

# METODOLOŠKI PRIRUČNIK

Tehnički alati i vodič za primjenu  
**zelene hemije u industriji**



**Odricanje odgovornosti:** Metodološki priručnik Tehnički alati i vodič za primjenu zelene hemije u industriji objavljen je u okviru Projekta „Okolinski prihvatljivo upravljanje postojanim organskim zagađujućim materijama (POPs) u industrijskom i sektoru upravljanja opasnim otpadom“ u Bosni i Hercegovini, koji finansira Švedska, a realizira Razvojni program Ujedinjenih naroda (UNDP) u BiH.

Priručnik su izradili: dr. Branko Dunjić, dr. Bojan Radak, dr. Borislav Malinović, dr. Sanda Midžić-Kurtagić, mr. Melina Džajić-Valjevac, Ena Markotić, MA, Dario Marjanović, dipl. inž., Dajana Dragić, MA, Azra Merzić, BA, Ema Midžić, BA i Majra Delibašić, BA.

Sadržaj ove publikacije ne odražava nužno stavove donatora, partnera niti Razvojnog programa Ujedinjenih naroda (UNDP).

# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>Uvod</b>	<b>4</b>
1.1.	Kako i zašto industrija i javna uprava trebaju implementirati principe zelene hemije	5
1.2.	Upute za korštenje Priručnika	6
<b>2.</b>	<b>Izazovi zagađenosti plastičnim proizvodima</b>	<b>7</b>
2.1.	Opasne hemikalije	7
2.2.	Postojane organske zagađujuće materije (POPs)	8
2.3.	Štokholmska konvencija	9
2.4.	Štokholmska konvencija i regulativa u BiH	11
2.5.	Polibromirani difenil eteri (PBDE)	12
2.6.	Kratkolančani hlorirani parafini (SCCP)	14
2.7.	Kandidatski POP – Dehloran PLUS i njegov sin-izomer i anti-izomer	16
<b>3.</b>	<b>Zelena hemija</b>	<b>17</b>
3.1.	Zelena hemija, održivi razvoj i cirkularna ekonomija	17
3.2.	Principi zelene hemije	19
3.3.	Analiza životnog ciklusa proizvoda	21
3.4.	Hemijski lizing kao poslovni model	23
<b>4.</b>	<b>Kako primjeniti upravljanje hemikalijama i zelenu hemiju u kompanijama sa stanovišta čistije proizvodnje</b>	<b>27</b>
4.1.	Menadžment pristup sirovinskoj efikasnosti	27
4.2.	Detaljna procjena: Efikasno korištenje hemikalija	33
<b>5.</b>	<b>Izazovi i prilike primjene zelene hemije u Bosni i Hercegovini</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>Prilozi i primjeri za praksu</b>	<b>40</b>
6.1.	Za plastičnu industriju: zamjena c-PBDE, SCCP i drugih POPs hemikalija alternativama bez POPs	40
6.2.	Korisni web-alati: IAMC (evaluacija i poređenje hemikalija, zelena hemija u praksi)	45
6.3.	Korisni web-alati: UNIDO-GC Toolkit (alati za shvatanje i primjenu zelene hemije)	46
6.4.	Korisni web-alati	47
6.5.	Zbirka rješenja iz prakse po principima zelene hemije	49
6.6.	Nove mobilne aplikacije: Green Solvents	53
6.7.	Drugi web-linkovi o zelenoj hemiji	54

# 1. Uvod

Ovaj metodološki priručnik predstavlja sažet vodič za upućivanje čitatelju u kontekst zelene hemije i ujenog mjeseca cirkularne ekonomije i održivom razvoju. Vodič sadrži sasvim konkretnе primjere primjene zelene hemije u praksi, bilo kao ilustracija za lakše razumijevanje ili kao potencijalno rješenje za zainteresovane profesionalce.

Mnogo više od toga, ovo je zbirka puteva u dalju razradu i primjenu osnovnih principa na konkretnim slučajevima, jer su date poveznice s brojnim izvorima podataka potrebnim za odlučivanje, kao i regulativom u okviru koje industrijska proizvodnja mora planirati razvoj. Također su date i moguće smjernice za dalji razvoj lokalne regulative, u skladu s globalnom, što će pomoći široj implementaciji zelene hemije.



# 1.1. Kako i zašto industrija i javna uprava trebaju implementirati principe zelene hemije

Najgrublji, ali tačan odgovor na pitanje u podnaslovu bio bi:

***„Industriji trebaju živi i zdravi kupci, a javnoj upravi živi i zdravi građani!“***

Dosadašnji način rada privrede i društva pokazao se kao neodrživ. Zdravlje i život stanovništva je sve više ugrožen. Ljudski organizmi nisu stvoreni za ovoliko opterećenje opasnim i otrovnim supstancama kojima okoliš već obiluje, a priroda se sve više „satjeruje“ u neodrživo ograničen prostor, uz masovno nestajanje s lica Zemlje čitavih životinjskih i biljnih vrsta svake godine.

Nekompatibilnost ljudskog organizma s novostvorenim uslovima rješava se vještački – proizvodnjom medikamenata i tehnologijama liječenja bolesti izazvanih zagađivanjem okoliša, od kanceru, preko autoimunih, upalnih i ostalih oboljenja do alergijskih stanja (najčešće hroničnih). Time se u okoliš uvođe još novije i na duži rok štetnije materije. Istovremeno, sve zajedno generira nove troškove i povećava cijenu tzv. komforнog života, koja se plaća dodatnim fizičkim radnim naporom i stresom, a koji dalje generiraju potrebu za još medikamenata, stvarajući novi ciklus „neodrživosti“.

Ovakav začarani krug može se prekinuti samo sistematski, potpuno različitim pristupom. Takav pristup je **zelena hemija**, koja je neophodan sastavni dio tzv. **održive hemije** i još šire – **cirkularne ekonomije**, odnosno **održivog razvoja**.

Ovaj savremeni pristup već je uveliko dobio na zamahu u razvijenom svijetu, jer se i među stanovništvom široko uspostavila svijest o sasvim neminovnom i prirodnom kraju dosadašnjeg načina privređivanja i razvoja. Ovo je praćeno sve strožijom regulativom i restrikcijama prema proizvodima koji se koriste i izvoze, u pogledu materijala koje sadrže, s posebnim akcentom na dugotrajno štetne supstance.

Sve to naravno utječe i na proizvodne procese, izbor sirovina, ali i tehnologija.

Globalno gledano, sve je više u fokusu podizanje brige i **očuvanje života i zdravlja na radu** te se konstantno uvećavaju zahtjevi za mjerama zaštite. Odgovor zelene hemije na ovakve zahtjeve jeste: **“Mjere zaštite su nepotrebne ako se tehnologija proizvodnje učini bezopasnom, tj. ako se ne koriste opasne i štetne materije, a što se postiže promjenom tehnologije proizvodnje”**.

Pored svega ovoga, višegodišnji privredni razvoj zasnovan je na iscrpljivanju neobnovljivih resursa, kao što su fosilna goriva, rude rijetkih metala, podzemne vodene rezerve itd. Odgovor zelene hemije na ovaj izazov je razvijanje tehnologija i energetike zasnovane na **obnovljivim izvorima i sirovinama**.

S obzirom na to da primjena zelene i održive hemije prije svega podrazumijeva poboljšanje efikasnosti korištenja sirovina i energije, to donosi značajne **uštede** u privrednim aktivnostima. Uštede se dodatno postižu i smanjenjem izdataka za zaštitna sredstva, nakon što se proizvodnja učini manje rizičnom po život i zdravlje radnika.

Za sveobuhvatni odgovor na izazove novog pristupa razvoju i privredi neophodne su **inovacije**, jer su sva dosadašnja rješenja zasnovana na neodrživim principima. Potrebna su nova rješenja. Zato je od nemjerljivog značaja osiguranje inovacijskog prostora za razvoj inovacijskih i istraživačkih resursa, na nivou javnih propisa. Ovo se može ostvariti prije svega pravnim okvirima kojima se regulišu i razvijaju razne vrste podsticaja inovacijskih aktivnosti, kao i fondovima kojima se one podupiru.

Sve ove činjenice moraju biti sastavni dio planova razvoja i društva i privrede, **jer drugu budućnost nemamo**.

## 1.2. Upute za korištenje Priručnika

Iako je Sadržaj ovog Priručnika informativan u pogledu osnovnog shvatanja šta se njemu može naći, u nastavku je nekoliko dodatnih, sažetih opisa.

Poglavlje „Izazovi zagađenosti plastičnim proizvodima“ sadrži sve **neophodne podatke o štetnim materijalima koji se trenutno pojavljuju u plastičnoj i drugim industrijama, s posebnim akcentom na tzv. POPs** (postojane organske zagađujuće) materije te Štokholmsku konvenciju, koja predstavlja međunarodni dogovor o izbacivanju ovakvih hemikalija iz upotrebe. Posebno je vrijedna informacija o jedinjenjima koja su u pripremi za zabranu, jer na njih svakako ne treba računati u planovima razvoja.

Poglavlje „Zelena hemija“ konkretno objašnjava **zelenu hemiju, njenu ulogu i prilike za podršku razvoju cirkularne ekonomije**, i to kroz sažeto tumačenje svih 12 principa zelene hemije, ali i konkretnu primjenu u metodologiji analize životnog vijeka proizvoda, kao i veoma uspješnu primjenu na poslovanje u vidu poslovnog modela hemijskog lizinga.

Odgovori na pitanje **kako primijeniti upravljanje hemikalijama i zelenu hemiju u kompanijama sa stanovišta čistije proizvodnje** dati su upravo u tom poglavlju. Sistematski je izložen put analize i odlučivanja, koji predstavlja praktičnu pomoć u sagledavanju postojeće ili planiranju proizvodnje i njenoj promjeni prema sigurnijim i povoljnijim načinima rada, kako za sigurnost radnika tako i okoliša.

Prednosti i mogućnosti primjene zelene hemije u Bosni i Hercegovini su analizirane u poglavlju “Izazovi i prilike primjene zelene hemije u Bosni i Hercegovini”. Pored preporuka za implementaciju zelene hemije u industrijskom sektoru, naročito je istaknuta potreba za suradnjom industrije sa naučno - istraživačkim centrima u BiH i regiji.

Za dalju razradu, konkretna rješenja i pomoćni materijal za tu svrhu poslužit će poglavlje „Prilozi i primjeri za praksi“, gdje je prije svega objašnjena **zamjena c-PBDE, SCCP i drugih POPs hemikalija sa alternativama bez POPs u kontekstu plastične industrije**, ali i brojne druge reference na web-alate s podacima i uputama za odlučivanje u konkretnim slučajevima ili o konkretnim hemikalijama.



# 2. Izazovi zagadenosti plastičnim proizvodima

## 2.1. Opasne hemikalije

Uredba EU o klasifikaciji, obilježavanju i pakovanju (CLP<sup>1</sup>) br. 1272/2008 zasniva se na Globalno harmonizovanom sistemu Ujedinjenih nacija (GHS) i ima za cilj obezbijediti visok nivo zaštite zdravlja i okoliša, kao i slobodno kretanje supstanci, smjesa i proizvoda. Uredba CLP je od 1. juna 2015. jedini zakon na snazi u EU za klasifikaciju i obilježavanje supstanci i smjesa. Ona je pravno obavezujuća za sve države članice i direktno se primjenjuje na sve industrijske sektore. Propisuje proizvođačima, uvoznicima ili daljim korisnicima supstanci ili smjesa odgovarajući način klasifikacije, obilježavanja i pakovanja opasnih hemikalija prije njihovog stavljanja u promet.<sup>2</sup>

Jedan od glavnih ciljeva Uredbe CLP jest da se utvrdi pokazuje li supstanca ili smjesa svojstva koja zahtijevaju njenu klasifikaciju kao opasne supstance ili smjese. U ovom kontekstu, klasifikacija je polazna tačka za saopćavanje opasnosti. Ako relevantni podaci (npr. toksikološki podaci) o supstanci ili smjesi ispunjavaju kriterije za klasifikaciju utvrđene u Uredbi CLP, onda su opasna svojstva supstance ili smjese naznačene dodjelom posebnih klasa opasnosti i kategorija. Klase opasnosti u Uredbi CLP uključuju fizičke, zdravstvene, ekološke i dodatne opasnosti. Kada su supstanca ili smjesa klasifikovane, identificirana opasna svojstva moraju biti saopćena drugim akterima u lancu snabdijevanja, uključujući potrošače. Supstanca ili smjesa koja ispunjava kriterije za klasifikaciju na osnovu fizičke opasnosti, opasnosti po zdravje ljudi ili opasnosti po okoliš, opasna je i klasificuje se u odgovarajuće klase opasnosti.

Označavanje opasnosti omogućava klasifikaciju opasnosti korištenjem etiketa i sigurnosno-tehničkih listova kako bi se korisnik supstance ili smjese upozorio na prisutnu opasnost i potrebu upravljanja povezanim rizicima. Uredba CLP postavlja precizne kriterije za elemente obilježavanja: piktogrami (grafički simboli upozorenja koji pruža informacije o štetnosti supstance ili smjese), oznake opasnosti i standardne naljepnice upozorenja i oznake upozorenja za prevenciju, rukovanje, skladištenje i odlaganje za svaku klasu i kategoriju opasnosti. Također su postavljeni opći standardi za pakovanje za potrebe sigurne isporuke opasnih supstanci i smjesa. Hemikalije s opasnim svojstvima štetne su i za zdravje ljudi i za okoliš. Nisu sve hemikalije i jednako opasne za zdravje ljudi, jer neke mogu uzrokovati rak, a druge utječu na imuni, respiratorni, endokrini, reproduktivni kao i kardiovaskularni sistem.

<sup>1</sup> CLP – eng. Classification, Labeling and Packaging (klasifikacija, označavanje i pakovanje)

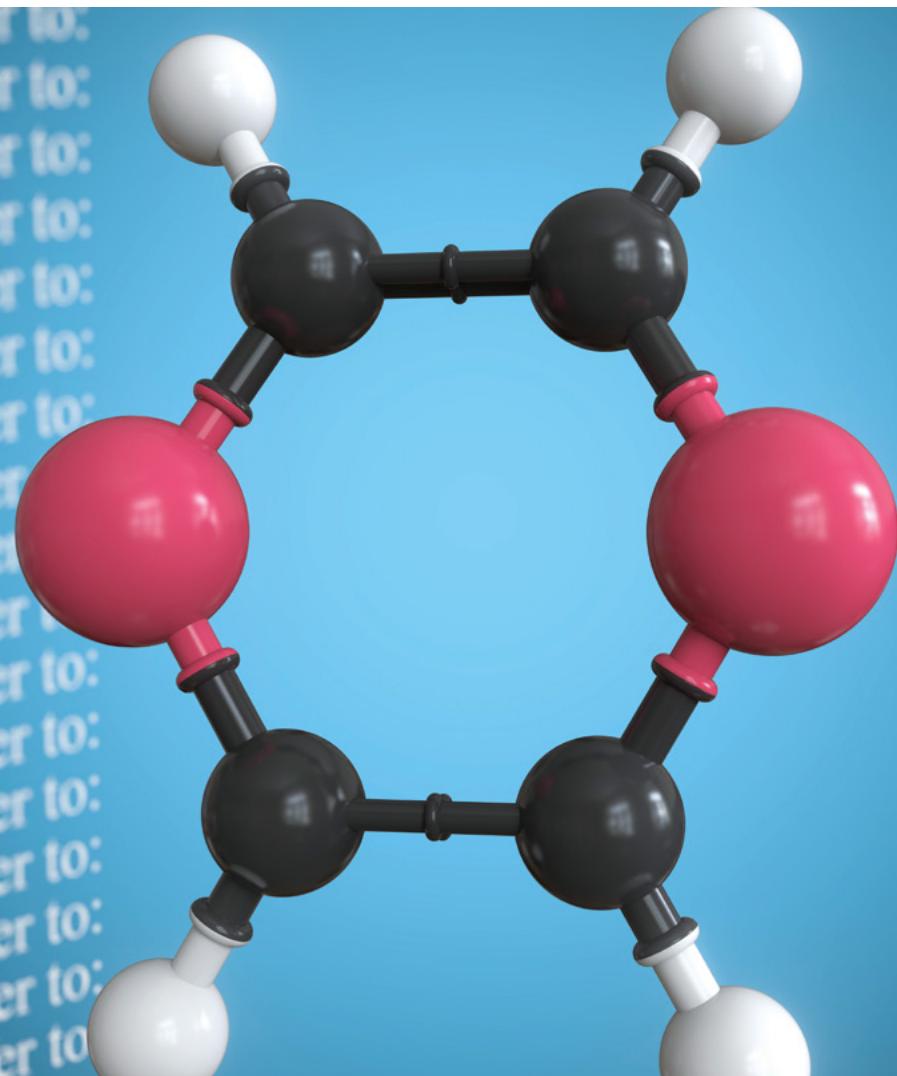
<sup>2</sup> ECHA, <https://echa.europa.eu/regulations/clp/understanding-clp>

## 2.2. Postojane organske zagađujuće materije (POPs)

Dugogodišnjim istraživačkim radom i izradom više hiljada studija utvrđena je posebno opasna grupa hemikalija označena kao postojane organske zagađujuće materije (Persistent Organic Pollutants – POPs). POPs su organske supstance koje trajno ostaju u okolišu, akumuliraju se u živim bićima, posjeduju potencijal za transport na velike razdaljine i predstavljaju rizik za ljudsko zdravlje i okoliš. Prenose se zrakom, vodom ili preko migratornih vrsta, te se tako rasprostranjuju preko međunarodnih granica i dopiru u regije u kojima se nikad nisu proizvodile ili upotrebljavale. Ljudska bića su izložena ovim hemikalijama na razne načine: uglavnom kroz hranu koju jedu, ali i kroz zrak koji dišu, na otvorenom, u zatvorenom i na radnom mjestu. Hemikalije identificirane kao POPs su: pojedini pesticidi (na primjer DDT) i industrijske hemikalije (na primjer, polihlorirani bifenili koji se široko koriste u električnoj opremi); ili nemamerni nusprodukti industrijskih procesa, razgradnje ili spaljivanja (na primjer dioksini i furani).

Mnogi proizvodi koji se koriste u našem svakodnevnom životu mogu sadržavati POPs, koji su dodati radi poboljšanja karakteristika proizvoda, kao što su usporivači gorenja ili površinski aktivni materije. Kao rezultat toga, POPs se mogu naći gotovo svuda na našoj planeti u mjerljivim koncentracijama. S obzirom na to da se nijedna regija ne može sama nositi s rizicima koje predstavljaju te supstance, nužno je upravljanje rizikom na međunarodnom nivou.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Izvor: Zvanična stranica Evropske agencije za hemikalije (ECHA, <https://echa.europa.eu/regulations/clp/understanding-clp>)



## 2.3. Štokholmska konvencija

Štokholmska konvencija o postojanim organskim zagađujućim materijama usvojena je 22. maja 2001. godine, a stupila na snagu 17. maja 2004. godine. Konvencija uspostavlja međunarodnu saradnju u pogledu postojanih organskih zagađujućih materija, koje se mogu grupisati u tri kategorije: pesticidi, industrijske hemikalije i nemamjerno proizvedeni POPs, a koje su navedene u aneksima A, B i C.<sup>4</sup>



Slika 1. Izvor postojanih organskih zagađujućih materija

U okviru Mjera za smanjenje i eliminaciju POPs iz namjerne proizvodnje i korištenja (Član 3), ugovorne strane<sup>5</sup> su se obavezale:

1. zabraniti, odnosno poduzeti pravne i administrativne mјere neophodne da se eliminiše proizvodnja, korištenje, uvoz i izvoz hemikalija navedenih u Aneksu A;
2. ograničiti proizvodnju i korištenje hemikalija navedenih u Aneksu B.

Uvoz hemikalija navedenih u aneksima moguć je jedino za svrhu odlaganja otpada neškodljivog za okoliš ili ako se radi o uvozu za korištenje ili za svrhu koja je dozvoljena za tu konkretnu državu po odredbama navedenih aneksa.

Uvoz i izvoz namjerno proizvedenih POPs supstanci navedenih u Aneksu A i B strogo su zabranjeni Štokholmskom konvencijom. Kada prestane važenje izuzetaka za sve supstance, uvoz i izvoz će biti dozvoljeni samo u svrhu odlaganja pod strogim uslovima, na način siguran po okoliš.

Konvencija također sadrži odredbe kojima se reguliše poduzimanje mјera za smanjenje i eliminaciju oslobađanja hemikalija s ciljem njihove stalne minimalizacije, a gdje je moguće i potpuna eliminacija iz nemamjerne proizvodnje prema Aneksu C (Član 5). Članom 7. Konvencije predviđeno je da će svaka strana Konvencije izraditi i učiniti napor da realizuje plan ispunjenja svojih obaveza po ovoj Konvenciji i da će svoj plan realizacije dostaviti Konferenciji Strana<sup>6</sup>, u roku od dvije godine od datuma kada Konvencija stupa na snagu.

