odmah obavljaju izvid na licu mjesta, utvrđuju moguće posljedice i



otklanaju kvarovi. Važno je napomenuti da nije dopušteno ponovno uključivanje kondenzatora dok se ne obavi izvid i ukloni uzrok ispada iz pogona, kako ne bi došlo do oštećenja ili uništenja kondenzatora i onečišćenja PCB-om. I u slučaju ispada iz pogona susjednih polja u transformatorskoj stanici, nužno je izvršiti izvid i provjeriti da nije slučajno došlo do ugrožavanja pogonske sigurnosti kondenzatora koji sadrže PCB.

U slučaju oštećenja kondenzatora i razlijevanja PCB-a (hladno onečišćenje), razlivena tvari s PCB-om prikupljaju se pomoću adekvatnog adsorbensa (piljevina, suhi pijesak, pepeo, cementni prah, bentonit, tekstil, vuna, papir, posebni prah "RAWFLEX TR 20" i slično), a nakon toga se ostaci PCB-a emulgiraju s vodom i sredstvom za čišćenje (detergent). Nastala emulzija također se odstranjuje pomoću upijajućeg materijala. Predmete koji su kontaminirani PCB-om čiste se upijajućim materijalom, natopljenim s 1,1,1–trikloroetanom (metilkloroformom). Otpatke kontaminirane PCB-om odmah se smještaju u hermetički zatvorenu posudu od metala, stakla ili keramike. Najstrože je zabranjeno prolijevanje i ispuštanje čistog PCB-a i ulja onečišćenih PCB-om u kanalizaciju ili po tlu.

Betonske površine koje su onečišćene PCB-om, nije moguće očistiti, s obzirom da u ovakvim slučajevima dolazi do njegove adsorpcije. Manje zahvaćene betonske površine može se preličiti epoksi smolama, a kod većih je potrebno otklesati sav onečišćeni beton, izravnati otklesana mjesta masom visoke površinske čvrstoće kako bi se onemogućilo disanje betona i u više slojeva preličiti stabilnim i antistatik bojama.

Ukoliko je došlo do većeg onečišćenja prostora PCB-om, sanaciju u pravilu treba prepustiti ovlaštenim i specijaliziranim tvrtkama za ovu vrstu poslova, zbog bolje opremljenosti i razrađenih tehnologija za provođenje ovakve vrste sanacija. Također, u slučaju onečišćenja prostor se mora označiti zabranom ulaska do njegove konačne sanacije.

Kao što je već prethodno navedeno, najopasniji slučaj je situacija u kojoj eventualno nastali požar na postrojenju zahvati i uređaje koji sadrže PCB (tzv. vruće onečišćenje PCB-om). Požar koji je zahvatio kondenzatore koji sadrže PCB mora se gasiti prahom ili ugljičnim dioksidom (CO<sub>2</sub>). Naime, ukoliko bi se požar gasio vodom (uz prethodno osiguranje beznaponskog stanja postrojenja) postojala bi opasnost od širenja onečišćenja i otežane sanacije.

Prigodom provjetravanja prostora onečišćenog PCB-om, kao i prigodom gašenja požara, nužno je voditi računa o smjeru gibanja onečišćenog zraka i produkata izgaranja kako bi se opasnost za ljude i okoliš svela na minimum.

#### 4.3. Postupanje s uređajima pri demontaži i skladištenju

Sva neispravna, odnosno demontirana oprema koja sadrži PCB, predstavlja opasni otpad. Stoga se svi kondenzatori (oštećeni i neoštećeni) moraju, do konačnog zbrinjavanja, na odgovarajući način privremeno skladištiti u posebnom prostoru. Prostor za privremeno skladištenje kondenzatora i PCB otpada je stalno zaključan, osiguran od požara i sunčevih zraka, zatvoren, suh, prozračan i adekvatno označen (Slika 4.). Uz to, mora ispunjavati i sve ostale uvjete za skladišta opasnog otpada propisane Pravilnikom o gospodarenju otpadom.



