



### INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA - PROBLEMI I MOGUĆA REŠENJA

Mr Milka POPOVIĆ, dipl. ing., Viša Tehnička Škola Kragujevac, SCG

#### Rezime

Ovaj rad ima prvenstveno za cilj da objasni termin Industrijska ekologija koji se poslednjih godina sve više koristi i u našoj zemlji na različitim nivoima. Ovaj termin ušao je u upotrebu kako u naučnim i stručnim krugovima tako i u medijima a da pritom nije jasno definisan kako bi zainteresovana populacija mogla da ga koristi na pravi način. Pored toga, u ovom radu je Industrijska ekologija predstavljena kao nova naučna oblast, definisani su njeni ciljevi i objašnjena je njena uloga u industriji. Takođe, na bazi postojećih znanja autora i podataka iz raspoložive literature, u radu se ukazuje i na vezu između Tribologije i Industrijske ekologije.

**Ključne reči:** ekologija, životna sredina, industrijska ekologija

#### 1. TERMIN INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA

Da bi se definisao termin *industrijska ekologija* neophodno je poći od definicije termina *ekologija*. Termin *ekologija* koji je prvi je uveo u upotrebu nemački zoolog Ernest Hackel davne 1866., potiče od grčke reči *oikos* što znači kuća.

Ekologija kao nauka danas ima mnogo definicija ali se sve one slažu u jednom da je to nauka koja se bavi interakcijom svih živih organizama međusobno, kao i interakcijama živog sveta sa neživom okolinom. To znači da ekologija proučava odnos organskog i neorganskog sveta, pojedinačno i globalno kao i odnose unutar njih samih.

Zaštita životne sredine samo je jedna grana ekologije koja je u našoj zemlji još uvek na početnom stadijumu razvoja.

Termin *industrijska ekologija* pojavio se u razvijenim zemljama krajem 60-ih i početkom 70-ih godina prošlog veka i on odslikava ubedjenje da moderna industrijska aktivnost mora da objasni svoj uticaj na okolinu.

Jedna lekcija iz ekologije uči nas da ekosistemi kontinualno recikliraju materiju u sopstvenom

ovekovečenom ciklusu. Upravo ova lekcija otvorila je put razvoju *industrijske ekologije* kao posebne naučne oblasti a u okviru oblasti zaštite životne sredine.

Termin *industrijska ekologija* uveden je da bi se pojmovno izdvojio okvir za razumevanje uticaja industrijskih sistema na životnu sredinu. Ovaj okvir služi da se prvo identifikuju uticaji industrijskih sistema na okolinu a zatim da se sprovede strategija za redukovanje tih uticaja.

Problem zaštite i očuvanja životne sredine je sistemski problem i zato zahteva sistemski pristup koji jedino može da obezbedi kompletan pregled i identifikaciju problema.

#### 2. INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA KAO NAUČNA OBLAST

Industrijska ekologija proučava fizičke, hemijske i biološke interakcije i njihove međusobne odnose unutar i između industrijskih i ekoloških sistema. Takođe, ona proučava kretanje mase i energije kroz industrijske sisteme i njihovu transformaciju u toku proizvodnih procesa. Većina autora smatra da industrijska ekologija treba da

objedini identifikaciju problema, strategiju njihovog rešavanja i da istovremeno omogući industrijskim sistemima harmonično funkcionisanje po principu održivih ekosistema.

Prema tome, kada govorimo o industrijskoj ekologiji kao posebnoj naučnoj oblasti, jednostavno se može reći da je to nauka o interakciji između industrijskih i ekoloških sistema. Međutim, treba naglasiti da fokus proučavanja može biti na različitim nivoima sistema što je ovoj oblasti i donelo status naučne discipline.