Konvencija je u početku obuhvatala inicijalnih 12 hemikalija identificiranih kao POPs, a koje su predstavljale glavne i sve veće prijetnje po ljudsko zdravlje i okoliš (tabela 1). Naknadnom revizijom i usvajanjem novih amandmana Konvencija je do 2020. godine obuhvatila još 16 novih POPs hemikalija (tabela 2). Sve su hemikalije svrstane u tri aneksa: aneks A (eliminacija), aneks B (restrikcija) i aneks C (nemamjerna proizvodnja).

<sup>4</sup> Izvor: Zvanična internet stranica Sekretarijata Štokholmske konvencije (<http://www.pops.int/>)

<sup>5</sup> Ugovorne strane Konvencije mogu biti države ili regionalna privredna integralna organizacija koja se saglasila da se obaveže ovom Konvencijom i za koju je ova Konvencija punovažna

<sup>6</sup> Tijelo koje je uspostavljeno članom 19 Konvencije i čije je zadatak da stalno razmatra i ocjenjuje provedbu ove Konvencije

**Tabela 1. Lista inicijalnih 12 POPs hemikalija (PE – pesticidi, IH – industrijske hemikalije, NP – nenamjerna proizvodnja)**

<b>Aneks A (eliminacija)</b>		
Aldrin (PE)	Hlordan (PE)	Dieldrin (PE)
Endrin (PE)	Heptahlor (PE)	Heksahlorbenzen (HCB) (PE/IH)
Mireks (PE)	Toksafen (PE)	Polihlorirani bifenili (PCB) (IH)
<b>Aneks B (restrikcija)</b>		
Dihlor-difenil-trihloretan (DDT) (PE)		
<b>Aneks C (nenamjerna proizvodnja)</b>		
Polihlorirani dibenzo-p-dioksimi i dibenzo-furani (PCDD/pcdfs) (NP)	Heksahlorbenzen (HCB) (NP)	Polihlorirani bifenili (PCB) (NP)

**Tabela 2. Lista 16 novih POPs hemikalija (PE – pesticidi, IH – industrijske hemikalije, NP – nenamjerna proizvodnja)**

<b>Aneks A (eliminacija)</b>		
Alfa-Heksahlorocikloheksan ( $\alpha$ -HCH) (PE)	Beta-Heksahlorocikloheksan ( $\beta$ -HCH) (PE)	Hlordekon (PE)
Heksabrombifenil (IH)	Heksabromciklododekan (IH)	Heksabromdifenil etar i heptabromdifenil etar (IH)
Heksahlorbutadien (IH)	Lindan (PE)	Pentahlorbenzen (PE/IH)
Pentahlorfenol i njegove soli i esteri (PE)	Polihlorinirani naftaleni (IH)	Tehnički endosulfan (PE)
Tetrabromdifenil etar i pentabromdifenil etar (IH)	Dekabromodifenil etar (c-DecaBDE) (IH)	Kratkolančani hlorirani parafini (SCCPs) (IH)
<b>Aneks B (restrikcija)</b>		
Perfluorooktansulfonska kiselina (PFOS) i njene soli i perfluorooktansulfonil fluorid (PFOSF) (IH)		
<b>Aneks C (nenamjerna proizvodnja)</b>		
Heksahlorbutadien (NP)	Pentahlorbenzen (NP)	Polihlorinirani naftaleni (NP)

Sedamnaest sastanak Komiteta za reviziju POPs<sup>7</sup> (POPRC-17) održan je u Ženevi od 24. do 28. januara 2022. Na ovom sastanku, Komitet je usvojio procjenu upravljanja rizikom za metoksihlor i preporučio Konferenciji Strana da razmotri uvrštanje hemikalija u Aneksu A Konvencije bez posebnih izuzetaka. Preporuku će razmotriti Konferencija Strana na svom jedanaestom sastanku (COP 11) 2023. godine. Komitet je također usvojio profile rizika za Dehloran Plus (Dechlorane Plus) i UV-328, premještajući hemikalije u sljedeću fazu pregleda koja zahtijeva procjenu upravljanja rizikom, što uključuje analizu mogućih kontrolnih mjera. Komitet se također složio da hlorpirifos (chlorpyrifos), hlorirani parafini s dužinom ugljičnog lanca od C14 i nivoima hloriranja na 45% hlor težinskog udjela ili većim, i dugolančane perfluorokarboksilne kiseline, njihove soli i srodnja jedinjenja ispunjavaju kriterije skrininga u Aneksu D i odlučili su da će se dalje razmatrati odgovarajući prijedlozi i pripremiti nacrt profila rizika u skladu s Aneksom E Konvencije.<sup>8</sup>

**Tabela 3. Lista novih POPs kandidatskih hemikalija (pod revizijom)**

<b>Kandidatske POPs supstance</b>		
perfluoroheksan sulfonska kiselina (PF-HxS), njene soli i srodnja jedinjenja PFHxs	Dehloran Plus	Metoksihlor

<sup>7</sup> Komitet za reviziju postojanih organskih zagađujućih materija (POPRC) pomoćno je tijelo Konvencije osnovano za reviziju hemikalija predloženih za uvrštanje u Aneks A, Aneks B i/ili Aneks C. Član 8. Štokholmske konvencije propisuje proces revizije novih kemikalija, što je dodatno specificirano u ankesima D, E i F. Rezultate izvršenih analiza Komitet dostavlja Konferenciji Strana na usvajanje

<sup>8</sup> Izvor: Izvještaj sedamnaestog sastanka Komiteta za reviziju POPs, <http://chm.pops.int/Default.aspx?tabid=4163&meetId=CA1121EE-0393-EC11-94FB-005056A3BB43&lang=en>

## 2.4. Štokholmska konvencija i regulativa u BiH

BiH je ratifikovala Štokholmsku konvenciju 2010. godine čime se obavezala na ispunjavanje zahtjeva Konvencije koji su, između ostalog:

- eliminacija opasnih POPs hemikalija iz upotrebe uz prelaz na korištenje neopasnih hemikalija;
- čišćenje, odstranjivanje i uništavanje starih zaliha i opreme koja sadrži POPs;
- preduzimanje odgovarajućih aktivnosti poput smanjenja emisija vezanih za ostale POPs supstance navedene u Konvenciji;
- obaveza izvještavanja o POPs prema Konvenciji.

U skladu s Članom 7. Štokholmske konvencije, svaka država potpisnica dužna je u roku od dvije godine od datuma stupanja Konvencije na snagu izraditi plan sprovođenja obaveza preuzetih njenim potpisivanjem, tj. Nacionalni plan implementacije (NIP). Nacionalni plan implementacije Štokholmske konvencije u BiH izrađen je u skladu sa „Smjernicama za izradu nacionalnog implementacijskog plana Štokholmske konvencije o POPs“ i završen je 2015. godine, a obuhvatio je 22 hemikalije. Nacionalni implementacijski plan je usvojen od strane Vijeća ministara BiH na 47. sjednici 10. 3. 2016. godine i predstavlja osnovni dokument za sve dalje aktivnosti na implementaciji Štokholmske konvencije u Bosni i Hercegovini, kako na institucionalnom, tako i na zakonskom i ekonomskom planu.

Bosna i Hercegovina je dostavila Prvi izvještaj o implementaciji Štokholmske konvencije u maju 2017. godine, Sekretarijatu Štokholmske konvencije. Drugi je dostavljen 2019. godine.

U Republici Srpskoj je na snazi Zakon o hemikalijama („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 21/18) s više od 20 pratećih podzakonskih akata. Na osnovu Zakona o hemikalijama, donesen je Pravilnik o ograničenjima i zabranama hemikalija („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 79/19) koji u dijelu 1 utvrđuje Listu zabranjenih POPs supstanci iz Štokholmske konvencije, u dijelu 2 Listu ostalih zabranjenih POPs supstanci i u Prilogu 1 Listu ograničenja i zabrana.

U Federaciji BiH također je na snazi Zakon o hemikalijama („Sl. novine FBiH“, broj 77/20) dok su prateći podzakonski akti u postupku izrade, a u Brčko distriktu BiH zakon o hemikalijama je još uvijek u fazi pripreme.

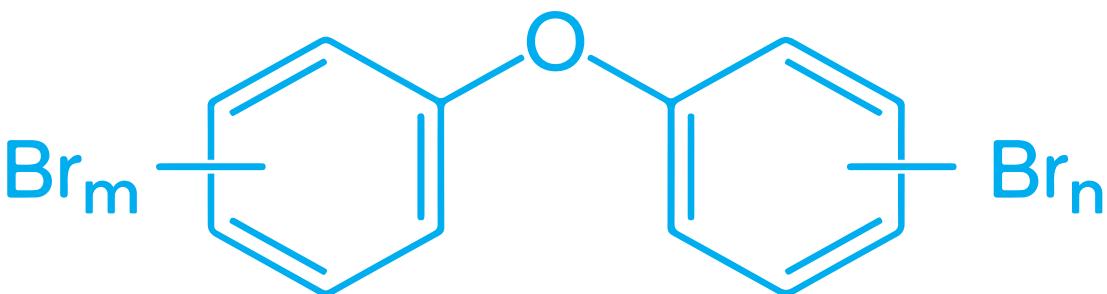


## 2.5. Polibromirani difenil eteri (PBDE)

Komercijalni polibromirani difenil eteri imaju više homologa: Tetra-, Penta-, Heksa-, Hepta-, Okta-, Nona- i Deka- [CAS br. 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3, 32536-52-0, 63936-56-1, 1163-19-5]. Teoretski postoji 209 PBDE homologa. Pojavljuju se kao smjese različitih homologa, svaki s jedinstvenom molekularnom struktururom.

Najčešće komercijalno korišteni su pentaBDE, oktaBDE i dekaBDE. PBDE se najčešće koriste kao inhibitori gorenja (FR – flame retardants). Na visokim temperaturama oslobađaju se bromirani radikali koji smanjuju brzinu sagorijevanja i širenje požara. Procijenjena ukupna globalna proizvodnja dekaBDE bila je preko 1 milion tona u periodu od 1970. do 2005. godine, što je otprilike deset puta više od tetra-, penta-, heksa- i heptaBDE-a.

Kao i drugi bromirani inhibitori gorenja, PBDE su korišteni u širokom spektru proizvoda, uključujući građevinske materijale, elektroniku, namještaj, motorna vozila, avione, plastiku, poliuretansku pjenu i tekstil.



Slika 2. Osnovna struktura PBDEs, gdje je  $m + n = 4-10$

PBDE su stabilna (perzistentna) slabo isparljiva organska jedinjenja, imaju nisku rastvorljivost u vodi (lipofilni), nizak napon pare, visoki afinitet vezivanja za čestice i tendenciju da se akumuliraju u sedimentima.

Veoma su opasni po zdravlje jer se pokazalo da smanjuju plodnost kod ljudi čak na nivoima koji se nalaze u domaćinstvima (u obliku prašine).<sup>9</sup> Zbog njihove toksičnosti i postojanosti (>1100 studija), industrijska proizvodnja PBDE-a je ograničena Štokholmskom konvencijom. Po Konvenciji spadaju u kategoriju industrijskih hemikalija i u Aneks A.

POPs (PBDE homolog)	Piktogram
Komercijalni c-pentaBDE (tetraBDE i pentaBDE)	
Komercijalni c-oktaBDE (heksaBDE i heptaBDE)	
Komercijalna smjesa c-dekaBDE (dekaBDE)	

<sup>9</sup> Harley, K.; Marks, A.; Chevrier, J.; Bradman, A.; Sjödin, A.; Eskenazi, B. (2010). PBDE Concentrations in Women's Serum and Fecundability. Environmental Health Perspectives. 118 (5): 699–704. doi:10.1289/ehp.0901450

Uprkos zabrani, velike količine zaliha i artikala koji sadrže PBDE i dalje će se koristiti u proizvodima za široku potrošnju (u spomenutim sektorima) prije nego što uđu u globalni tok reciklaže, budući da se radi o trajnim potrošačkim i industrijskim proizvodima čiji je vijek trajanja relativno dug (do nekoliko decenija).

Upotreba dekaBDE u avionima dozvoljena je do 2. marta 2027. godine.

#### Tabela 4. Ranja upotreba komercijalne smjese penta-BDE i okta-BDE

Izvor: Vodič za inventar PBDE spojeva navedenih u Štokholmskoj konvenciji postojenih organskih zagađujućih materija, Sekretarijat Bazelske, Roterdamske i Štokholmske konvencije, 2021. god.

<b>Ranja upotreba komercijalne smjese penta-PBDE, primjena i artikli</b>		
<b>Materijal</b>	<b>Primjena</b>	<b>Artikal / Proizvod</b>
Poliuretan (PUR)	Materijali za punjenje, pakovanje, postavljanje, izgradnju	Namještaj, transport, izolacijske pjene, pakovanja, materijali za punjenje, rigidne PUR pjene za građevinu
Tekstil	Premazi	Premazi i impregniranje tepiha, automobilskih sjedišta, namještaja u domaćinstvima i javnim službama, avionima, podzemnoj željeznici
Epoksi smole	Štampane ploče, zaštitni premazi	Računari, elektronski dijelovi
Guma	Transport	Pokretnе trake, cijevi za izolaciju
Polivinilhlorid (PVC)	Kablovci	Žice, kablovci, patosnice
Nezasićeni poliestri (UPE)	Štampane ploče, premazi	Električna oprema, premazi za obradu grinja, primjena u vojne svrhe, ploče
Boje / lakovi	Premazi	Pomorski i industrijski lakovi za zaštitu kontejnera
Hidraulična ulja	Ulja za bušenje, hidraulične tečnosti	Rudnici uglja i iskopavanja blizu obale
<b>Ranja upotreba komercijalne smjese okta-BDE, primjena i proizvodi</b>		
<b>Materijal</b>	<b>Primjena</b>	<b>Artikal / Proizvod</b>
Akrilnitril-butadien-stiren (ABS)	Omotač za polimere / dijelovi električne i elektronske opreme	Kućišta za računare i TV (CRTs); kancelarijska oprema; (druga elektronska oprema)
Polistiren (HIPS)	Omotač za polimere / dijelovi električne i elektronske opreme Slojevi otporni na hladnoću	Kućišta za računare i TV (CRTs); kancelarijska oprema Frižideri
Politeilem-tereftalat (PBT)	Omotač za polimere Transportni sektor Domaćinstvo	Elektronski uređaji Konektori u prevoznim sredstvima Pegle
Poliamidni polimeri	Tekstil Građevina	Namještaj Cijevi i plastične folije

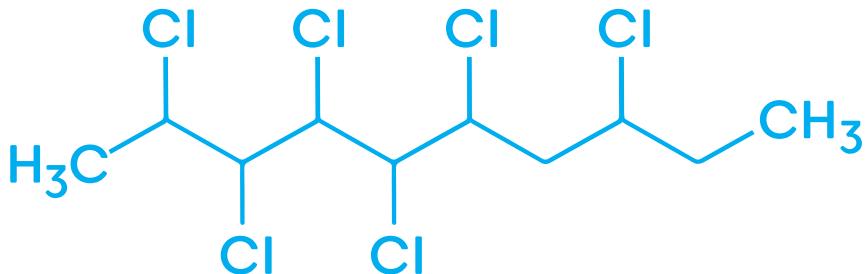


Slika 3. Proizvodi koji mogu sadržavati PBDE

## 2.6. Kratkolančani hlorirani parafini (SCCP)

Hlorirani parafini (CP- eng. Chlorinated Paraffins) su organske supstance koje sadrže polihlorirane n-alkane, dok kratkolančani hlorirani parafini (SCCPs – eng. Short-chain Chlorinated Paraffins)) imaju dužinu ugljičnog lanca od 10 do 13 C atoma koji nastaju hloriranjem parafinskih frakcija ravnog lanca sa sadržajem hlora obično između 40% i 70% težinskog udjela (CAS br. 85535-84-8). Hlorirana parafinska ulja su viskozna bezbojna ili žućkasta ulja s niskim naponom pare.

SCCP su se prvenstveno koristili u aplikacijama za obradu metala (rashladne tečnosti za obradu metala) i u preradi polivinilhlorida (PVC).



Slika 4. Struktura 2,3,4,5,6,8-heksahlorodekan, primjer kratkolančanog hloriranog parafina (61% težinski udio Cl)

Hidrolitički su stabilni i dovoljno su postojani u zraku za prenos na velike udaljenosti. Zaključeno je da su upravo zbog tog prenosa vjerovatno doveli do značajnih štetnih efekata na okoliš i zdravlje ljudi. Do ispuštanja SCCP-a u okoliš može doći u svim fazama životnog ciklusa: za vrijeme proizvodnje, skladištenja, prevoza, upotrebe i zbrinjavanja SCCP-a i proizvoda koji ih sadržavaju.

POPs	Piktogram
SCCP	

Industrijska primjena SCCP uglavnom obuhvata sljedeće oblasti:

- Maziva i rashladne tečnosti u tečnostima za obradu metala. Općenito govoreći, maziva koja su hlorirani parafini ili sadrže hlorirane parafinske aditive dizajnirana su da podmazuju dijelove koji doživljavaju ekstremne pritiske i koriste se za duboko izvlačenje, savijanje cijevi i hladno savijanje,
- Površinska zaštita metala,
- U preradi polivinilhlorida (PVC),
- Guma i plastika osim polivinilhlorida (kao inhibitori gorenja),
- Zaptivači i lijepkovi (kao plastifikatori),
- Primjene boja i premaza (kao plastifikatori). Tipične primjene uključuju boje za obilježavanje puteva, antikorozivne premaze za metalne površine, premaze za bazene, dekorativne boje za unutrašnje i spoljašnje površine i prajmere za polisulfidne zaptivače za dilatacije,
- Primjena u tekstuilu (kao inhibitori gorenja). Glavna im je namjena da osiguraju završnu obradu teškog tekstila, kao što su vojni šatori (otporni na vatru i truljenje),
- Industrija kože.

SCCP su prvi put uključeni u zakonodavstvo EU Uredbom o POPs br. 519/2012, koja je zabranila stavljanje na

tržište i upotrebu proizvoda koji sadrže SCCP > 1% od 11. januara 2013.

Uredbom EU 2015/2030 iz 2015. god. proizvodnja, stavljanje na tržište i upotreba supstanci ili smjesa koje sadržavaju SCCP-e u koncentracijama manjim od 1% masenog udjela ili proizvoda koji sadržavaju SCCP-e u koncentracijama manjim od 0,15% masenog udjela još su dopušteni (količina SCCP-a koja može biti prisutna kao nečistoća u proizvodu proizvedenom s MCCP-om). Dopušta se i upotreba:

- Transportnih traka u rudarskoj industriji i sredstava za brtvljenje brana koji sadržavaju SCCP-e koji su već bili u upotrebi prije ili na dan 4. decembra 2015;
- Proizvoda koji sadržavaju SCCP-e osim onih navedenih u tački (1) koji su već bili u upotrebi prije ili na dan 10. juna 2012.

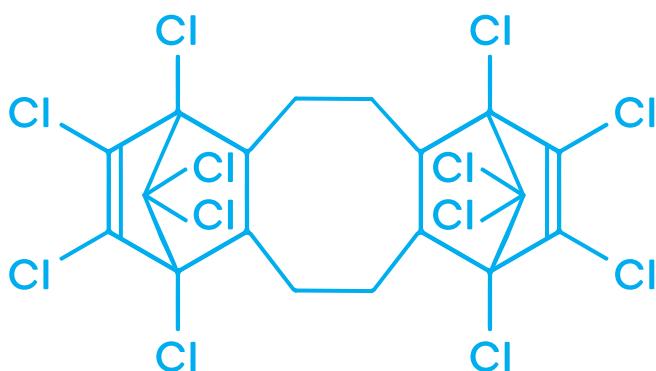
Na osmom sastanku Konferencije strana Štokholmske konvencije (Ženeva, 24. april – 5. maj 2017. god.) donesena je Odluka SC-8/11 u kojoj su identificirani sljedeći posebni izuzeci za upotrebu kratkolančanih hloriranih parafina, a koji se primjenjuje na sve Ugovorne strane:

- Aditivi u proizvodnji prenosnih kaiševa u industriji prirodnog i sintetičkog kaučuka;
- Rezervni dijelovi gumenih transportnih traka u rudarskoj i šumarskoj industriji;
- Industrija kože, posebno masnoća u koži;
- Aditivi za maziva, posebno za motore automobila, električne generatore i vjetroelektrane, te za bušenje u istraživanju nafte i gasa, rafinerije nafte za proizvodnju dizel ulja;
- Cijevi za sijalice za spoljašnju dekoraciju;
- Hidroizolacijske i vatrootporne boje;
- Lijepkovi;
- Obrada metala;
- Sekundarni plastifikatori u fleksibilnom polivinilhloridu, osim u igračkama i dječijim proizvodima.