Slika 4. Primjer označavanja privremenog skladišta demontiranih kondenzatora koji sadrže PCB

Kako bi se udovoljilo navedenim zahtjevima Elektra Zagreb je nabavila poseban ekološki spremnik – kontejner koji ima funkciju privremenog skladišta demontirane opreme s PCB-om (slika 5.). Spremnik je izrađen od metala, čime je osigurana zaštita od požara, a posebna mu je značajka dvostruko dno (tankvana), kojim se u slučaju eventualnog curenja PCB-a sprječava daljnje onečišćenje okolišnog prostora. Spremnik je stalno zaključan kako bi se spriječio namjeran ili slučajan pristup neovlaštenim osobama.



Slika 5. Ekološki spremnik

Oštećeni kondenzatori odlažu se u posebne prijenosne metalne posude s mogućnošću hermetičkog zatvaranja, prikladne za utovar, prijevoz i istovar (Slika 6.). Posude ne smiju biti oštećene niti zahrđale, te moraju biti stalno zatvorene kako bi se onemogućilo stvaranje i širenje para PCB-a u skladišnom prostoru. Kondenzatori se prilikom demontaže odmah odlažu u ove posude i tako transportiraju do mjesta privremenog skladištenja. Pri utovaru i istovaru treba koristiti tehnički ispravni strojevi (dizalica, viličar) da ne dođe do slučajnog oštećenja kondenzatora i izlivanja PCB-a. Prilikom zbrinjavanja kondenzatora, prijenosne metalne posude se odvoze, te se s njima preventivno postupa kao s opremom onečišćenom PCB-om, čak i u slučaju kada nema vidljivih tragova curenja dielektrika.



Slika 6 Hermetički spremnik za oštećene kondenzatore

Lokacija na kojoj se privremeno skladišti PCB treba biti tako odabrana da je moguć što češći nadzor nad skladištem, kako bi se uočilo eventualno curenje PCB-a. Svi djelatnici koji stalno ili povremeno borave na lokaciji moraju biti upućeni o prisutnosti spremišta s PCB-om na lokaciji i poznavati upute o postupanju u slučaju bilo kakvog akcidenta.

Uređaji punjeni PCB-om, kao i otpad koji je njime onečišćen, predaje se isključivo ovlaštenom skupljaču uz prateći list (Slika 7.). Svu dokumentaciju potrebno je čuvati pet godina.





Slika 7. Odvoz kondenzatora s lokacije

Trajno zbrinjavanje uređaja koji sadrže PCB-e i otpada koji je njime onečišćen mora se organizirati putem ovlaštenog skupljača za ove vrste opasnog otpada, a sva prateća dokumentacija čuva se najmanje pet godina.

S obzirom da u RH za sada nema mogućnosti trajnog zbrinjavanja opreme koja sadrži PCB i otpada koji je njime onečišćen isti se mora na zbrinjavanje izvoziti u inozemstvo.

## 5. ZAKLJUČAK

Kemijski spojevi polikloriranih bifenila su teško razgradivi, visoko toksični sa djelovanjem na žive organizme, biosferu i ekosustav. Iz razloga široke i dugotrajne primjene, kao i neadekvatnog postupanja prisutni su u zraku, vodi, tlu i živim organizmima. Njihovo štetno djelovanje bit će prisutno još dugi niz godina iako je zabranjena njihova proizvodnja pa i zabrana uporabe u velikom broju zemalja.

U Elektri Zagreb unazad par godina uspostavljen je monitoring nad uređajima i opremom koja sadrži poliklorirane bifenile, odnosno njihova uporaba, demontaža, skladištenje i zbrinjavanje nalaze se pod posebnim režimom. Takav pristup i zabrana njihove uporabe sa 31.12.2010. godine umanjuje rizike po zdravlje ljudi i okoliš iz elektrodistribucijskih postrojenja.

## LITERATURA

- [1] J. Lažnjak, Odnos sustava tehničkih i socijalnih mjera u ekološkom projektu, Rudarsko-geološko-naftni zbornik (1992) 153-1555.
- [2] 1 M. Picer, 2 N. Picer, 3 V. Čalić, 4 V. Kobasić i 5 Z. Kobba, Posljedice rata kao potencijalna opasnost za ekosustav krškog dijela Hrvatske, Arh Hig Rada Toksikol (2006) 275-288.
- [3] 1 M. Mrdak, 2 D. Megla i 3 L. Dolšak, Akcidenti na elektrodistribucijskim postrojenjima i rizici po okoliš, Konferencija, Zbornik radova, Zadar (2009) 135-142.