## 2.7. Kandidatski POP – Dehloran plus i njegov sin-izomer i anti-izomer

Dehloran plus (skraćeno DDC-CO) jestе organsko jedinjenje koje sadrži 18 atoma ugljika i 12 atoma hlora. Naziv po IUPAC mu je 1,2,3,4,7,8,9,10,13,13,14,14 -dodekahloro-1,4,4a,5,6,6a,7,10,10a,11,12,12a-dodekahidro-1,4,7,10-dimetanodibenzo[a,e]ciklookten (CAS br. 13560-89-9; 135821-03-3; 135821-74-8). Dehloran plus je polihlorirani usporivač gorenja, koji se dobija Dils-Alderovom reakcijom dva ekvivalenta heksahlorociklopentadiena s jednim ekvivalentom ciklooctadiena. Sinizomeri i antiizomeri formiraju se u aproksimativnom odnosu 1 : 3.



Slika 5. Dehloran plus

Kao usporivač plamena, Dehloran plus se koristi u mnogim polimernim sistemima. Primjeri termoplasta koji mogu sadržavati Dehloran plus uključuju najlon, poliester, akrilonitril butadien stiren (ABS), prirodnu gumu, polibutilen tereftalat (PBT), polipropilen i blok kopolimer stiren butadienku gumu (SBR). Dehloran plus može se koristiti u termoreaktivnim materijalima kao što su epoksidne i poliesterske smole, poliuretanska pjena, polietilen, etilen propilen dien monomer guma, poliuretanska guma, silicijska guma i neopren. Njegova primjena može se naći u motornim vozilima, avionima, električnoj i elektronskoj opremi.

Dehloran plus je supstanca koja izaziva veliku zabrinutost zbog svojih veoma postojanih i veoma bioakumulativnih svojstava. Supstanca je otkrivena u širem području okoliša i neke studije ukazuju na povećanje koncentracije. Dehloran plus je također otkriven u ljudskoj krvi, placenti i majčinom mlijeku.

Dehloran plus se još uvijek koristi kao alternativa zabranjenim polibromiranim difenil eterima (PBDE) iako je od strane Evropske agencije za hemikalije (ECHA) označen pod procjenom kao POPs i postojana, bioakumulativna i toksična supstanca.

POPs	Piktogram
Dehloran Plus	

Identificiran je kao supstanca od velike zabrinutosti (SVHC – eng. Substance of Very High Concern) i 2018. godine uvršten na kandidatsku listu Evropske agencije za hemikalije (ECHA) zbog svojih veoma perzistentnih i veoma bioakumulativnih (vPvB) svojstava. Riječ je o kandidatskoj listi hemikalija za koje će proizvođači, uvoznici i daljni korisnici trebati ishoditi posebne dozvole (provesti autorizaciju), kojom se analizira raspoloživost alternativa, njihovi rizici, te osigurava tehnička i ekonomski izvodivost zamjene. Ovakva lista je dostupna na stranici ECHA i ažurira se periodično.

Zbog svojih vPvB svojstava, Dehloran plus može izazvati ozbiljne i nepovratne štetne efekte na okoliš i zdravlje ljudi. Na osnovu dostupnih informacija, Norveška je podnijela prijedlog za ograničavanje proizvodnje, upotrebe i stavljanja na tržište prema REACH Anekstu XVII.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Izvor: ECHA, <https://echa.europa.eu/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e184a168c4>

# 3. Zelena hemija

## 3.1. Zelena hemija, održivi razvoj i cirkularna ekonomija

Izvorno, krajem 1990-ih godina, zelenu hemiju kao pojam definirali su Paul Anastas i John Warner:

„Zelena hemija je dizajn / projektovanje hemijskih proizvoda i procesa za smanjenje ili eliminaciju proizvodnje i upotrebe opasnih materija.“ (Knjiga: Green Chemistry: Theory & Practice, 1998, 2000)

To je bio prvi artikulisan stručni odgovor na tada već akumulirana saznanja o prijetećoj zagađenosti okoliša i ugrožavanju života i zdravlja. Daljom razradom osnovne ideje došlo se do sveobuhvatnijeg skupa parametara kojima treba sagledavati dalji razvoj ljudskog opstanka zasnovanog na industrijskoj

proizvodnji.

Uveliko je shvaćeno da dosadašnja ekonomija linearog tipa **ekstrakcija resursa – proizvodnja – upotreba – otpad** ima svoj jasan kraj: iscrpljeni resursi i okoliš zatrpan otpadom. Drugim riječima, takav način rada nije održiv. Za sve komponente tog procesa ubrzano se traže alternativna rješenja koja ili ne troše neobnovljive / iscrpljive resurse ili ne stvaraju vječni otpad.

Današnja konvencionalna plastika, recimo, vječni je otpad (čak i samorazgradiva, jer se pretvara u štetnu mikroplastiku). Zbog ovoga je Evropska unija



nizom zakona već zabranila upotrebu raznih oblika jednokratne plastike.

Širom svijeta se zakonskim regulativama postepeno ograničavaju dosadašnja linearna rješenja u ekonomiji i propisuje sve veći stepen cirkularnosti. Principi na kojima se zasniva taj novi pristup skupno se nazivaju **kružnom / cirkularnom ekonomijom**. Ovo se uklapa u dalji razvoj ljudskog društva koji se naziva **održivim razvojem**. Taj je pojam Svjetska komisija UN za okoliš i razvoj definirala ovako:

**Održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovoljavaju sopstvene potrebe.**

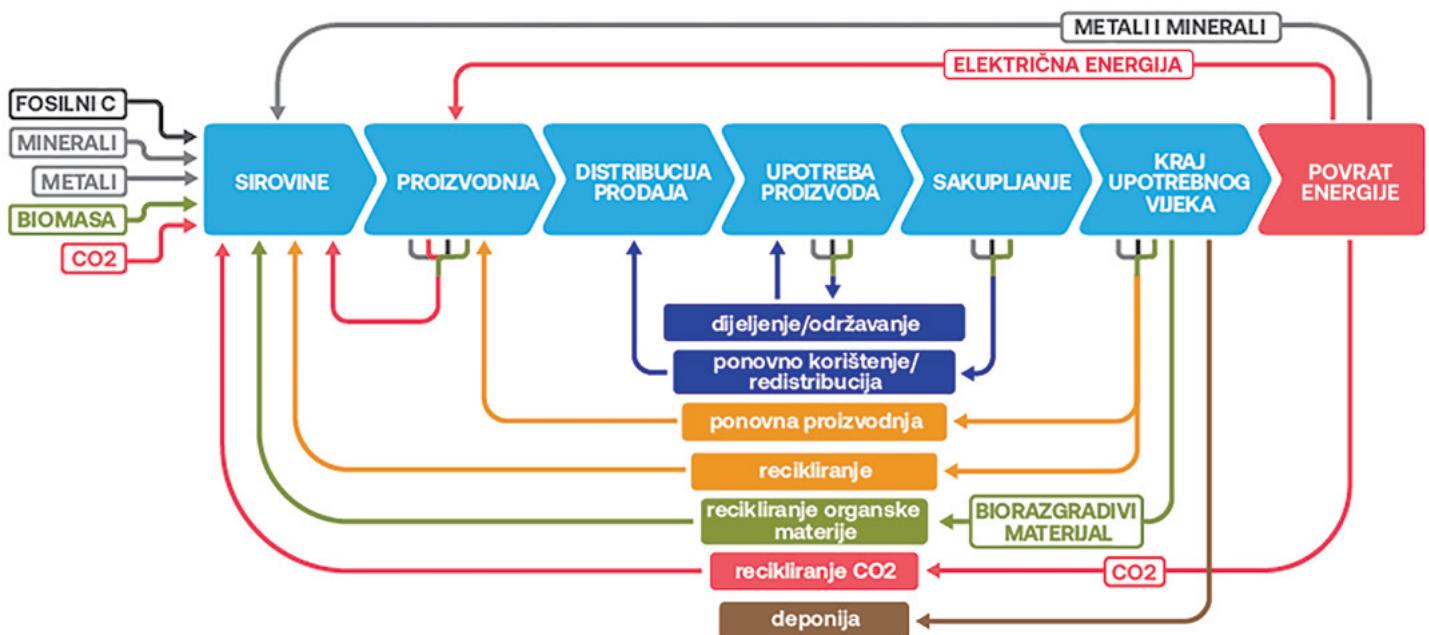
**Postoji 17 Ciljeva održivog razvoja**, također poznati kao globalni ciljevi, koji predstavljaju univerzalni poziv na djelovanje radi iskorjenjivanja siromaštva, zaštite okoliša i osiguranja mira i prosperiteta za sve:

1. Svet bez siromaštva
2. Svet bez gladi
3. Dobro zdravlje

4. Kvalitetno obrazovanje
5. Rodna ravnopravnost
6. Čista voda i sanitarni uslovi
7. Dostupna i obnovljiva energija
8. Dostojanstven rad i ekonomski rast
9. Industrija, inovacije i infrastruktura
10. Smanjenje nejednakosti
11. Održivi gradovi i zajednice
12. Odgovorna potrošnja i proizvodnja
13. Akcija za klimu
14. Život pod vodom
15. Život na zemlji
16. Mir, pravda i snažne institucije
17. Partnerstvom do ciljeva.

Cirkularnom ekonomijom postiže se smanjenje iscrpljivanja prirodnih resursa, bolje iskorištenje resursa i uložene energije i smanjenje količine vječnog otpada. Sve ovo su ujedno i principi zelene hemije.

## DETALJNI KONCEPT CIRKULARNE EKONOMIJE



Slika 6. Koncept cirkularne ekonomije

## 3.2. Principi zelene hemije

Iako je osnovni, izvorni princip zelene hemije eliminacija opasnih materija iz proizvodnje, uključujući i sirovine i krajnji proizvod, razvojem osnovne ideje artikuliran je čitav skup parametara i principa koji pomažu ili su njen sastavni dio. To je 12 principa zelene hemije:

1. Sprečavanje otpada
2. Ekonomija atoma
3. Manje opasna hemijska sinteza
4. Projektovanje sigurnijih hemikalija
5. Sigurniji rastvarači i pomoćne supstance
6. Projektovanje za energetsku efikasnost
7. Korištenje obnovljivih sirovina
8. Smanjenje derivatizacije
9. Kataliza
10. Projektovanje za razgradnju
11. Analiza u realnom vremenu
12. Suštinski sigurnija hemija radi sprečavanja nesreća

### 1. Sprečavanje otpada

Gdje god je moguće, ovaj princip treba ispuniti tako da pokriva sve faze: dobijanje sirovina, proizvodnja, distribucija, upotreba i krajnjekaproizvoda. Maksimalno je ispunjen ako se tehnološki proces od početka do kraja projektuje tako da minimalizuje količinu otpada.

### 2. Ekonomija atoma (Atom Economy - AE)

To je koncept maksimalnog povećanja efikasnosti hemijskog procesa tako da finalni proizvod sadrži maksimalan broj atoma koji su pripadali početnim materijalima (reaktantima). Idealni bi proces uključivao sve atome početnih materijala. AE se mjeri kao odnos molekulske težine želenog proizvoda u odnosu na molekulske težine svih reaktanata koji se koriste u reakciji.

### 3. Manje opasna hemijska sinteza

Metode hemijske sinteze trebaju biti projektovane / dizajnirane tako da koriste i stvaraju supstance koje imaju malo ili nimalo toksičnosti po ljudsko zdravlje i okoliš.

### 4. Projektovanje sigurnijih hemikalija

Hemijske proizvode treba projektovati tako da očuvaju efikasnost funkcije uz istovremeno smanjenje toksičnosti.

### 5. Sigurniji rastvarači i pomoćne supstance

Korišteni rastvarači trebaju biti što sigurniji za upotrebu i odlaganje: manje toksični, korozivni, isparljivi ili

zapaljivi. S ovog aspekta, najbolji postupak je onaj koji ne koristi rastvarače.

### 6. Projektovanje za energetsku efikasnost

Zasvaki proces energetski zahtjevi trebaju biti razmotreni po ekološkim i ekonomskim utjecajima i treba ih umanjiti. Ako je moguće, sinteze treba projektovati tako da se sprovode na ambijentalnoj temperaturi i pritisku.

### 7. Korištenje obnovljivih sirovina

Sirovine trebaju biti obnovljive, tj. iz obnovljivih resursa kad god je to tehnički i ekonomski praktično, umjesto da iscrpljuju resurse.

### 8. Smanjenje derivatizacije

Nepotrebnu derivatizaciju treba izbjegavati kad god je moguće (blokirajuće grupe, zaštita / otpuštanje, privremena modifikacija fizičkih / hemijskih procesa). Dobijanje nusproizvoda i intermedijera nije poželjno.

### 9. Kataliza

Katalitički reagensi (što je više moguće selektivni) superiorniji su od stehiometrijskih reagensa.

### 10. Projektovanje za razgradnju

Hemijski proizvodi trebaju biti projektovani / dizajnirani tako da na kraju upotrebe ne budu postojani u okruženju, nego da se razgrađuju na bezopasne materije.

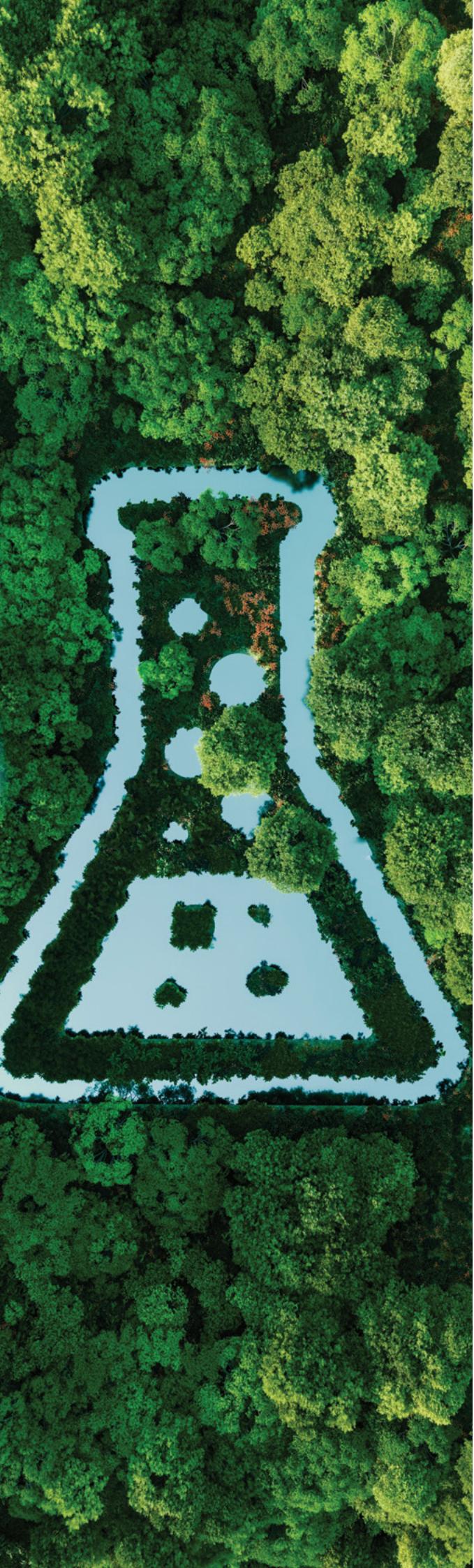
### 11. Analiza u realnom vremenu

Potrebno je stalno razvijati analitičke metode za praćenje i kontrolu procesa u realnom vremenu, prije formiranja opasnih ili štetnih supstanci, kao i radi sprečavanja otpada i uštede energije.

### 12. Suštinski sigurnija hemija radi sprečavanja nesreća

Supstanca i oblik supstance koja se koristi u hemijskom procesu treba se izabrati tako da se umanji potencijal za hemijske nesreće, uključujući curenja, eksplozije i požare. Uvijek je bolje koristiti materijale u čvrstom obliku ili s niskim naponom pare (manje isparljive). Protočni reaktori male zapremine sigurniji su od onih koji funkcionišu s velikim zapreminama materijala.

U praksi, proces proizvodnje ili njegove faze skoro nikada ne mogu zadovoljiti svih 12 principa, bar ne u potpunosti. Nekada je to jedan princip, tri ili četiri, ali je bitno imati ih kao ciljeve kojima se teži.



Za konkretnе inženjerske aktivnosti i primјenu principa zelene hemije, izvedeno je 12 principa zelene tehnologije:<sup>11</sup>

**1. Suštinski umjesto slučajno**

Projektanti trebaju osigurati da sav materijal i energija koji će se upotrijebiti i dobiti (u procesu) suštinski nisu opasni, ako je moguće.

**2. Prevencija umjesto prerada**

Bolje je spriječiti nastajanje otpada, nego ga naknadno uklanjati ili prerađivati.

**3. Projektovanje odvajanja**

Operacije separacije i prečišćavanja trebale bi biti projektovane uz minimalnu potrošnju energije u upotrebi materijala.

**4. Maksimaliziranje efikasnosti**

Proizvodi, procesi i sistemi trebali bi biti projektovani s najvećom efikasnošću u odnosu na masu, energiju, prostor i vrijeme.

**5. Izlazni umjesto ulaznih pokazatelja**

Proizvodi, procesi i sistemi trebali bi u odnosu na upotrijebljenu energiju i materijal biti usmjereni na „izlazne“, a ne „ulazne“ pokazatelje.

**6. Očuvanje složenosti**

Postojeća količina entropije i složenosti mora biti posmatrana kao investicija pri odlučivanju o reciklaži, ponovnom korištenju ili korisnom odlaganju.

**7. Trajnost umjesto dugovječnosti**

Treba ciljati na trajnost, a ne na dugovječnost.

**8. Odgovoriti na potrebu, minimalizirati višak**

Treba projektovati procese s kapacitetom i mogućnostima prema potrebi, bez nepotrebnih viškova. Procesi koji se projektuju na opći način, isti za sve, predstavljaju promašaj.

**9. Minimalizirati diverzitet materijala**

Treba minimalizirati prisustvo različitih materijala u multikomponentnim proizvodima, kako bi se olakšala razgradnja i očuvanje vrijednosti.

**10. Integrисanje tokova materijala i energije**

Projektovanje proizvoda, procesa i sistema treba uključivati cjelovitost i međusobno povezivanje s dostupnom energijom i tokovima materijala.

**11. Projektovanje za komercijalni život**

Proizvodi, procesi i sistemi trebaju biti projektovani sa što komercijalnijim svojstvima.

**12. Obnovljivo umjesto potrošno**

Ulavne sirovine i energija trebale bi biti obnovljive, umjesto potrošne (koje iscrpljuju resurse).

<sup>11</sup> Anastas, P.T., and Zimmerman, J.B., „Design through the Twelve Principles of Green Engineering“, Env. Sci. Tech. 2003, 37(5), 94A-101A

## 3.3 Analiza životnog ciklusa proizvoda

Analiza životnog ciklusa proizvoda (engl. Life Cycle Analysis – LCA) zapravo je sveobuhvatna procjena utjecaja nekog proizvoda, i to od ekstrakcija resursa za njegovu proizvodnju do njegove upotrebe i kraja životnog vijeka. To znači da su u analizu uključene sve faze: pribavljanje sirovina, obrada materijala, proizvodnja, distribucija, korištenje, popravka i održavanje, i odlaganje ili reciklaža (vraćanje u neku od ovih faza).



### Metodologija

Metodologija ove analize zasniva se na ISO 14040 standardima:

1. Definicija cilja i opsega (ISO 14040)
2. Analiza životnog ciklusa (ISO 14041) – Inventar životnog ciklusa (energija, sirovine, emisije, otpad)
3. Procjena utjecaja na okoliš (ISO 14042) – na osnovu inventara životnog ciklusa
4. Poboljšanje životnog ciklusa (ISO 14043) – identifikacija mogućnosti za smanjenje utjecaja na okoliš modifikacijom životnog ciklusa.

**Cilj** treba sadržavati: namjenu upotrebe rezultata, razloge analize, publiku kojoj je namijenjena i stepen javnosti.

**Opseg** osigurava parametre slučaja, detaljno opisuje metodološke izvore i daje format izvještaja. Sadržisistem proizvoda, funkcije sistema, funkcionalnu jedinicu, granicu sistema, procedure, kategorije utjecaja, način procjene i tip tumačenja.

### Primjer

Cilj: Je li električni automobil zeleniji od vozila sa SUS-motorom (motor s unutrašnjim sagorijevanjem)?

Opseg: Analiza štete po okoliš i humane toksičnosti.

Parametri pomoću kojih će se izraditi zaključci:

- Globalno zagrijavanje (GWP)
- Zakiseljavanje zemljišta (TAP)
- Formiranje malih čestica (PMFP)
- Fotohemijska oksidacija (POFP)
- Toksičnost za ljude (HTP)
- Eko-toksičnost za slatku vodu (FETP)
- Eko-toksičnost za zemljište (TETP)

- Eutrofikacija slatke vode (FEP)
- Iscrpljivanje mineralnih resursa (MDP)
- Iscrpljivanje fosilnih resursa (FDP)

Nakon ovoga slijedi tumačenje i konačno preporuka za poboljšanje životnog ciklusa u kritičnim elementima.

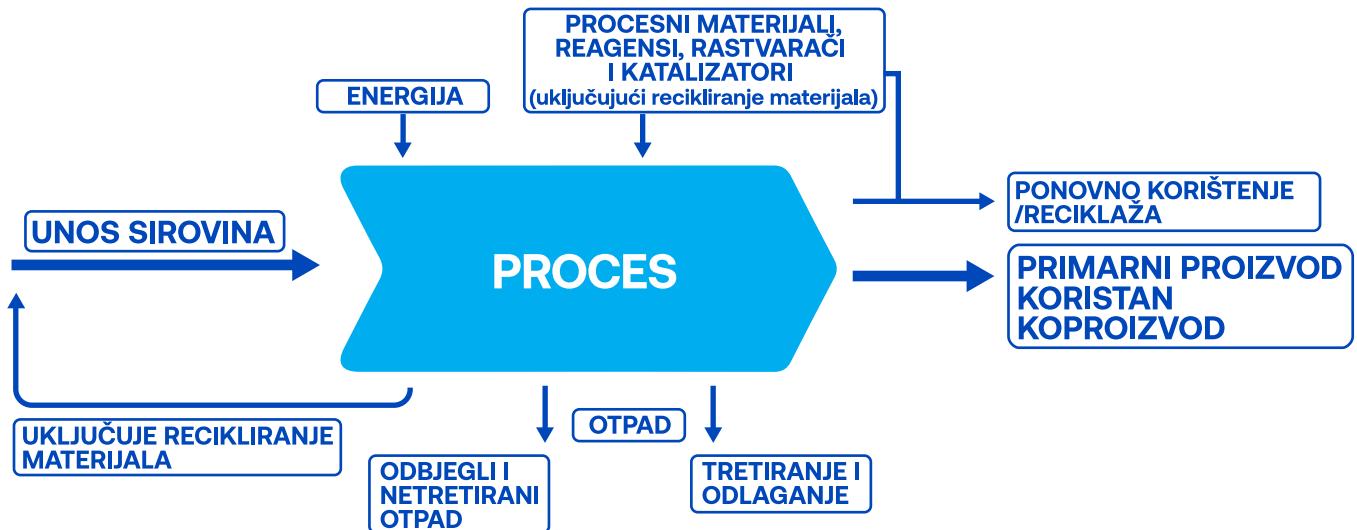
### Prednosti LCA

- Izgradnja i korištenje baza podataka – ako poznajete LCA za proizvodnju na primjer stirena, ovu analizu možete koristiti za reakciju oksidacije stirena, polimerizacije stirena itd. u drugim slučajevima.
- Omogućava se istinsko poređenje korištenjem koncepata kao što je funkcionalna jedinica.
- Omogućava se ukazivanje na važne nedostatke i potencijale u zelenim tehnologijama.
- Otvara mogućnost za ispravke procesa zasnovane na novim saznanjima i tehnikama.
- Iterativni je proces s neprekidnim tumačenjem.

### Ograničenja LCA

- Neke ekološke / zdravstvene stavke možda nedostaju te se koncept i dalje razvija.
- LCA je aproksimacija, zbog poteškoća da se registruju svi aspekti procesa, da se računa varijabilnost itd.
- Prikupljeni podaci sadrže različite stepene nesigurnosti / neodređenosti.
- LCA zavisi od geografskog položaja, što sprečava generalizaciju.

## INVENTAR ŽIVOTNOG CIKLUSA



Slika 7. Shematski prikaz inventara životnog ciklusa



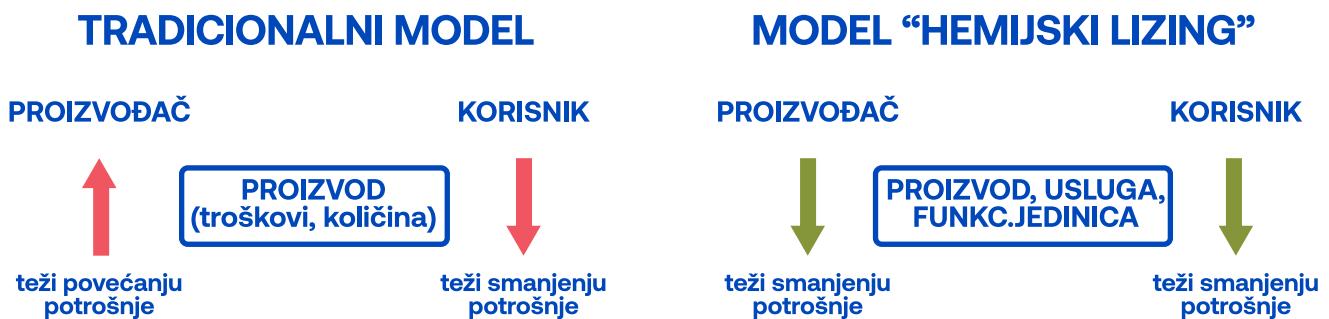
## 3.4. Hemijski lizing kao poslovni model

Tradicionalni poslovni modeli zasnovani su na tome da isporučilac više zarađuje prodajom veće količine proizvoda. Kupac, s druge strane, pokušava kontrolisati troškove kupujući manje (slika 8). Proizvođač je taj koji ima znanja, ali ne i ekonomskog interesa da ga primijeni na smanjenje potrošnje, a šteta je na strani korisnika.

Nasuprot tome, „hemijski lizing“ je poslovni model orientisan na pružanje usluge (uz prodaju proizvoda) koji pomjera fokus s povećanja obima prodaje hemikalija prema pristupu „dodatne vrijednosti“. Proizvođač prodaje funkciju hemikalije (ono čemu ona služi), a glavno sredstvo plaćanja je funkcionalna jedinica (npr. m<sup>2</sup> obojene površine ili broj odmašćenih komada). Rezultat primjene modela je efikasnije korištenje hemikalija uz smanjenje rizika povezanog s njihovim korištenjem, kao i zaštita ljudskog zdravlja.

Veoma često procesi u kojima se koriste hemikalije korisniku hemikalije u kompaniji nisu bliski, budući da ne predstavljaju ključnu djelatnost, ali su neophodni – npr. bojenje u metaloprerađivačkoj ili drvnoj industriji, podmazivanje transportnih traka u prehrambenoj industriji itd. Nedovoljno poznavanje procesa često vodi prekomjernoj potrošnji hemikalija.

Kako bi proizvođači bili motivisani da obezbijede know-how korisnicima da optimiziraju potrošnju hemikalija, UNIDO je razvio poslovni model hemijskog lizinga, čija primjena donosi višestruke koristi korisnicima i proizvođačima.



Slika 8. Konflikt interesa primjenom tradicionalnog modela, nasuprot zajedničkom interesu primjenom modela hemijskog lizinga

Ovaj model u osnovi ima uspostavljanje direktne veze i partnerskih odnosa između korisnika i proizvođača i njihovo angažovanje na zajedničkim ciljevima. Pri tome, proizvođač koristi svoja ekspertska znanja u pogledu primjene hemikalije koju proizvodi i zajedno s korisnikom optimizira proces kod korisnika, što dovodi do smanjene količine upotrijebljenih hemikalija uz postizanje kvaliteta istog ili boljeg od zahtjevanog. Model može podrazumijevati i upravljanje hemikalijom u potpunosti, do preuzimanja i zbrinjavanja ili recikliranja otpada.

Primjenom modela obostrano se ostvaruju sljedeće dobiti:

- izgradnja partnerskih odnosa kupac-prodavač,
- povećanje lojalnosti kupca,
- smanjenje troškova povezanih s hemikalijama,
- snižavanje sigurnosnih rizika upotrebe hemikalija,
- smanjivanje količina opasnog otpada,
- poboljšanje efektivnosti i efikasnosti procesa,
- stvaranje dodatne zarade za prodavača i smanjenje troškova kod kupca,
- sveobuhvatno, održivo upravljanje hemikalijama.

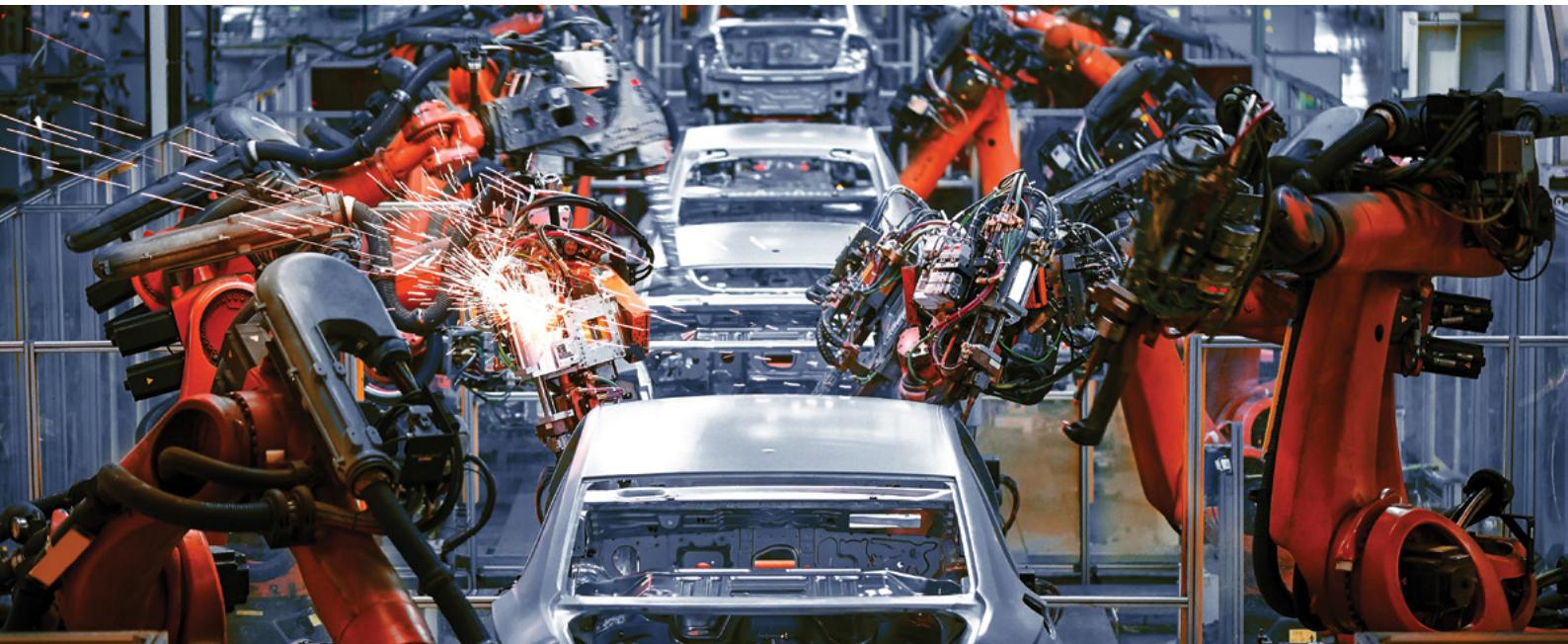
## Primjeri iz prakse

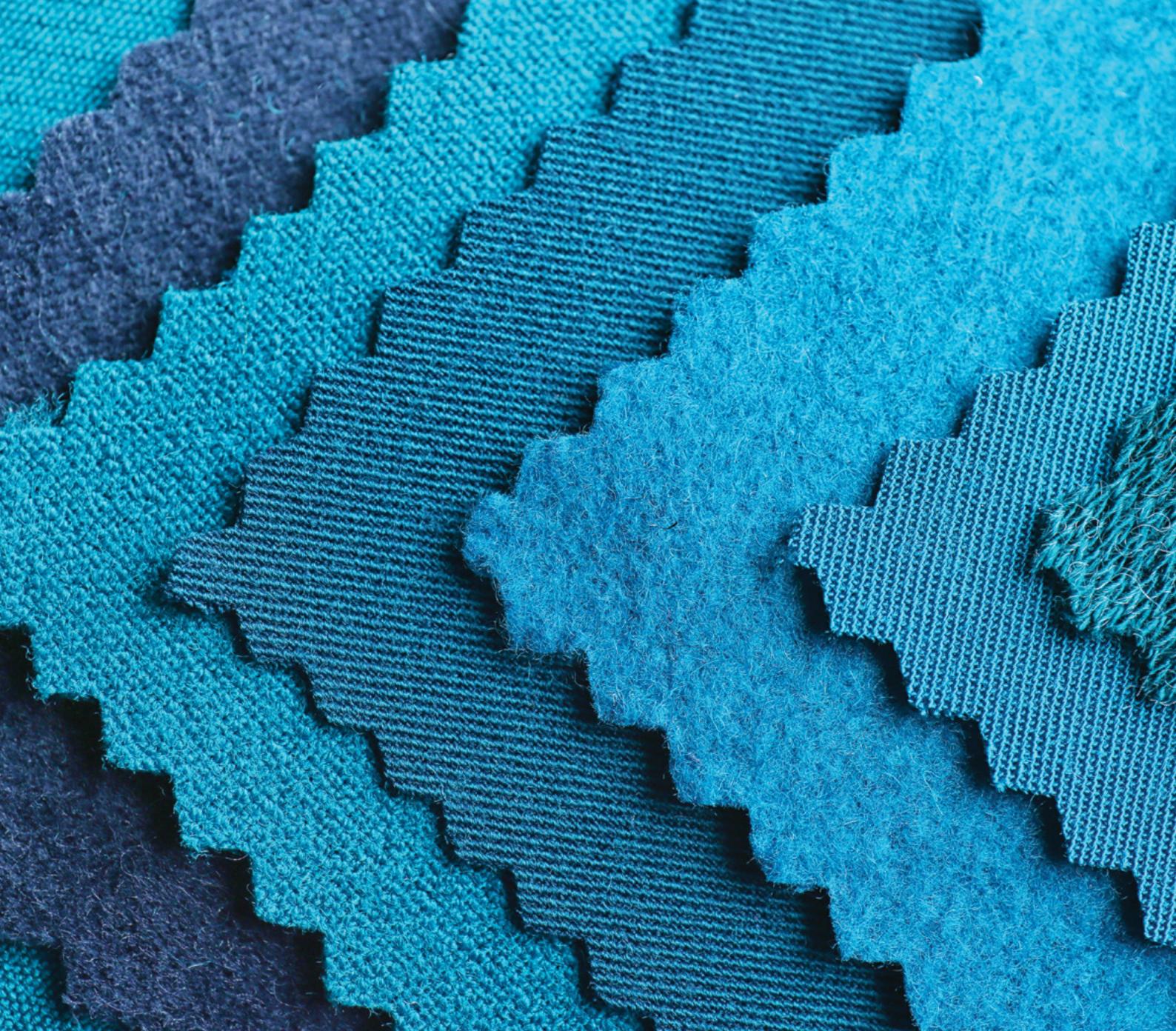
### Primjer 1: Čišćenje metalnih dijelova rastvaračima – manji rizik i ušteda na materijalu

Čišćenje i odmašćivanje metalnih dijelova rastvaračima uobičajen je način tretiranja u industriji. Svaki rastvarač nosi sa sobom manji ili veći specifičan rizik. Zamjena manje opasnim rastvaračem ili vodenim rastvorom svakako je najbolja opcija, sve dok se alternativnim rješenjem postiže zahtijevani nivo čistoće dijelova. Ako zamjena prepostavlja manje dobro rješenje u pogledu kvaliteta čišćenja, u nekim slučajevima, kao što su automobilska i avionska industrija, proizvodnja mjernih i hirurških instrumenata, gdje se zbog sigurnosnih razloga zahtjeva visok kvalitet čišćenja, zamjena nije prihvatljiva. Za veoma visok stepen čišćenja koriste se hlorirani rastvarači. Ovo je rizičan rastvarač, ali njegovo održivo korištenje može se postići efektivnom strategijom i, prije svega, smanjenjem upotrijebljene količine. Hemijski lizing primijenjen je na proces čišćenja dijelova za automobilsku industriju u FKL (Fabrika kotrljajućih ležajeva). Zbog velike raznolikosti u veličini i obliku dijelova koji se čiste, kao jedinica plaćanja dogovorena je fiksna mjesecna naknada za korištenje tetrahloretilena na dvije postojeće mašine u režimu 24-satnog radnog vremena (odnosno prema broju sati rada mašina). Rezultati primjene modela prikazani su u narednoj tabeli.

Tabela 5. Situacija prije i poslije primjene modela hemijskog lizinga

Prije primjene modela	Poslije primjene modela
Isporuka rastvarača u buradima / ručno šaržiranje u mašinu	Isporuka rastvarača u hermetički zatvorenim kontejnerima i doziranje pumpom (nema emisije u radnu sredinu)
Kvalitet čišćenja opada tokom korištenja	Kvalitet čišćenja bolji nego prije primjene modela i konstantan
Sedmična zamjena rastvarača (600 l)	Stabilizacija rastvarača (nema zakiseljavanja), destilacija i ponovno korištenje
Godišnja potrošnja – 30 t	Godišnja potrošnja u istim uslovima – 5 t
Količina otpada – 25 t sa sadržajem rastvarača preko 90%	Količina otpada – 1,5 t sa sadržajem rastvarača do 5%
Česta zamjena dijelova mašine zbog korozije	Nema korozije dijelova mašine
Izvoz opasnog otpada	Proizvođač preuzima otpad i izvozi ga na tretman
Zaposleni su dolazili u dodir s rastvaračem koji je isparavao u radnu sredinu	Nema isparavanja rastvarača, značajno poboljšana sigurnost i zdravlje na radu
	<b>Smanjenje troškova čišćenja dijelova za 15%, eliminacija troškova održavanja, zastoja i izvoza opasnog otpada</b>





## Primjer 2: Hemijski lizing u procesu proizvodnje tekstila

Kompanija Fabricato S.A. proizvodi i prodaje tekstilne proizvode u Kolumbiji i na globalnom nivou. U procesu mokre obrade (sizing) korištene su različite vrste hemikalija. To je prouzrokovalo veliko opterećenje u otpadnim vodama. Situacija je znatno poboljšana nakon uvođenja modela hemijskog lizinga (s **jedinicom plaćanja USD po metru tkanine**). Fabrikato S.A. je poboljšao produktivnost svojih procesa, povećao efikasnost upotrebe sirovina i ostvario ekološku i ekonomsku korist. Potrošnja hemikalija **smanjena je za 30%**. Kao rezultat toga, manje hemikalija je išlo u fabriku otpadnih voda, smanjujući biološku potrošnju kiseonika (BOD) za 99%, a hemijsku potrošnju kiseonika (COD) za 40%. Potrošnja vode je smanjena zahvaljujući smanjenoj učestalosti čišćenja mašina za tkanje. Efikasnost tkanja povećana je za 2%, zdravlje i sigurnost radnika poboljšani su zahvaljujući smanjenoj emisiji prašine, a **troškovi za hemikalije smanjeni su za oko 150.000 USD**. Fabricato S.A. je nabavio specifično znanje vezano za efikasnu upotrebu hemikalija. Njen snabdjevač, Quimincol S.A.S., također je imao koristi od ove saradnje: razmjena znanja i veće angažovanje pomogli su kompaniji da usavrši svoje vještine u vođenju procesa veličine. Quimincol S.A.S. sada može ponuditi usluge unapređenja procesa drugim tekstilnim kompanijama i promovirati svoj „održivi imidž“ kao dobavljača koji doprinosi smanjenju ugljičnih otiska i održivom upravljanju hemikalijama. Tržišna pozicija Quimincola S.A.S. postala je jača.

### Primjer 3: Hemijski lizing u bojenju brodova

Kompanija Zhejiang Feijing New Materials Science and Technology Co., Ltd iz Kine istražuje, razvija, proizvodi i distribuira premaze za brodove. Prateći svoju strategiju održivosti, kompanija je odlučila ne samo osigurati boje već i uvesti poslovni model hemijskog lizinga, pružajući tako usluge dodatne vrijednosti vezane za farbanje (s tim da **jedinica plaćanja bude kvadratni metar zaštićene površine**). Implementacija modela donijela je sljedeće prednosti njihovom prosječnom klijentu: potrošnja boje je **smanjena za 30%**; ostaci boja na zidovima buradi za boju očišćeni su odgovarajućim rastvaračem i ponovo se koriste; kante su poslate nazad u kompaniju na ponovno korištenje; **ukupna ušteda iznosila je približno 11.000 USD** (izračunato za brod nosivosti 6.500 tona). Uvođenjem ovog poslovnog modela i razvojem komercijalnog „paketa“ s dodatnom vrijednošću (funkcionalno plaćanje za hemikalije + dodatnu uslugu) dobavljač je povećao svoju konkurentnost, poboljšao svoju tržišnu poziciju i značajno unaprijedio poslovne odnose sa svojim klijentima.

Važno je uočiti koliko je prirodan sastavni dio ove ideje – **saradnja isporučioca i korisnika** na zajedničkom poslu radi dobitka za obje strane, uz dobrobit ostvarenu za okoliš.

Rezolucijom Evropskog parlamenta od 13. septembra 2011. godine o strategiji efektivnog korištenja sirovina za Evropu (2011/2056(INI)) hemijski lizing je eksplicitno naveden kao inovativni koncept koji Evropska komisija aktivno podržava.

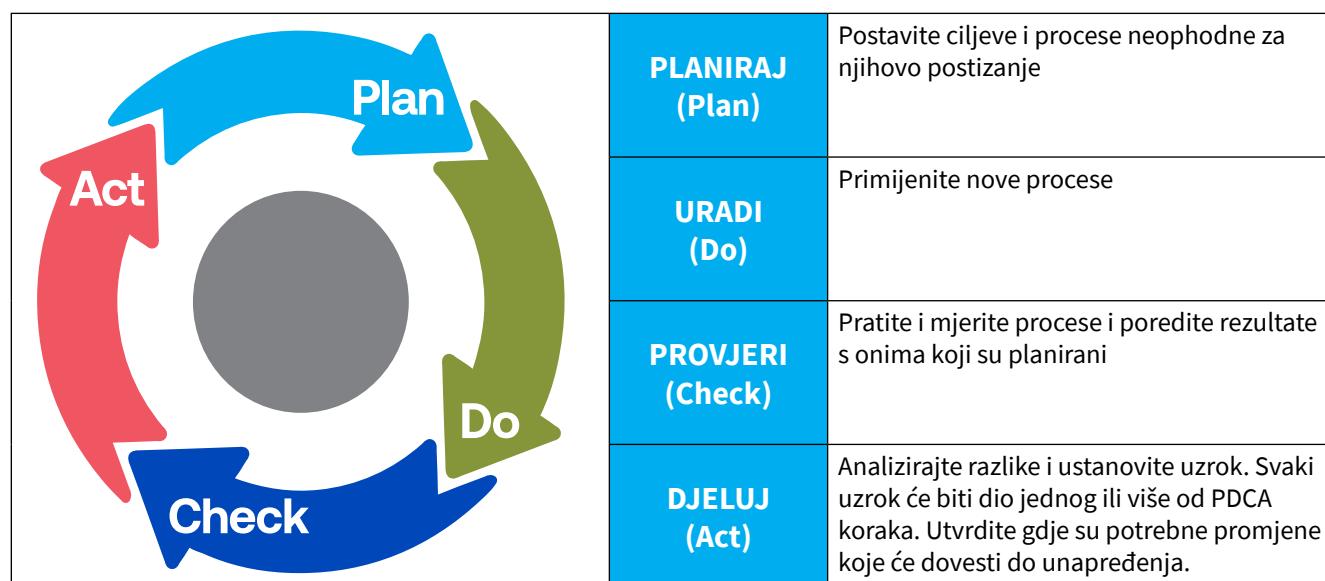
Praksa pokazuje da se primjenom inovativnih poslovnih modela za upravljanje hemikalijama može ostvariti značajna konkurenčna prednost, izgraditi dugoročni partnerski odnosi i lojalnost kupaca, poboljšati čak i imidž kompanije u pogledu društvene odgovornosti i odnosa prema okolišu i ostvariti dugoročan i održiv uspjeh kompanije na tržištu.



# 4. Zelena hemija i upravljanje hemikalijama sa stanovišta čistije proizvodnje

## 4.1. Menadžment pristup sirovinskoj efikasnosti

Jedan od menadžment principa upravljanja organizacijom jest model stalnog unapređenja primjenom Demingovog PDCA (Plan-Do-Check-Act) ciklusa (slika 9). Njega je moguće primijeniti na sve aktivnosti u organizaciji, budući da podržava osnovni upravljački model – planiranje, organizovanje, kontrolu s povratnom spregom (informacije iz faze kontrole ulaze u naredni ciklus planiranja). Svaki završen ciklus znači poboljšanje znanja o procesu kojim se bavimo. Ovaj pristup se zasniva na činjenici da su naše znanje i vještine ograničeni, ali da se mogu stalno poboljšavati.



Slika 9. Demingov ciklus Planiraj-Uradi-Provjeri-Djeluj

## I. Planiraj

Planiranje podrazumijeva preuzimanje sljedećih aktivnosti:

- odluku rukovodstva o podršci projektu,
- formiranje tima,
- planiranje rada na projektu.

Prvi korak u procesu promjena je odluka rukovodstva o podršci projektu i njegova posvećenost. To podrazumijeva predstavljanje ideje o uvođenju programa sirovinske efikasnosti najvišem rukovodstvu. Mogućnost ušteda novca smanjenjem količine otpada, potrošnje energije, hemikalija i vode, manja ulaganja u tretman otpadnih voda i smanjeni rizici motivirat će najviše rukovodstvo da se posveti programu sirovinske efikasnosti.

Kada je odluka donesena, neophodno je oformiti tim koji će raditi na projektu. Zavisno od veličine i strukture privrednog društva, mogući su različiti načini formiranja timova. Ako se radi o velikim privrednim društvima, poželjno je osnovati tim koji bi se bavio okolišem ili uključiti aktivnosti u postojeće organizacijske strukture kao što su na primjer timovi za sigurnost i zdravlje na radu ili kvalitet.

Neophodno je imenovati vođu projekta koji bi koordinirao aktivnosti, pružao informacije i predstavljao projekt rukovodstvu. U tim bi trebalo uključiti zaposlene iz svih dijelova preduzeća, kao npr. iz proizvodnje, kvaliteta, nabavke itd. Ako je tim previelik, može biti neefikasan, zato je najbolje uključivati zaposlene po potrebi. Važno je da su uključene sve relevantne funkcije i da je tim otvoren za sve one koje bi željeli učestvovati. Neophodno je da najviše rukovodstvo doneše politiku sirovinske efikasnosti, koja opisuje dugoročne i strateške ciljeve koji se odnose na sirovinsku efikasnost. Nakon postavljanja ciljeva donosi se akcijski plan za postizanje ovih ciljeva. Na taj način se pouzdano mogu pratiti aktivnosti na njihovom ostvarivanju.

Planiranje rada na projektu uključuje sljedeće korake:

- Sakupljanje prvih ideja obilaskom lokacije
- Prethodnu procjenu da bi se odredili prioriteti
- Izradu blok dijagrama koji prikazuje ulaze i izlaze iz procesa:
  - Identificirati poredbene vrijednosti: kvantificirati ulaze i izlaze
  - Postaviti prioritete u skladu s obimom, troškovima i rizicima
  - Definirati početni program
- Detaljnju procjenu i definiranje opcija u značajnim oblastima
- Ocjenu i donošenje programa
- Plan primjene
- Izveštavanje i sastanke

Dobro postavljen projekt osigurava efikasno upravljanje vremenom i resursima, kao i praćenje napretka ka ostvarivanju postavljenih ciljeva. Akcijskim planom se definira ko i do kada treba završiti svaku pojedinačnu aktivnost.

Blok dijagram je grafički prikaz procesa: dijelovi procesa su prikazani kućicama, ulazi i izlazi sirovina, vode i energije strelicama. Blok dijagram pomaže u praćenju mjesta nastanka gubitaka (otpada, emisija, otpadne toplove) i tako definira mjesta na kojima je potrebno preuzeti mjere za efikasnije korištenje resursa.

U skladu s principima o održanju mase i energije, svaka sirovina koja ulazi u neki proces mora ga i napustiti u istom ili drugom obliku.

U privrednom društvu koje se bavi proizvodnjom svi materijali i energija mogu se posmatrati u tri faze:

1. na ulazu u proces, npr. pri nabavci,
2. kada se koriste u skladu s proizvodnim specifikacijama, npr. na nekoj opremi, pogonu,
3. kada izlaze iz procesa; npr. kao proizvod, emisija, otpad ili otpadna toplota.

Količine materijala i energije moraju biti iste na ulazu i izlazu. Ako se vrijednosti ne poklapaju, to može biti pokazatelj gubitaka i mogućnost za optimizaciju.

Izvori podataka za ulaze materijala i energije mogu biti:

- Dokumenti iz knjigovodstva i računovodstva
- Otpremnice
- Podaci iz pojedinih organizacijskih jedinica.

Za podatke se mogu koristiti mjerjenja ili procjena u pogonu i na mašinama, informacije od zaposlenih o broju radnih sati, recepture, specifikacije opreme itd.

Podaci o izlazima mogu biti:

- Proizvodne specifikacije
- Zapisi o otpadu (dnevna evidencija, godišnji izvještaji) i emisijama
- Dokumenti o kretanju otpada
- Podaci o količini i kvalitetu otpadnih voda (zakonska obaveza privrednih društava da mjere količinu i povremeno kontrolisu kvalitet industrijskih otpadnih voda)
- Podaci o emisijama u zrak (mjerjenja ili procjene).



Slika 10. Princip analize ulaz-izlaz

Ovi bi podaci trebali dati odgovor na pitanja:

- Koliko se sirovina, pomoćnih materijala i energije troši?
- Iz kojeg procesa potječu emisije i/ili otpad?
- Koji je otpad opasan / zahtijeva monitoring i zbog čega je opasan?
- Koliki dio sirovina ili pomoćnog materijala postaje otpad?
- Koliki se dio sirovina ili pomoćnog materijala gubi isparavanjem?
- Koji troškovi nastaju odlaganjem otpada i gubitkom nabavljenog materijala?

Sirovine se mogu podijeliti prema tipu otpada ili emisijama koje nastaju u toku procesa. Zavisno od tipa mogu se razviti i primijeniti različite strategije za eliminaciju ili smanjenje količine otpada i emisija.

Da bi se odredili prioriteti, neophodno je ustanoviti najznačajnije tokove. Značajni su tokovi oni koji:

- podlježu zakonskim propisima,
- koriste se u velikim količinama,
- proizvode visoke troškove ili
- imaju osobine koje negativno utječu na zdravlje ljudi ili okoliš u procesu proizvodnje ili upotrebe.

Da bismo mogli pratiti i upoređivati performanse kroz vrijeme, potrebno je definirati ključne indikatore koji su jednostavni, objektivni, mjerljivi, uporedivi i značajni za ono što želimo postići, na primjer:

- Količina otpada po jedinici proizvoda;
- Potrošnja materijala po jedinici proizvoda;
- Potrošnja vode po jedinici proizvoda;
- Potrošnja energije po jedinici proizvoda.

Ovi podaci mogu poslužiti za sistematično poređenje podataka s drugim proizvođačima radi ocjene o tome gdje se nalazimo u pogledu efektivnosti procesa (eng. benchmarking).

Preliminarna procjena će dovesti do prvih ideja za postavljanje ciljeva za unapređenje. U ovoj fazi se mogu preuzeti jednostavne mjere kao što su obuka, definiranje odgovarajućih parametara procesa, uvođenje jednostavne mjerne opreme i jasna uputstva za rad zaposlenima.

## II. Uradi

U ovoj fazi se radi:

- Detaljna provjera tokova vode, energije, otpada, korištenja hemikalija u skladu s ciljevima koji su postavljeni u prethodnoj fazi (objašnjenja data u narednim poglavljima)
- Identifikacija prilika za unapređenje
- Procjena izvodljivosti
- Primjena mjera za unapređenje.

Pogodan način prikazivanja je vizualizacija materijalnih i energetskih tokova izradom Sankey dijagrama (slika 11).



Slika 11. Primjer materijalnog toka prikazan Sankey dijagrom

Suština implementacije projekta sirovinske efikasnosti jest definiranje opcija čistije proizvodnje, a koje se odnose na materijalne resurse i energiju. Identifikacija opcija može se postići rješenjima iz literature, uz pomoć isporučioca opreme / sirovina ili rješenjima projektnog tima.

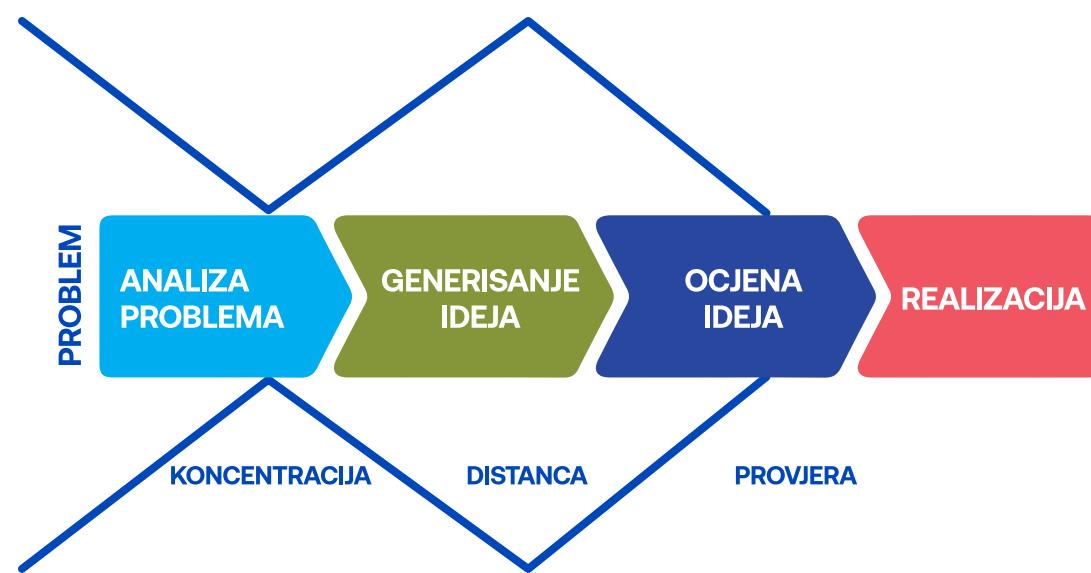
U toku rada na identifikaciji opcija mora se računati na poteškoće zbog pristupa zaposlenih promjenama. Tipične

reakcije koje se mogu očekivati uključuju:

- Uvijek smo ovako radili, zašto mijenjati, dobro je.
- Preveliki / premali smo za ovo.
- Mi smo specifični.
- Mi moramo zarađivati novac.
- Ovo se ne tiče mog odjeljenja / pogona.
- Niko mi nije rekao šta da radim.
- To nije moj posao.
- Nemam vremena, prezauzet(a) sam redovnim poslom.
- Neka to uradi neko drugi.
- Ja to ne razumijem.
- Prerano / prekasno je za ovo.

Da bi se ove prepreke prevazišle, postoje brojni načini koji mogu pomoći u prevazilaženju ograničenosti naše percepcije. Jedan od načina je podjela procesa kreativnog rješavanja problema u četiri faze prikazane na slici (slika 12).

1. Analiza problema,
2. Generisanje ideja za rješavanje,
3. Ocjena ideja i
4. Realizacija.



Slika 12. Shema rješavanja problema koja se koristi u fazi analiziranja za postavljanje prioriteta, otvaranje prostora za moguća rješenja u brainstorming fazi i analizi izvodljivosti prije primjene izabrane opcije

1. Analiza problema: U ovoj fazi je cilj da se problem jasno definira, da bi se fokusiralo na suštinu problema, npr. šta je izvor nastanka otpada i/ili emisija? Važno je sagledati šta je ranije rađeno – šta je bilo uspješno, a šta nije, da se ne bi ponavljale iste greške.
2. Generisanje ideja: Suština ove faze je odvojiti se od problema i sagledati ga iz „ptičje perspektive“. Ideje se stvaraju na apstraktnom nivou na osnovi dostupnih informacija. U ovoj fazi ne smije biti kritika. Cilj ovog procesa, poznatog kao „brainstorming“, jest da se izađe sa što je moguće više kreativnih prijedloga.
3. Ocjena ideja – u ovoj fazi se ideje ocjenjuju jedna po jedna na osnovi tehničke izvodljivosti, perioda povrata uloženih sredstava i utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi i biraju se opcije za realizaciju.
4. Realizacija – za svaku aktivnost se određuje član tima koji će pratiti proces primjene. Ako su identificirane aktivnosti, primjena može biti direktna ili može uključiti definiranje radnih procedura, obuke ili zamjenu materijala izborom novih dobavljača.

### III. Provjeri

U ovoj fazi se definiraju indikatori performansi, prate se i ocjenjuju rezultati poduzetih aktivnosti. Dobra praksa je da se dokumentira novo i staro stanje, kao i poduzete mjere. Ovaj pristup omogućava bolju procjenu poboljšanja performansi i obuku onih koji nisu uključeni u aktivnosti. Indikatori pomažu da se značajni podaci „kondenzuju“ i da se osiguraju tačne i korisne informacije o postignutim rezultatima i napretku u zaštiti okoliša i postignutom smanjenju troškova. Oni omogućavaju poređenje s drugim organizacijama (eng. benchmarking) i procjenu postignutih rezultata u odnosu na druge. Da bi se ova procjena vršila, neophodno je dobro poznavati procese s kojima se poređimo da ne bi došlo do pogrešnog zaključka.

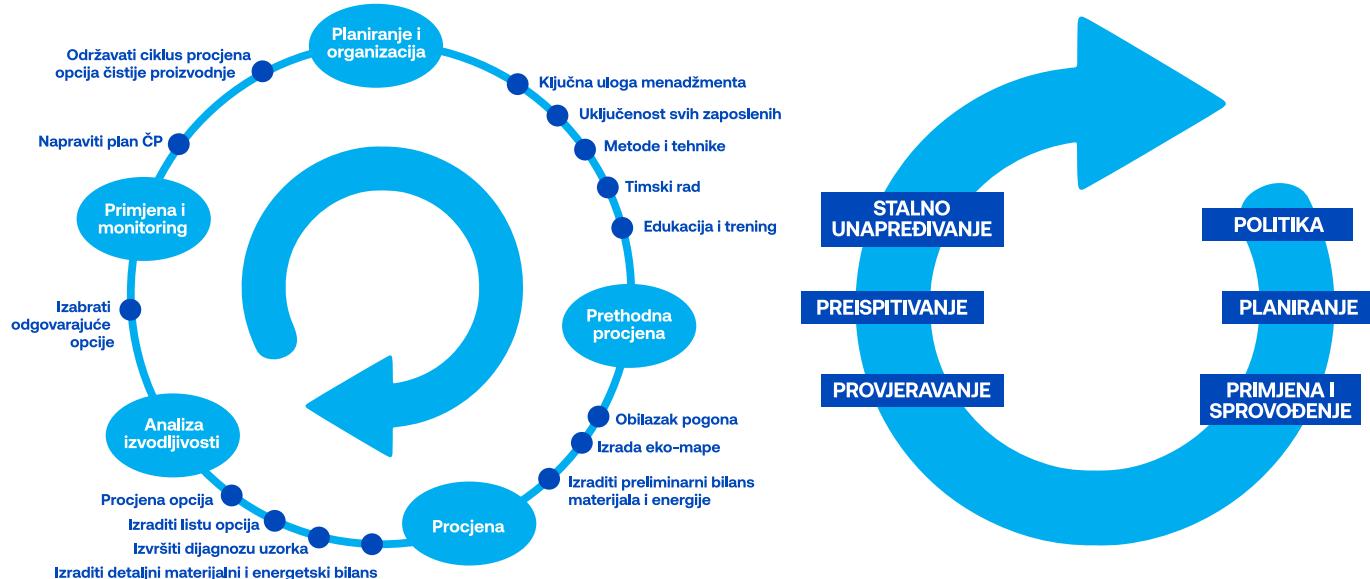
Pogodne mjere za unapređenje performansi mogu biti organizacijske ili tehničke. Njihova izvodljivost se ispituje i određuju potrebne investicije, troškovi i uštede.

### IV. Djeluj

U ovoj fazi najvažnije je sljedeće:

- Priprema akcijskog plana
- Stalna primjena mjera sirovinske i energetske efikasnosti
- Praćenje i preispitivanje performansi
- Motivacija zaposlenih koji su doprinijeli unapređenju performansi

Akcijski plan omogućava praćenje napretka k ostvarivanju ciljeva sirovinske efikasnosti i pripremu izvještaja rukovodstvu o napretku da bi se opravdali resursi i vrijeme korišteno za realizaciju mjera, sagledali efekti i mogućnosti daljeg unapređenja. Metodologija uvođenja i primjene sirovinske efikasnosti prepostavlja stalno bavljenje ovom problematikom i menadžment pristup koji podrazumijeva stalno unapređivanje performansi. Na slikama 13 i 14 je prikazan princip stalnog unapređivanja metodologijom PLANIRAJ – URADI – PROVJERI – DJELUJ u primjeni sirovinske efikasnosti i standardu ISO 14001.



Slika 13. Struktura uvođenja i primjene sirovinske efikasnosti

Slika 14. Struktura standarda ISO 14001 (Sistemi menadžmenta zaštite okoliša)

## 4.2. Detaljna procjena: Efikasno korištenje hemikalija

### I. Korist od efikasnog korištenja hemikalija

U slučaju prometa hemikalijama mora se imati u vidu zakonska regulativa koja se u svijetu, ali i kod nas, sve više zaoštrava, posebno u domenu zaštite okoliša i sigurnosti i zdravlja na radu. Ovo korisnicima hemikalija zadaje dosta problema i iziskuje dodatne troškove, ne samo u manipulaciji hemikalijama i zbrinjavanju opasnog otpada, koje još nije u potpunosti riješeno u Bosni i Hercegovini, već i u značajnim rizicima njihovog korištenja angažovanjem dodatnog vremena velikog broja zaposlenih u organizaciji korisnika.

Pravilno upravljanje hemikalijama podrazumijeva njihovu proizvodnju i korištenje koje vodi k minimalnom štetnom utjecaju na ljudsko zdravlje i okoliš.

UNEP je u izvještaju<sup>12</sup> za 2012. godinu istakao da je „Hitno potrebna koordinirana akcija vlada i industrije da bi se smanjili rastući rizici za ljudsko zdravlje i okoliš izazvani neodrživim upravljanjem hemikalijama u cijelom svijetu“. Povećana potrošnja hemikalija znači da će sintetizirane hemikalije ubrzo postati najveći dio tokova otpada i zagađenosti širom svijeta, a samim tim će se povećati izloženost ljudi i živog svijeta riziku od negativnog utjecaja hemikalija.

Iskustvo na primjeru azbesta, DDT i PCB pokazuje da je naše znanje o opasnosti od hemikalija ograničeno i zato je od izuzetne važnosti pravilno upravljanje i optimizacija količina koje se koriste u procesima. Za razliku od ostalih materijala koji se nabavljaju, hemikalije zahtijevaju specijalne procedure i vođenje podataka u svakoj fazi životnog ciklusa (slika 15).



Slika 15. Životni ciklus hemikalija

Obično se razmatraju troškovi nabavke hemikalija, dok se ostali izdaci vezani za upravljanje hemikalijama ne uzimaju u obzir, mada su oni često višestruko veći zbog posebnih zahtjeva za transport, skladištenje, opremu za rukovanje, raznih taksi i troškova odlaganja otpada nastalog njihovom primjenom (slika 16).

<sup>12</sup> UNEP Synthesis Report for Decision-Makers – Global Chemical Outlook: Towards Sound management of Chemicals (September 2012)



Slika 16. Vidljivi i skriveni troškovi hemikalija

Privredna društva koja efikasno upravljaju hemikalijama mogu:

- smanjiti troškove poslovanja,
- poboljšati sigurnost i zdravlje na radu,
- smanjiti rizik od udesa i
- smanjiti negativne utjecaje na okoliš.

## II. Primjena programa za efikasno korištenje hemikalija

U prvom koraku se osniva strukturirana baza podataka o hemikalijama sistematskom identifikacijom supstanci koje se skladište ili koriste u privrednom društvu. Ovi se podaci koriste za stalno unapređivanje efikasnog korištenja hemikalija.

Inventar hemikalija pomaže da se:

- odrede lokacije mogućeg hemijskog udesa,
- sagledaju mogućnosti za smanjenje rizika od udesa kontrolom rizika na tim lokacijama,
- optimiziraju zalihe i tako smanje troškovi,
- definiraju viškovi proizvoda,
- smanje gubici zbog isteka vijeka trajanja hemikalija,
- provjeri stanje ambalaže (oštećenja, curenja itd.),
- izbjegnu požar, eksplozija zbog neadekvatnog lagerovanja nekompatibilnih materijala (slika 17).

	○	-	-	-	-	-
	-	+	-	-	○	-
	-	-	+	○	○	-
	-	-	○	+	+	○
	-	○	○	+	+	+
	-	-	-	○	+	+

Mogu se zajedno skladištitи

Ne mogu se zajedno skladištitи

Mogu se zajedno skladištitи uz preduzimanje odgovarajućih mјera

Slika 17. Sigurno skladištenje hemikalija

Da bi se program sproveo, potrebno je znati:

- Tip hemikalija,
- Karakteristike,
- Mjesto upotrebe i skladištenja,
- Vrstu pakovanja,
- Prosječne količine koje se koriste.

**Tabela 6. Koraci u sprovođenju programa efikasnog korištenja hemikalija**

Korak	Aktivnost
<b>Korak 1: Identifikacija hemikalija</b>	Identificirajte sve hemikalije s kojima se radi, gdje se koriste i odakle se transportuju u pogon i iz pogona
<b>Korak 2: Identificirajte opasne hemikalije</b>	Iz podataka s etikete odredite je li hemikalija opasna
<b>Korak 3: Nacrtajte dijagram toka</b>	Nacrtajte kartu toka hemikalije kroz proces(e)
<b>Korak 4: Identificirajte rizike</b>	Identificirajte rizike vezane za sigurnost i zdravlje na radu, okoliš, socijalne i ekonomске rizike
<b>Korak 5: Razmotrite opcije</b>	Razmotrite opcije iz literature, iskustva drugih industrija, preporuke proizvođača opreme i/ili hemikalija i ideje do kojih se došlo u timu
<b>Korak 6: Procijenite opcije i primijenite program</b>	Procijenite izvodljivost opcija i primijenite one koje su tehnički, organizacijski i ekonomski prihvatljive

Izvor podataka mogu biti:

- Zapisi iz nabavke,
- Zapisi iz magacina,
- Informacije snabdjevača o proizvodu,
- Podaci iz prodaje,
- Podaci s etiketa proizvoda.

Sigurnosni listovi hemikalija sadrže detaljne informacije o karakteristikama i sigurnoj upotrebji, skladištenju i odlaganju hemikalije. Isporučiocu su u obavezi, po zakonu, da uz svaku isporuku dostave sigurnosni list na lokalnom jeziku, koji sadrži sljedeća poglavља:

1. Identifikacija hemikalije i podaci o licu koje stavlja hemikaliju u promet,
2. Identifikacija opasnosti,
3. Sastav / podaci o sastojcima,
4. Mjere prve pomoći,
5. Mjere za gašenje požara,
6. Mjere u slučaju udesa,
7. Rukovanje i skladištenje,
8. Kontrola izloženosti i lična zaštita,
9. Fizička i hemijska svojstva,
10. Stabilnost i reaktivnost,
11. Toksikološki podaci,
12. Ekotoksikološki podaci,
13. Odlaganje,
14. Podaci o transportu,
15. Regulatorni podaci,
16. Ostali podaci.

Za praktičnu primjenu sigurnosnih listova, u kontekstu implementacije principa zelene hemije, prioritetna poglavlja su 2, 3, 5, 10, 11 i 12, ali naravno i ona o mjerama zaštite ili hitne intervencije, te konkretne tehničke preporuke o skladištenju, transportu i sl.

Pored identifikacije opasnosti, veoma je važno poznavati i sastav hemijskog preparata. Kada se hemikalija nabavlja kao smjesa, tada je moguće prisustvo nekih aditiva, kojima se poboljšavaju svojstva osnovne hemikalije, a koji također mogu biti opasni i štetni za zdravlje i okoliš.

Ilustrativni su primjeri iz sigurnosno-tehničkog lista za tečnost koja se koristi u automobilima za čišćenje vjetrobranskog stakla. Ovaj sigurnosno-tehnički list je izrađen prema Pravilniku o sadržaju sigurnosno-tehničkog lista („Službeni glasnik RS“, broj 104/13).

Treba uočiti da se toksikološki podaci često izražavaju u **letalnoj dozi (LD50)** po kilogramu eksperimentalne životinje, ali iz sigurnosnih razloga treba usvajati istu veličinu rizika kao da je po kilogramu ljudskog organizma. Letalna doza LD50 je veličina dobijena za 50% preživljavanja (preživjelih jedinki).

Uvijek treba poštovati preporuku o obavještavanju i postupati u slučaju akidentalnog ispuštanja. Na zvaničnoj internet adresi američkog Centra za kontrolu i prevenciju bolesti ([www.cdc.gov/niosh/ipcs/default.html](http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/default.html)) su dostupne međunarodne hemijske sigurnosne kartice<sup>13</sup> iz kojih se mogu dobiti okvirni podaci o hemikalijama, njihovim osobinama i odgovarajućim sigurnosnim mjerama.

Svi zaposleni koji dolaze ili mogu doći u dodir s opasnim hemikalijama moraju biti obaviješteni o njihovom sigurnom korištenju i mjerama zaštite. Da bi se identificirale aktivnosti i locirala mjesta na kojima se koriste hemikalije, preporučuje se mapiranje svih procesa. Granice mogu biti u okviru jednog od procesa u pogonu, a mogu obuhvatiti aktivnosti van privrednog društva na koje ono može utjecati.

<sup>13</sup> eng. International Chemical Safety Cards

#### BEZBJEDNOSNO-TEHNIČKI LIST

Prema Pravilniku o sadržaju bezbjednosno-tehničkog lista („Službeni glasnik Republike Srbije“, broj 104/13) u skladu sa Regulativom (EZ) br. 1907/2006

Stranica 1 od 14

Trgovački naziv:	FLASH PLUS -20° (1L, 2L, 3L, 5L)	Datum izrade:	07.10.2016	Verzija broj:	1
<b>NASLOV 2. IDENTIFIKACIJA OPASNOSTI</b>					
2.1. Klasifikacija supstance ili smješe					
2.1.1. Klasifikacija prema CLP/GHS sistemu					
Klasa opasnosti i oznake kategorije:				Obavještenje o opasnosti (H, EUH)*:	
Zap. teč. 3	H226				
2.1.2. Dodatne informacije					
*Pun tekst R, H i EUH oznaka naveden je u Naslovu 16.					
2.2. Elementi obilježavanja					
Piktogram opasnosti:					
Riječ upozorenja:	GHS02				
Obavještenja o opasnosti (H):	Pažnja				
	H226 Zapaljiva tečnost i para.				
	P102 Čuvati van dohvata djece.				
Obavještenja o mjerama preostrožnosti (P):	P210 Držati dalje od izvora topote, vrućih površina, varnica, otvorenog plamena i drugih izvora paljenja. Zabranjeno pušenje.				
	P303+P361+P353 AKO DOSPIJE NA KOŽU(ili kosu): Hitno skinuti svu kontamiranu odjeću. Isprati kožu vodom/istuširati se.				
	P403+P233 Čuvati u prostoriji sa dobrom ventilacijom.Ambalažu čvrsto zatvoriti.				
	P501 Odlažanje sadržaja/ambalaže u skladu sa nacionalnim propisima.				
Dodatne informacije o opasnosti:	-				
2.3. Ostale opasnosti					
<b>NASLOV 3. PODACI O SASTAVU</b>					
3.2. Podaci o sastojcima smješe					
Naziv	CAS broj / EC broj / Indeks broj	REACH registracioni broj	maseni ili zapreminski % ili opseg	Klasifikacija prema CLP/GHS sistemu*	
Denat. Etilni alkohol	64-17-5 200-578-6 603-002-00-5	-	20-30 %	Zap. teč. 2, H225	
Metanol	67-56-1 200-659-6 603-001-00-X	01-2119433307-44-0036	< 3%	Zap. teč 2, H225 Ak. Toks. 3, H301, Ak. Toks. 3, H311 Ak. Toks. 3, H331 STOT SE 1, H370	
Anjonski surfaktanti	68891-38-3 500-234-8	01-211948639-16-0009	< 1 %	Teško ošt. oka 1, H318 Irit. kože 2, H315, Hro. za vod.sre.3, H412	
<b>NASLOV 11. TOKSIKOLOŠKI PODACI</b>					
11.1. Podaci o toksikološkim efektima					
Akutna toksičnost:					
Podaci za Ethanol (64-17-5)					
Put izlaganja	Metoda	Organizam	Doza LD <sub>50</sub> /LC <sub>50</sub> ili ATE	Vrijeme izlaganja	Rezultat
Gutanjem:	-	pacov	>6000 mg/kg	-	-
Kontaktom sa kožom:	-	zec	>2000 mg/kg	-	-
Udisanjem:	-	pacov	124.7 mg/l	4h	-
Podaci za Methanol (67-56-1)					
Put izlaganja	Metoda	Organizam	Doza LD <sub>50</sub> /LC <sub>50</sub> ili ATE	Vrijeme izlaganja	Rezultat
Gutanjem:	-	Pacov	1187-276mg/kg	-	-
Kontaktom sa kožom:	-	Zec	17000 mg/kg	-	-
Udisanjem:	-	Pacov	128.2 mg/l	4h	-
<b>NASLOV 12. EKO-TOKSIKOLOŠKI PODACI</b>					
12.1. Toksičnost					
Podaci za Etanol (64-17-5)					
Akutna toksičnost	Doza	Vrijeme izlaganja	Organizam	Metoda	Evaluacija
Ribe	LC <sub>50</sub>	96 sati	Oncorhynchus mykiss Pimephales promelas	-	12 - 16 ml/l >100 mg/l
Rakovi (Daphnia)	EC <sub>50</sub>	48 sati	Daphnia magna (Static )	-	9268-1422 mg/l 2 mg/l
Alge/vodenе biljke	IC <sub>50</sub>	168 sata	Scenedesmus quadricauda	-	5000 mg/l
Ostali organizmi	EC <sub>50</sub>	16 sati	Bacteria, Pseudomonas putida	-	6500 mg/l

Analizom procesa i korištenih hemikalija određuju se prioriteti i nakon analize izvodljivosti primjenjuju se odgovarajuće mjere za optimizaciju potrošnje hemikalija. Neke mjere mogu biti veoma jednostavne, bez imalo ili s malo ulaganja, a dovesti do ušteda i smanjenja negativnih utjecaja hemikalija na okoliš.

Cijeđenjem ostataka tečnih hemikalija iz ambalaže može se iskoristiti do 3% više hemikalije i smanjiti zagađenost otpadne ambalaže.



Sprečavanjem isparavanja rastvarača postižu se znatne uštede i sprečava emisija u radnu i životnu sredinu.



Sistemi za doziranje hemikalija zahtijevaju minimalno angažovanje zaposlenih i dobar su način za izbjegavanje prekomjerne upotrebe hemikalija. Predoziranje vodi k nepotrebno većoj potrošnji i opterećivanju otpadnih voda, dok nedovoljna potrošnja negativno utječe na performanse procesa.



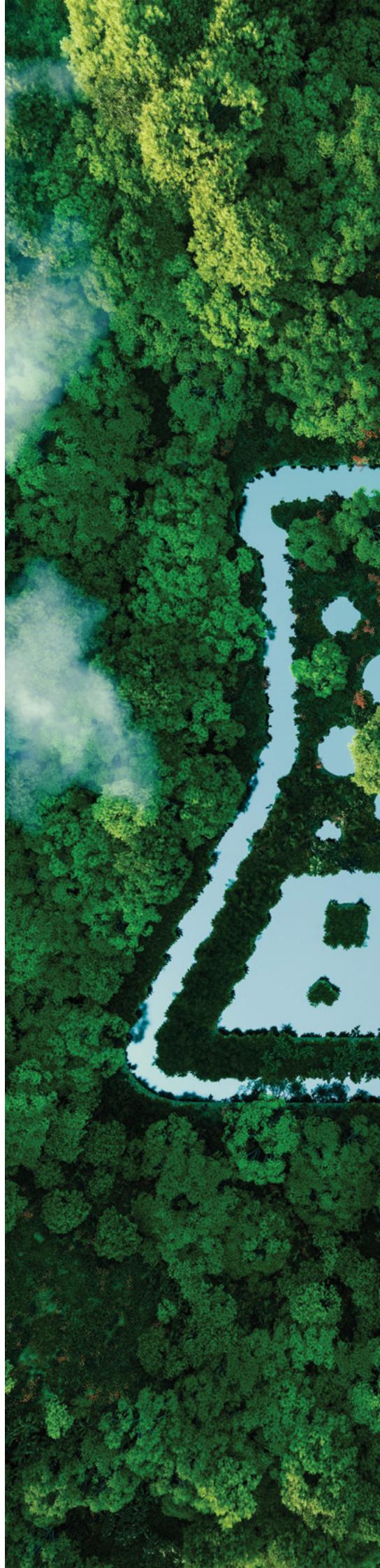
# 5. Izazovi i prilike primjene zelene hemije u Bosni i Hercegovini

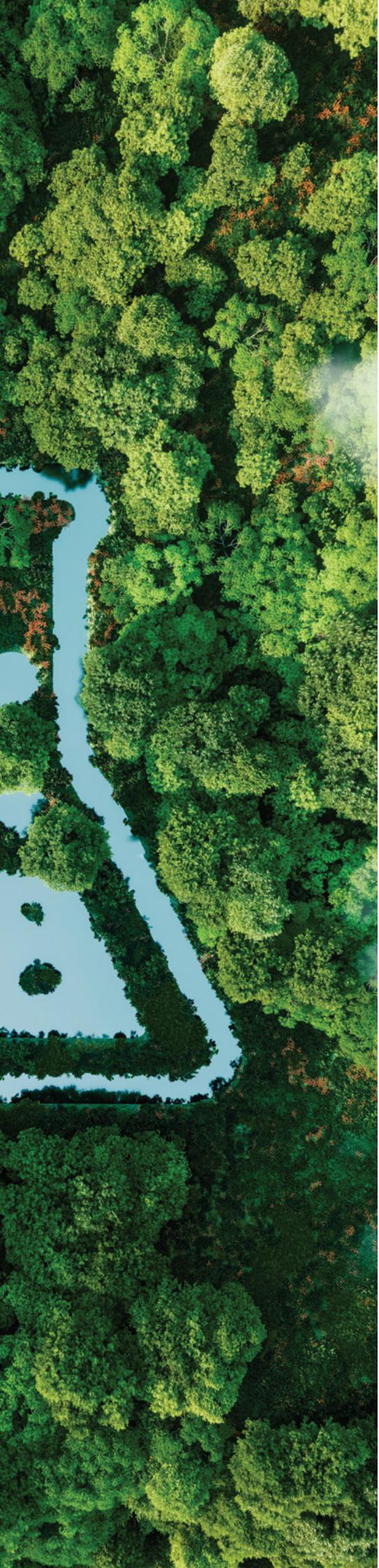
Bogatstvo rudarskim resursima, drvnom građom i vodom omogućilo je razvoj široke lepeze industrijskih grana u Bosni i Hercegovini, koje podrazumijevaju korištenje ili proizvodnju hemikalija i hemijskih proizvoda. S druge strane, tu su i druge grane industrije, poput plastične industrije koje se u potpunosti oslanjaju na preradu uvoznih sirovina – hemikalija. Prema izvještajima Agencije za statistiku BiH, tokom 2020. godine je izvoz plastičnih proizvoda iz BiH porastao za 20 do 30 posto, uz povećanje od 16 miliona KM. To znači da ovaj sektor ima značajno mjesto u ekonomiji BiH.

Takva industrija je i izvozno orijentisana, te mora osigurati određene zahtjeve REACH uredbe, bez obzira na nivo transpozicije u BIH. REACH uredba je alat koji EU koristi za poticanje industrija na primjenu principa zelene hemije i uvrštavanje takvih zahtjeva i u politike zaštite okoliša. Iako se BiH približava standardima okolišnih propisa EU, domaća industrija još nije dovoljno upoznata sa svim aspektima REACH regulative. O zabranjenim hemikalijama, industrije se upoznaju uglavnom u momentu nabave. Industrije su većinom dobro upoznate sa eksplozivnim i zapaljivim supstancama, međutim nedovoljno o onim koje se nalaze na kandidatskoj listi Evropske agencije za hemikalije jer izazivaju zabrinutost (uključujući i POPs) i za koje se tek očekuje poseban režim upravljanja u budućnosti.

Pored toga što industrija u Bosni i Hercegovini treba da bude usklađena sa EU regulativom u oblasti korištenja i proizvodnje hemikalija, ona treba da bude i konkurentna i održiva, ali i sigurna u pogledu utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš. Nedovoljna informiranost u pogledu novijih zahtjeva upravljanja hemikalijama u EU za BIH industrije predstavlja rizik u smislu održivosti i konkurentnosti u odnosu na slične industrije u svijetu..

Početkom 2022. godine desio se vrtoglav skok u cijenama plina i nafte. Za neke industrije nafta i plin nisu samo energenti, nego i resursi u





proizvodnji. To je za sve industrije na svjetskom tržištu stvorilo nove uslove poslovanja i potrebu da se proizvodni procesi dodatno analiziraju, s ciljem pronalaženja prilika za uštede, ili da se tehnološki procesi potpuno zamijene. Zahtjevi tržišta i sve strožiji propisi u oblasti zaštite okoliša zahtijevaju nove pristupe kojima se osigurava efikasnija potrošnja resursa, rad sa manje opasnim hemikalijama, manje potrebe za skupim sredstvima zaštite radnika i tretmana/zbrinjavanja otpadnih tokova. Potrebna su nova rješenja i inovacije u proizvodnji, jer su postojeća neefikasna, skupa i štetna za ljudsko zdravlje i okoliš.

Primjena principa zelene hemije u industrijama predstavlja ključ osiguranja održivosti i konkurentnosti. Ostvaruje se sigurnija proizvodnja, troši se manje resursa, stvaraju se manje količine otpada i otpadnih voda, umanjuju se troškovi osiguranja uslova radne sredine i mnogi drugi benefiti.

Industrije naprednih zemalja svijeta dodatna rješenje su našla i u tjesnoj saradnji univerziteta i naučno-istraživačkih centara sa industrijom. Primjena zelene hemije u BiH industrijama je poseban izazov i za naučno-istraživačke institucije, stoga je međusobno umrežavanje i saradnja neophodna. Takva saradnja je korisna za obje strane jer akademска zajednica treba istraživačke izazove, a industrijija inovativna rješenja. Fondovi koji podupiru naučno-istraživački rad u BiH su nedovoljni i nisu usmjereni na inovacije u proizvodnji, te je saradnja industrijija sa univerzitetima i istraživačkim centrima BiH rijetkost, što je još jedan faktor rizika po održivost i konkurentnost BiH industrijije. Velike koristi može donijeti povezanost univerziteta i istraživačkih centara BiH sa takvim centrima u regionu, prije svega u Srbiji (Centar za čistiju proizvodnju pri Univerzitetu u Beogradu) i Hrvatskoj (Institut „Ruđer Bošković“ – Grupa za mehanohemiju, povezana sa McGill Univerzitetom u Kanadi), kao i razmjena iskustava stečenih u radu sa industrijom.

Potrebe za ovakvom saradnjom su prepoznate i u okviru Izrade strategije zaštite okoliša i akcionog plana za BiH (BiH ESAP 2030+), što je uslov za prepoznavanje ove tematike u budućim sistemima finansiranja naučno-istraživačkog rada u Bosni i Hercegovini.

Tržišnim i okolišnim izazovima, BiH industrijije su u prilici da pristupe pametno, primjenom principa zelene hemije. Ostvarene uštede će biti poticaj za planiranje novih unutar iste industrije, ali i primjer uspješnog poslovanja za druge industrije, starajući novi krug pozitivnih promjena. Sigurnija i zelenija proizvodnja u BiH će da utječe na zdravlje radnika i čistiji okoliš, stvara se odgovornije društvo, što je odlučna prepotposavka zeleniju budućnosti.

# 6. Prilozi i primjeri za praksu

U tekstu ovog priručnika date su samo osnove i sistematizacija materijala koji može biti od koristi, ali većina konkretnih odgovora i rješenja može se naći u publikacijama i interaktivnim platformama na internetu.



## 6.1. Za plastičnu industriju: zamjena c-PBDE, SCCP i drugih POPs hemikalija alternativama bez POPs

### [Internetska stranica Sekretarijata Štokholmske konvencije](#)

Internetska stranica Štokholmske konvencije (<http://chm.pops.int/Home/tabid/2121/Default.aspx>) višestruko je korisna, jer daje informacije i o razlozima uvođenja zabrana, kao i o samim hemikalijama, ali i o postojećim alternativama i zamjenama. Podaci se stalno ažuriraju. U nastavku su dati podaci o dostupnim alternativama za upotrebu kada su u pitanju PBDE i SCCP hemikalije, a koji su navedeni na spomenutoj stranici.

Tabela 7. Alternative za zamjenu deca-BDE hemikalije

PROIZVODNJA PLASTIKE	PROIZVODNJA TEKSTILA	PROIZVODNJA BRTVILA, LJEPILA, ARHITEKTONSKIH PJENA I PREMAZA, KAO I GRAĐEVINARSTVO OPĆENITO
a. dekabromodifenil etan (DBDPE) b. bisfenol A bis(difenilfosfat) (BDP/BAPP) c. rezorcinol bis(difenilfosfat) (RDP) d. etilen bis(tetrabromoftalimid) (EBTBP) e. magnezijev hidroksid (MDH) f. trifenil fosfat (TPP) g. aluminijev trihidroksid (ATH) h. crveni fosfor	a. aluminijev trihidroksid (ATH) b. magnezijev hidroksid (MDH) c. tris(1,3-dihloro-2-propil) fosfat (TDCPP) d. etilen bis(tetrabromoftalimid) (EBTBP) e. 2,2'-oksibis[5,5-dimetil-1,3,2-dioksa-fosforinan] 2,2'-disulfid f. tetrabromobisfenol A bis (2,3-dibromopropil eter) (TBBPA) (samo u polimerima) g. crveni fosfor h. dekabromodifenil etan (DBDPE)	a. magnezijev hidroksid (MDH) b. aluminijev trihidroksid (ATH) c. etilen bis(tetrabromoftalimid) (EBTBP) d. smjesa supstituiranih amin fosfata e. crveni fosfor f. dekabromodifenil etan (DBDPE)

(Izvor: <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/cdecaBDE/tqid/5985/Default.aspx>)

Tabela 8. Alternative za zamjenu octa-BDE hemikalije

PROIZVODNJA ABS PLASTIKE	PROIZVODNJA TERMOPLASTIČNIH ELASTOMERA	PROIZVODNJA POLIOLEFINA
a. tetrabromobisfenol-A b. 1,2-bis(pentabromofenoksi) etan c. 1,2-bis(tribromofenoksi)etan d. trifenilfosfat e. resourcinolbis(difenilfosfat) f. bromirani polistiren	a. bis (tribromofenoksi) etan b. tribromofenil alil eter	a. polipropilen dibromsitiren b. dibromstiren c. tetrabrombisfenol A (TBBPA)

(Izvor: <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/HexaBDEandheptaBDE/tqid/5862/Default.aspx>)

Tabela 9. Alternative za zamjenu penta-BDE hemikalija

PROIZVODNJA PUR PJENE	PROIZVODNJA ELEKTRIČNE I ELEKTRONIČKE OPREME	PROIZVODNJA TEKSTILA
melamin, tris(1,3-dikloro-2-propil) fosfat (TDCPP) (ili TCPP) i amonijum polifosfat.  Nehemijske alternative su također identificirane od strane US EPA (2005). Tri trenutno dostupne alternativne tehnologije koje se primjenjuju u industriji namještaja uključuju tehnologije barijera, pjenu impregniranu grafitom i površinsku obradu.	Primjeri alternativa koji se trenutno koriste uključuju: ploče bez broma (Sony), usporivače plamena na osnovi fosfora za štampane ploče (Hitachi), plastiku otpornu na plamen (Toshiba), materijale bez halogena i niskonaponske unutrašnje žice.	Kao alternative koriste se usporivači gorenja bez broma kao što su antimonski trioksid i boraks. Postoje i izdržljivi materijali otporni na vatru, kao što su vuna i poliesterska vlakna.

(Izvor: <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/TetraBDEandpentaBDE/tqid/5868/Default.aspx>)

**Tabela 10. Alternative za zamjenu SCCP hemikalija**

<b>TIP PROIZVODNJE</b>	<b>ALTERNATIVE</b>
Obrada metala	<p>EAL (ekološki prilagođena maziva) su biorazgradiva, imaju nisku toksičnost i njihov učinak je jednak ili bolji od konvencionalnih alternativa. Postoje brojne klase EAL-a, uključujući sastojke na osnovi biljnih ulja (oleohemijske) koji se mogu koristiti u tradicionalnim formulacijama na osnovi vode i uljnih formula umjesto konvencionalnih tekućina.</p> <p>Potencijalne alternativne supstance za upotrebu SCCPS-a u primjenama tekućina za obradu metala uključuju:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkanol amidi</li> <li>• Izopropil oleat</li> <li>• Dugolančani klorirani parafini (C18+) (LCCP)</li> <li>• Hlorirani parafini srednjeg lanca (C14-17) (MCCP)</li> <li>• Nitrirana jedinjenja (npr. Doverlube NCEP – jedinjenje koje sadrži azot)</li> <li>• Previše bazirani kalcijevi sulfonati</li> <li>• PEP aditivi</li> <li>• Jedinjenja na osnovi fosfora</li> <li>• Propilen oksid</li> <li>• Zamjene na osnovi sumpora</li> </ul>
Prerada PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akrilni polimeri</li> <li>• Alumina trihidrat</li> <li>• Aluminijev trihidroksid, koji se koristi u kombinaciji s antimonovim trioksidom (ATH)</li> <li>• Aluminijev trioksid</li> <li>• Antimonov trioksid (ili antimonov oksid)</li> <li>• Hlorirani parafini dugog lanca (C18+) (LCCP)</li> <li>• Hlorirani parafini srednjeg lanca (C14-17) (MCCP)</li> <li>• Organofosforni usporivači gorenja</li> <li>• Ftalati (općenito, uključujući estere ftalata)</li> <li>• Trioktil trimelitat (TOTM)</li> <li>• Cink borat</li> </ul>
Guma i plastika (osim polivinilhlorida)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hlorirani parafini srednjeg lanca (C14-17) (MCCP)</li> <li>• Hlorirani parafini dugog lanca (C18+) (LCCP)</li> <li>• Akrilni polimeri, aluminijev trihidroksid, koji se koristi u kombinaciji s antimonovim trioksidom (ATH)</li> <li>• Antimonov trioksid (ili antimonov oksid)</li> </ul>
Zaptivači i lijepkovi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hlorirani parafini srednjeg lanca (C14-17) (MCCP)</li> <li>• Dugolančani hlorirani parafini (C18+) (LCCP)</li> <li>• Fosfatni estri</li> <li>• Ftalati</li> <li>• Poliakrilatni estri</li> </ul>
Boje i premazi	Alternativni plastifikatori uključuju ftalatne estre, poliakrilne estre i diizobutirat, a alternativni usporivači gorenja uključuju spojeve koji sadrže fosfat i bor.
Tekstil	Antimonov trioksid, u kombinaciji s halogeniranim usporivačima plamena, može se koristiti na tekstilima kao što su vuna, pamuk, poliester, poliamidna vlakna i mješavine (tapacirane tkanine i krovne izolacijske tkanine). Bromirani usporivači plamena mogu se koristiti s antimonovim trioksidom na poliesterskim i celuloznim vlaknima, modakrilnim vlaknima, netkanim materijalima za draperije, presvlake i tekstilne premaze. Organofosforna jedinjenja, kao što je tris(izopropilfenil) fosfat, pogodna su za celulozna, najlonska i poliesterska vlakna (tkanine za presvlake, odjeća, fleksibilni kanali).
Proizvodnja kože	Hlorirani parafini dugog lanca (C18+) (LCCP), životinjska i/ili biljna ulja i/ili mineralna ulja.

(Izvor: [http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativesstoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins\(SCCPs\)/tabid/5986/Default.aspx](http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativesstoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/Shortchainchlorinatedparaffins(SCCPs)/tabid/5986/Default.aspx))

## Naučni radovi

**Izvor:** Karin Aschberger, Ivana Campia, Laia Quiros Pesudo, Anita Radovnikovic, Vittorio Reina, Chemical alternatives assessment of different flame retardants – A case study including multi-walled carbon nanotubes as synergist, Environment International, Volume 101, 2017, Pages 27-45, ISSN 0160-4120, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.017>.

**Opis:** Ovaj naučni rad prezentira rezultate istraživanja različitih alternativa za upotrebu usporivača gorenja do kojih se došlo tokom realizacije projekta FP7 DEROCA. Naročito je analizirano dodavanje višestjenih ugljikovih nanocjevcica (MWCNT) kao izuzetno korisne alternative, koja ne samo zamjenjuje štetne materije nego i poboljšava karakteristike proizvoda.

**Izvor:** F. Laoutid, L. Bonnaud, M. Alexandre, J.-M. Lopez-Cuesta, Ph. Dubois, New prospects in flame retardant polymer materials: From fundamentals to nanocomposites, Materials Science and Engineering: R: Reports, Volume 63, Issue 3, 2009, Pages 100-125, ISSN 0927-796X, <https://doi.org/10.1016/j.mser.2008.09.002>

**Opis:** Cilj navedenog naučnog rada je približiti temu usporivača gorenja u polimernim materijalima široj publici koja uključuje hemičare, fizičare, inžinjere i druge srodne struke. U radu su objašnjene osnove teorije izgaranja polimera, glavne osobine usporivača gorenja i testovi koji se koriste za opisivanje ponašanja u požaru. Također su objašnjeni priroda i način djelovanja osnovnih usporivača gorenja i sinergijski efekti koji se mogu postići korištenjem njihove kombinacije. Poseban fokus u ovom radu usmjeren je na polimerne nanokompozitne materijale.

**Izvor:** Evan S. Beach‡, Brian R. Weeks, Rebecca Stern, Paul T. Anastas, Plastics additives and green chemistry\*, Pure Appl. Chem., Vol. 85, No. 8, pp. 1611–1624, 2013. <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-CON-12-08-08>

**Opis:** Navedeni rad objašnjava kako se zelena hemija primjenjivala i kako će se nastaviti primjenjivati u pronalaženju rješenja za pitanja korištenja aditiva za postizanje željenih osobina i performansi polimernih materijala za različite primjene. Ovaj rad daje pregled alternativa ftalatnim plastifikatorima i halogeniranim usporivačima gorenja, koje zajedno čine značajan dio globalnog tržišta aditiva. Konačno, ovaj rad razmatra dizajn novih polimera koji pokazuju željene osobine bez upotrebe aditiva. U radu je također objašnjeno da supstance koje su predstavljene kao „zelene“ alternative tek trebaju proći isti nivo provjere kao što su već prošli dietilheksil ftalat (DEHP, također poznat kao dioktil ftalat) ili polibromirani difenil eteri (PBDE). Naglašeno je kako će saradnja između hemičara, inženjera i sektora koji se bavi zaštitom okoliša biti ključna za osiguranje sigurnosti i održivosti novih tehnologija.

**Izvor:** Mark W. Beach, Kenneth L. Kearns, John W. Davis, John R. Stutzman, Dean Lee, Yuming Lai, Daria Monaenkova, Shari Kram, Jing Hu, Christine Lukas, Stability Assessment of a Polymeric Brominated Flame Retardant in Polystyrene Foams under Application-Relevant Conditions, Environ. Sci. Technol. 2021, 55, 3050–3058. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c04325>

**Opis:** Navedeni rad analizira korištenje polimernog usporivača gorenja (PFR) BLUEDGE, koji je u upotrebi od 2011. godine i razvijen je kao zamjena za heksabromociklododekan u izolacijskim pjenama na osnovi polistirena (PS). U cilju boljeg razumijevanja degradacije PFR-a koji se koristi u PS pjenama, ispitana je degradacija PFR-a u uvjetima relevantnim za primjenu.

### Ponude alternativnih hemikalija nekih proizvođača

Clariant usporivači gorenja bez broma:



<https://www.clariant.com/en/Business-Units/Additives/Flame-Retardants/Sustainability>

Clariantovi usporivači plamena temelje se na fosforu, što im omogućava da pruže ekološki kompatibilniju zaštitu od požara, te daju rješenja u oblasti različitih industrija : poljoprivrede i stočarstva, autoindustrije, avijacije, građevinarstva, hemijskih intermedijera, premaza, boja i mastila, roba široke potrošnje, digitalnog slikarstva, elektronike, hrane, pića i jestivog ulja, tekstila, plastike i polimera, rудarstva, pakovanja, rafinerije nafte i petrohemije.

Lanexess polimerni usporivači gorenja:



<https://flameretardants.lanxess.com/wp-content/uploads/sites/17/2020/08/Emerald-Innovation-3000.pdf>

Emerald Innovation® 30001 je visoko efikasan, održiv bromirani polimerni usporivač plamena koji nudi razne poboljšane performanse. Ovaj usporivač plamena odlična je zamjena za heksabromociklododekan (HBCD) u proizvodima od ekspandiranog polistirena (EPS) i ekstrudiranog polistirena (XPS). Prednosti Emerald Innovation® 30001: stabilan polimer visoke molekulske težine, njegova polimerna struktura čini ga teško biodostupnim, alternativa za HBCD u EPS i XPS, pjene, smanjuje sadržaj preostale vode u EPS perlama. Emerald Innovation® 3000 uspješno je prošao EN ISO 11925-2 i njemački DIN 4102 B2 ispitivanja zapaljivosti.

# 6.2. Korisni web-alati: IAMC (evaluacija i poređenje hemikalija, zelena hemija u praksi)

**Inovativni pristup za upravljanje hemikalijama i hemijskim otpadom (engl. Innovative Approaches for the Sound Management of Chemicals and Chemical Waste – IAMC) (<https://iamc-toolkit.org>)**

## IAMC Toolkit

Innovative Approaches for the Sound Management  
of Chemicals and Chemical Waste

Ovaj komplet alata omogućava sistematsku identifikaciju kritičnih tačaka za upravljanje hemikalijama i implementiranje inovacija koje klijentima osiguravaju i povećavaju prihod, istovremeno brinući za okoliš i štiteći zdravlje radnika i društva.

Kompanije mogu koristiti preporuke za sistematični pristup, uz uputstvo korak-po-korak:  
<https://iamc-toolkit.org/index.php/company-guide/step-by-step-approach/>

Uputstva za ulogu zelene hemije u poboljšanju proizvodnih procesa data su na linku:  
<https://iamc-toolkit.org/index.php/technical-resources/green-chemistry-and-chemical-process-improvement/>

Posebno je korisno pogledati primjere iz prakse koje se nalaze na linku:  
<https://iamc-toolkit.org/index.php/case-studies/>

#### Follow the key tasks:

- Select the right company and land the client
- Characterize the company's strategy, product portfolio and main trends in their value chain
- Characterize the company's experience in innovation
- Identify initial possibilities for continuous improvement
- Set ambitions and form an innovation team

See the respective presentation to learn more:

[Get started](#)

The screenshot shows the homepage of the IAMC Toolkit. At the top, there is a navigation bar with links for 'Print', 'Download', 'Go to First Page', and 'Go to Last Page'. Below the navigation bar, the title 'IAMC Toolkit' and subtitle 'Innovative approaches for the Sound Management of Chemicals and Chemical Waste' are displayed. A large blue banner at the bottom of the page features the text 'PHASE I GET STARTED' and 'Company guide'. In the bottom left corner, there is a small logo for UNIDO.



#### 1. Background information

In the ink industry solvents are needed in high amounts for the cleaning of equipment such as grinders, mixers, tanks and other supplies. The management of solvents and their residues results in release of VOCs, which are precursors of ground level ozone and can cause severe health effects. In addition, the waste generated through the use of those flammable chemicals is ecotoxic.

#### 2. Introduction

Tintas y Pinturas Especiales S.A. is a small manufacturer of inks, with 52 employees in total. The company is dedicated to manufacturing inks for textiles, finishing inks for industrial laundries, as well as inks for pad printing and other materials. Tintas y Pinturas Especiales markets around 70% of its products at national scale and 30% of its products are exported to several countries in Central and South America. The company covers 30% of the domestic market of the country.

Before having carried out this project, the company consumed huge amounts of solvents' (mainly cyclohexanone) for the cleaning of various equipment. After the use, the spent solvent was classified as hazardous waste and sent to an authorized waste treatment facility for disposal. This resulted in high consumption of new solvents and high costs for the company (for buying new solvents and for disposing spent solvents). Therefore, investigations have been carried out on how to optimize

Topics from the IAMC Toolkit addressed:

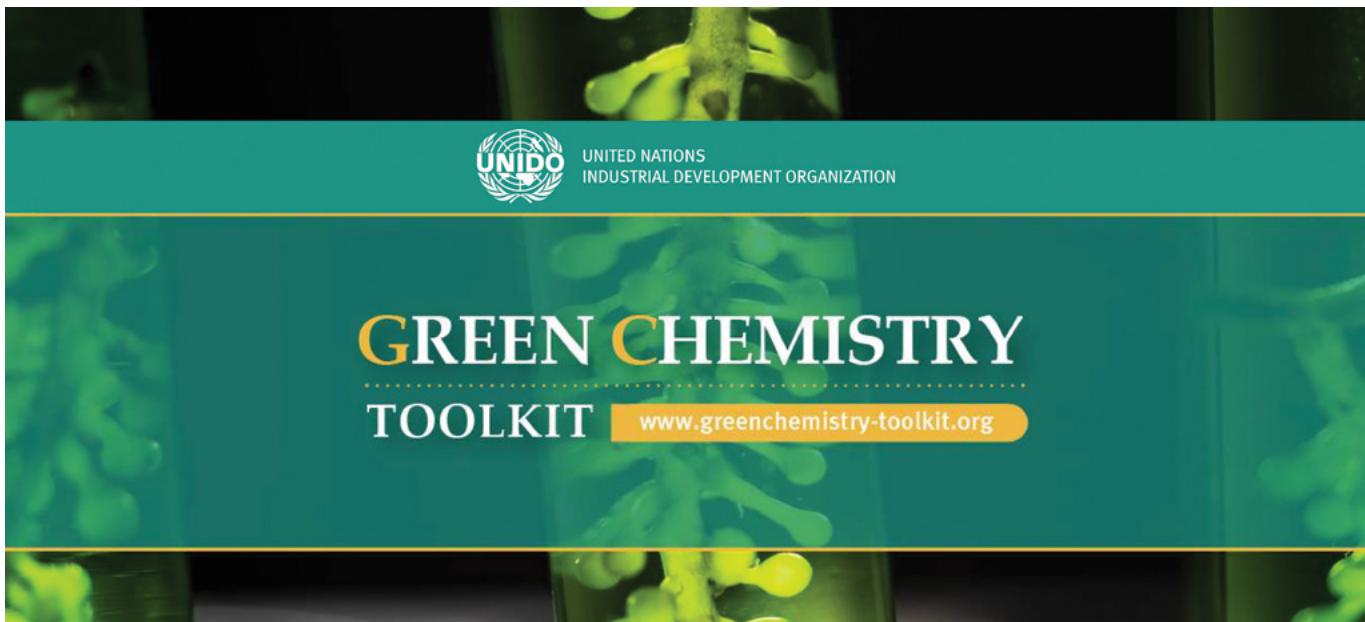
- Brainstorming on innovations to reduce chemicals
- Cleaning in place in cleaning processes
- Resource-efficient potential in the chemical industry



As a response to regulatory pressure, but also as a reaction

# 6.3. Korisni web-alati: UNIDO-GC Toolkit (alati za shvatanje i primjenu zelene hemije)

**UNIDO alati za primjenu zelene hemije (UNIDO Green Chemistry Toolkit) (<https://greenchemistry-toolkit.org>)**



Organizacija za industrijski razvoj Ujedinjenih nacija (UNIDO) u partnerstvu s Centrom za zelenu hemiju i zeleni inženjerima Univerziteta Yale, u okviru projekta Globalna inicijativa za zelenu hemiju razvili su mrežnu platformu **UNIDO Green Chemistry Toolkit**. Riječ je o kompletu alata koji sadrže niz pristupačnih objašnjenja za lakše razumijevanje principa zelene hemije. Ova inicijativa nastoji podržati održivi industrijski razvoj i doprinijeti postizanju ciljeva održivog razvoja. Navedeni alati objašnjavaju zelenu hemiju i njenu primjenjivost u industriji na interaktivan način.

Ova web-platforma sadrži niz pristupačnih objašnjenja za lakše shvaćanje principa zelene hemije, s prezentacijama ponuđenim za obuku i edukaciju, videoprilogima itd. Tu se mogu naći i primjeri primjene zelene hemije, ali i internetske stranice za dublje upućivanje i korisne alate. Korisnici trebaju pratiti prezentacije te primjeniti naučeno u interaktivnim vježbama.

Odabранe studije slučaja ilustriraju kako se principi zelene hemije mogu primijeniti u različitim kompanijama i kako doprinijeti smanjenju potrošnje opasnih hemikalija te poboljšanju njihove ekonomske i ekološke učinkovitosti. Korisnicima se nudi kratki opis inženjerskih tehnologija podijeljenih prema sektorima i opis njihovih primjena u praksi, uključujući inovacije koje su trenutno komercijalno dostupne i one koje će ubrzo biti. Navedeni su koristi od određenih tehnologija za ljudsko zdravlje i okoliš u odnosu na one tehnologije koje su prethodno korištene. Dostupne su poveznice na kojima je moguće pronaći dodatne informacije o navedenim tehnologijama i kontakt informacije za kompanije i agencije koje bi htjele preporučene tehnologije uključiti u svoje proizvodne procese.

Ova će platforma omogućiti kompanijama, državnim institucijama, nevladinim organizacijama i akademskoj zajednici da pronađu rješenja iz oblasti zelene hemije koja su relevantna za trenutne projekte i probleme u određenom području.

## 6.4. Korisni web-alati

**ChemSec (zamjena hemikalija, praćenje regulative i globalnih trendova) (<https://chemsec.org>)**



ChemSec, Međunarodni hemijski sekretarijat (engl. International Chemical Secretariat), neprofitna je organizacija posvećena radu na smanjenju toksičnosti u okolišu. Ova organizacija pomaže kompanijama u globalnom lancu snabdijevanja da eliminišu opasne hemikalije iz proizvoda. Nudi stručnost i smjernice o pravilima upravljanja hemikalijama kako bi se shodno tome unaprijedilo i zakonodavstvo vezano za hemikalije. Također, ChemSec radi zajedno s kompanijama kako bi smanjili upotrebu opasnih hemikalija u svojim privrednim djelatnostima. Sastoji se od tima veoma posvećenog tima hemičara, politologa, poslovnih stručnjaka i komunikologa. Sav njihov rad ima za cilj ubrzati prelaz u svijet bez opasnih hemikalija.

ChemSec Business Group je osnovana kao forum za preduzeća koja zajedno rade na definiranju i podizanju granice smanjenja upotrebe toksičnih tvari. Grupa služi i kao platforma za javne aktivnosti ili mogućnosti partnerstva s ciljem promicanja razumijevanja i pružanja rješenja za prelazak na nove hemikalije. Cilj je potaknuti raspravu, kao i povećati angažman u pitanjima vezanim za hemikalije. Organizacija ChemSec pomaže kompanijama u globalnom lancu snabdijevanja da eliminišu opasne hemikalije iz proizvoda. Prati regulative i trendove u ovoj oblasti. Hemikalije koje treba izbjegavati nalaze se na listi: <https://sinlist.chemsec.org>.

SIN lista je lista opasnih hemikalija koje se koriste u širokom spektru proizvoda i proizvodnih procesa širom svijeta. SIN (engl. Substitute It Now – Zamijenite odmah) podrazumijeva da ove hemikalije treba ukloniti što je prije moguće jer predstavljaju prijetnju ljudskom zdravlju i okolišu. SIN lista je alat za olakšavanje upravljanja hemikalijama i savršena polazna tačka za svaku organizaciju posvećenu identifikaciji i zamjeni opasnih hemikalija sigurnijim alternativama. Sastoji se od hemikalija koje je ChemSec identificirao kao one koje ispunjavaju kriterije za supstance koje izazivaju veliku zabrinutost, kako je definirano regulativom EU o hemikalijama REACH. Lista je zasnovana na vjerodostojnim, javno dostupnim informacijama iz postojećih baza podataka i naučnih studija, kao i novih istraživanja. Prilikom pretraživanja putem SInimilarity alata moguće je saznati sadrži li supstanca koju ste tražili iste strukturne elemente specifične grupe kao i SIN supstance i/ili ima li strukturu sličnost sa SIN supstancama. Sigurnije alternative mogu se naći na posebnoj listi: <https://marketplace.chemsec.org>.

„Marketplace“ okuplja sve inovacije zelene hemije na jednom mjestu na kojem poslovne kompanije mogu pronaći sigurnije alternative opasnim hemikalijama, omogućavajući kupcima i dobavljačima da počnu zamjenjivati hemikalije koje izazivaju zabrinutost i biraju sigurnija rješenja. Sve alternative na Marketplaceu imaju jednu zajedničku osobinu: ne sadrže opasne hemikalije.

Nudi se istraživanje sigurnijih alternativa po kategorijama: izgradnje, elektronike, tekstila, boja i premaza, plastike, teških metala, bioproizvoda, drvne industrije i mnogih drugih.

**Primjer:** Proučiti razloge za izbjegavanje alkana 10-13 te naći alternative.

Pretraživanjem (Search) dobija se podaci:

Alkanes, C10-13, chloro, SCCP

 Print    Share

CAS Number	85535-84-8
Name	Alkanes, C10-13, chloro, SCCP
SIN Groups	(Poly)halogenated alkanes
Reason for inclusion on the SIN List	Substance is concluded to be PBT by European Chemicals Bureau PBT Working Group.
Date for inclusion on the SIN List	2008 September
REACH status, appears on <small>Source: EESIS</small>	Candidate list
Hazard class and category code(s) <small>Source: ECHA</small>	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1

 » Safer alternatives from Marketplace

A zatim, klikom na „Safer alternatives from Marketplace“, dobija se lista od 13 alternativa:

Found 13 results Sort by [Most recent](#) ▾

<p><b>EVALUATED ALTERNATIVE</b> Paxymer – halogen free (non-halogenated) flame retardant synergist</p> <p>Paxymer is a patented, green, synergistic flame retardant technology for polyolefins. Paxymer is compatible with halogen free technologies for polyolefin plastics. Paxymer boost the performance of the halogen free flame retardants - allowing for lower dosage of additive and total FR with maintained burning performance. Paxymer offer cost savings of up to 20% and improvement in mechanical and processing properties.</p>	
<p><b>EVALUATED ALTERNATIVE</b> Halogen free flame retardant for PP applications - HFFR 00228 PP</p> <p>HFFR 00228 PP is recommended for PP applications where low halogen level are required (Under 2000,1500,1000 PPM). Let down ratio : 2.5-5% for UL 94 V2 , IEC 61386 , LPS 1207 etc</p>	
<p><b>EVALUATED ALTERNATIVE</b> Halogen free flame retardant for Polyolefin extrusion - HFFR 00G62 EVA</p> <p>HFFR 00G62 EVA is intended for Polyolefin extrusion in a Masterbatch for PS, ABS, PVC, LDPE, LLDPE, PP, HDPE plastics.</p>	
<p><b>EVALUATED ALTERNATIVE</b> SOL FR® - flame retardants made from natural cellulose</p> <p>The new generation of environmentally friendly silicone-nitrogen FR cellulose fiber SOL FR® is made from raw materials including natural cellulose and flame retardants. SOL FR® is produced through spinning and solidifying after a grafting reaction between cellulose solution and new silicon-nitrogen flame retardants, which can remain its original frameshape after burning without releasing toxic smoke and exerting bad effect on natural environment after its waste degradation, overcoming the current problems of poisonous gas released by burning phosphorus-containing flame-resistant fabric and</p>	

# 6.5. Zbirka rješenja iz prakse po principima zelene hemije

Zbirku rješenja praksi zelene hemije (Compendium of Green Chemistry solutions) moguće je preuzeti putem linka: <https://www.global-green-chemistry-initiative.com/technology-compendium>.

Ovo je zbirka od preko 300 tehnoloških rješenja na principima zelene hemije patentiranih i/ili primijenjenih u praksi, koja može služiti ili za direktnu primjenu ili kao pomoć u kreaciji sopstvenih rješenja za konkretnе situacije. Zbirka je sačinjena u okviru saradnje Centra za zelenu hemiju na Univerzitetu Yale s UNIDO i GEF organizacijama Ujedinjenih nacija. Sadrži i nekoliko vodiča za pomoć u odlučivanju o primjeni rješenja. U nastavku je dato nekoliko primjera preuzetih iz spomenute zbirke.

## Primjer 1: Bioplastika na osnovi polihidroksialkanoata

**Kategorija:** Plastika i polimeri

**Opis:** Kompanija Metabolix Inc. ostvarila je alternativu konvencionalnoj plastici, genetički modifikujući organizme koji mogu biosintetizirati polihidroksialkanoate (PHA). PHA su prirodna plastika koja se proizvodi od biomase i koja može imati različita fizička svojstva. Performanse i primjenljivost su vrlo uporedivi s tradicionalnom plastikom, a biorazgradivi su i kompostabilni i bez upotrebe dodatnog industrijskog procesa.

Mikroorganizmi su genetički modifikovani ubacivanjem novog reakcijskog puta s nizom enzimskih reakcija koje stvaraju PHA iz različitih prirodnih sirovina, kao što su biljna ulja i šećer od trske. Metabolixova tehnologija pokazala se efikasnom u proizvodnji mnogo vrsta PHA. Prirodna plastika se može dobiti u reakcijama visokog prinosa, a počela se komercijalizirati od strane kompanije Archer Daniels Midland 2004. godine.

U novije vreme, posebnim novim sojevima mikroorganizama može se čak i otpad tretirati za dobijanje PHA bioplastike. To može biti poljoprivredni, prehrambeni, komunalni ili industrijski otpad sa značajnim sadržajem ugljika. Ovaj način korištenja otpada kao sirovine značajno smanjuje troškove proizvodnje PHA plastike, jer najveći dio tog troška (do 40%) odnosi se upravo na sirovinu.

**Reference:** United States Environmental Protection Agency. Presidential Green Chemistry Challenge: 2005 Greener Reaction Conditions Award, <https://www.gopha.org/gopha>; <https://www.greenqueen.com.hk/genecis-bioplastics-organic-waste/>.



## Primjer 2: AirCarbon bioplastika

**Kategorija:** Plastika i polimeri

**Opis:** AirCarbon, proizvod kompanije Newlight Technologies, plastični je polimer napravljen od mješavine gasova na osnovi metana u kontaktu s uobičajenim atmosferskim gasovima. AirCarbon plastika pruža zelenu alternativu konvencionalnim plastičnim polimerima i ima nižu cijenu, s uporedivim ili boljim performansama. AirCarbon je već primijenjen u proizvodnji torbi, futrola za mobilne telefone, namještaja i drugih proizvoda.

Materijal AirCarbon dobija se zahvatanjem emisija gasova staklene bašte i korištenjem ugljika iz tih gasova za mikrobiološko dobijanje bioplastike (PHB) sličnim postupkom kao i ostale srodne PHA plastike. Istraživači kompanije Newlight Technologies uspjeli su kombinovati specifične mikroorganizme s čistom energijom, slanom vodom i zrakom, proizvodeći ono što je kompanija nazvala AirCarbon.

Zbog zahvatanja industrijskih emisija staklene bašte (prije svega metana iz napuštenih rudnika uglja) AirCarbon ima negativan ugljični otisak, tj. jedan kilogram materijala zarobljava / eliminiše ekvivalentnih 88 kilograma ugljendioksida.

**Referenca:** <https://www.greenqueen.com.hk/aircarbon-this-regenerative-biomaterial-replaces-plastic-captures-more-emissions-than-it-takes-to-make-it/>



### Primjer 3: Usporivač gorenja bez halogena

**Kategorija:** Elektronika

**Opis:** Kompanija FRX POLIMERS Inc. ostvarila je tehnologiju za usporavanje gorenja (UG) koja potencijalno može zamijeniti tradicionalne UG koji se koriste u proizvodnji raznih industrijskih proizvoda, uključujući elektroniku, ali i građevinarstvo, tekstilne materijale, automobilske materijale itd. Njihov UG bez halogena sastoji se od polimera difenil metilfosfonata (DPMP) koji se sintetišu u reakciji bez rastvarača uz minimalno stvaranje otpada. Njihov polimerni UG ima superiorne performanse i eliminiše rizike po okoliš i ljudsko zdravlje koji su prisutni kod konvencionalnih halogenizovanih UG.

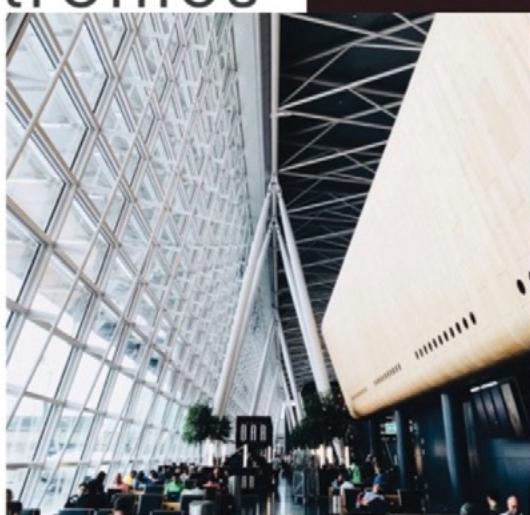
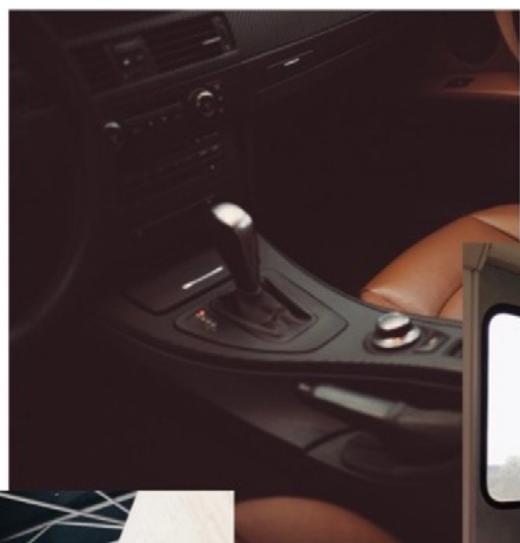
Razvili su posebnu fosfornu tehnologiju koja eliminiše probleme s migracijom jedinjenja i toksičnošću halogena. Koriste difenil metilfosfonat (DPMP) za sintezu polimera u reakciji bez rastvarača koja ima samo fenol kao glavni nusproizvod. Sintesa ima prinos od oko 100%, a proizvedeni fenol može se koristiti za proizvodnju dodatnog DPMP. Proizvodnja je ekonomski isplativa i ima minimalno stvaranje otpada.

Proizvedeni polimer ima više od 10% sadržaja fosfora i LOI (granični kiseonični indeks) od 65%. Ovaj UG se može koristiti samostalno ili u proizvodnji drugih polimernih materijala, kao što su poliestri, poliuree i epoksiidi, bez utjecaja na njihova fizička svojstva. Ovaj FR smanjuje stvaranje halogenizovanog otpada i kontaminacije i ima potencijal da poveća recikliranje plastike.

**Referenca:** <https://www.frxpolymers.com/electrical-electronics>



Electrical &  
Electronics



#### Primjer 4. Novozymes North America, Inc. – Biopreparacija pamuka

Novozymes North America, Inc. kreirao je novu metodu prerade pamuka za proizvodnju tkanina. Dizajnirani enzimski proces za uklanjanje voskova i drugih nečistoća iz pamuka uveliko smanjuje hemijski unos u proces i nastali opasni alkalni otpad. Proces je ekonomičniji s velikim smanjenjem energije i korištenja vode u odnosu na tradicionalne pristupe.

Prerada pamuka je jedna od najčešćih ekološki utjecajnih procesa tekstilne industrije jer koristi velike količine vode i stvara korozivni hemijski otpad. Proizvodnja tekstilnih proizvoda od pamuka zahtijeva korake za uklanjanje pamučnog voska i drugih nečistoća. Voskovi ometaju bojenje i završnu obradu tkanina te se moraju odvojiti od pamuka u procesu ribanja. Proces čišćenja koristi zagrijane otopine natrijevog hidroksida, surfaktanata i helatora za odvajanje voskova u suspenzije ili emulzije. Zatim se bazni medij obično neutralizira sirćetnom kiselinom.

Novozymes North America, Inc. je razvio enzimski proces pod nazivom BioPreparation za pripremu pamuka koji uveliko smanjuje količinu vode koja se koristi, stvaranje opasnog hemijskog otpada i organsko opterećenje nastalog otpada. Koristi se enzim pektat liaza koji je sposoban razgraditi pektin i odvojiti voskove i druge nečistoće iz pamuka u procesu koji je tako najmanje 30% jeftiniji. BioPreparation godišnje smanjuje potrošnju vode za oko 7 do 12 miliona galona vode jer kombinuje proces bojenja i pranja u jedan korak i ne zahtijeva toliko koraka ispiranja kao pri primjeni tradicionalnih tretmana natrijevim hidroksidom.



# 6.6. Nove mobilne aplikacije: Green Solvents

U posljednje vrijeme pojavile su se i mobilne aplikacije za iOS i Android mobitele, koje mogu biti od pomoći za brzi pregled dostupnosti „zelenih hemikalija“. Jedna od njih je Green Solvents. Kada se odabere rastvarač od interesa, dobije se sažetak njegovih „zelenih“ karakteristika.

The screenshot shows the mobile application interface for "carbon dioxide". At the top, there is a search bar with the text "carbon dioxide" and a clear button. Below the search bar, the chemical formula  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  is displayed. To the right of the formula is a circular icon with a large white "X".

**Safety:** 2 (green button)

**Health:** 1 (green button)

**Flammability:** 1 (green button)

**Environment:** 1 (green button)

**Waste:** 1 (green button)

**Reactivity:** 1 (green button)

**Lifecycle:** 1 (green button)

**CAS Number:** 124-38-9

**ChemSpider:** [CSID 274](#)

**PubChem:** [CID 280](#)

**CompTox:** [DTXSID4027028](#)

**Mol.Formula:**  $\text{CO}_2$

**Mol.Weight:** 44.01

**Boiling Point:** -78.0 °C

The screenshot shows the mobile application interface displaying various green solvents and their properties. At the top, there is a navigation bar with the title "Green Solvents" and a back arrow. Below the navigation bar is a row of icons representing different chemical groups: benzene ring,  $\text{CH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{O}-$ ,  $-\text{O}_\text{O}^-$ ,  $-\text{O}_\text{O}^-$ ,  $-\text{X}$ ,  $\text{HA}$ ,  $\text{B}^\circ$ , a circle with a dot, a flame, a skull, and a bone.

The main area displays a grid of solvent cards:

- benzyl alcohol:**  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$  (with structure diagram and hazard icons)
- 1,4-butanediol:**  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (with structure diagram and hazard icons)
- 1-butanol:**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (with structure diagram and hazard icons)
- 2-butanol:**  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- t-butanol:**  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$  (with structure diagram and hazard icons)
- butyl acetate:**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- t-butyl acetate:**  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOCH}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- butyl carbitol:**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (with structure diagram and hazard icons)
- t-butylethyl ether:**  $(\text{CH}_3)_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- carbon dioxide:**  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  (with structure diagram and hazard icons)
- carbon disulfide:**  $\text{S}=\text{C}=\text{S}$  (with structure diagram and hazard icons)
- chlorobenzene:**  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$  (with structure diagram and hazard icons)
- chloroform:**  $\text{CHCl}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- cumene:**  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$  (with structure diagram and hazard icons)
- cyclohexane:**  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  (with structure diagram and hazard icons)
- cyclohexanol:**  $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$  (with structure diagram and hazard icons)

## 6.7. Drugi web-linkovi o zelenoj hemiji

**Globalna inicijativa za zelenu hemiju:**

<https://www.global-green-chemistry-initiative.com>

**Institut za zelenu hemiju Američkog hemijskog društva:**

<https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry.html>

**Američka agencija za zaštitu okoliša:**

<https://www.epa.gov/greenchemistry/green-chemistry-resources>

**Zelena hemija Srbija:**

<https://greenchemistryserb.wixsite.com/green-serbia>