### 3. DEFINISANJE INDUSTRIJSKE EKOLOGIJE

Još ne postoji jedna jedina definicija industrijske ekologije koja je opšte prihvaćena. Ipak, većina od njih sadrži u sebi slične atribute sa posebnim naglaskom na nekom od njih. To su sledeći atributi:

- Sistemski pogled na interakciju između industrijskih i ekoloških sistema.
- Proučavanje tokova materijala i energije i njihove transformacije.
- Multidisciplinarni pristup.
- Orijentacija prema budućnosti.
- Promena od linearnih (otvorenih) procesa do cikličnih (zatvorenih) procesa, tako da otpad od jedne industrije može biti sirovina odnosno ulaz za drugu industriju.
- Redukovanje uticaja industrijskih sistema na prirodne ekosisteme.
- Redukovanje uticaja okoline industrijskih sistema na prirodne ekosisteme.
- Uticaj na harmonično integrisanje industrijskih aktivnosti u ekološke sisteme.
- Ideja stvaranja efikasnog industrijskog sistema po ugledu na održive prirodne ekosisteme.
- Identifikacija sistema i njihovo poredjenje sa prirodnim sistemima koje ukazuje na oblast potencijalnih proučavanja i aktivnosti.
- Praćenje toka teških metala kroz ekosferu.

Kada je u pitanju definisanje industrijske ekologije, dalji rad zahteva objedinjavanje svih činilaca postojećih definicija u jednu unificiranu definiciju.

Nepostojanje jasne i jedinstvene definicije pokazuje da se radi o još uvek novoj naučnoj oblasti multidisciplinarnog karaktera.

Eksperti iz ove oblasti vode debatu na sledećim pitanjima:

- Da li je industrijski sistem prirodni sistem? Neki smatraju da je sve konačno priroda.

- Da li je industrijska ekologija usredsređena na integrisanje industrijskih sistema u prirodne sisteme ili samo pokušava da imitira ekološki sistem? Ili oba?
- Postojeće definicije oslanjaju se uglavnom na tehnička i inženjerska rešenja problema životne sredine. Neki autori smatraju da promena industrijskih sistema takodje zahteva i promenu ponašanja ljudi odnosno socijalne obrasce ponašanja. Ključno pitanje je: Kakva je ravnoteža najpogodnija između promene ponašanja ljudi i tehničkih promena?
- Da li sistemska analiza i materijala i energije može da objasni suštinu industrijske ekologije?

### 4. CILJ INDUSTRIJSKE EKOLOGIJE

Primarni cilj industrijske ekologije je da promoviše i unapređuje održivi razvoj industrije na globalnom, regionalnom i lokalnom nivou. Održivi razvoj je definisan od strane *Svetske komisije Ujedinjenih Nacija za Zaštitu životne sredine i Razvoj* kao "skup potreba sadašnje generacije bez žrtvovanja potreba budućih generacija". Osnovni princip održivog razvoja sadrži u sebi: kontrolisanu upotrebu sirovina, zaštitu prirodnih ekosistema (održavanje strukture i funkcije), i zaštitu zdravlja ljudi kao i promociju prava na zdravu okolinu.

### 5. OSNOVNI KONCEPT INDUSTRIJSKE EKOLOGIJE

Bez obzira na pojavu pionirskih radova iz oblasti industrijske ekologije 70-ih godina dvadesetog veka, kao bazični koncept može se smatrati "koncept industrijskog metabolizma" koji je 1989 razvio Robert Ayres. Njegova ideja je bila da idealan industrijski sistem treba da funkcioniše kao ekosistem odnosno da bude analogan prirodnim ekosistemima. Prema ovoj teoriji industrijski sistemi su efikasniji ukoliko su bliže ekosistemima.

Polazna tačka ove teorije je kontrola (praćenje) kretanja materijala i energije u industrijskim sistemima kao i kontrola njihove transformacije. Na ovaj način uz korišćenje sistemske analize proizvoda i procesa mogu se utvrditi gubici energije, gubici mase (kroz otpadne produkte) i količina proizvedenih zagadjivača.

Uspostaviti *industrijski metabolizam* znači upravljati tokovima materijala i energije a to znači lako identifikovati i redukovati neefikasne proizvode i procese čiji je rezultat u industrijskom otpadu i zagadjanju okoline. Takodje, to znači da se

otpad različitih vrsta i agregatnog stanja dalje koristi kao ulazna sirovina za neku drugu industriju ili pak kao energent. Na ovaj način ostvaruje se ciklični (zatvoreni) sistem sličan prirodnom ekosistemu.

U razvijenom delu Evrope i u SAD, postoje ovakvi industrijski sistemi ali se može slobodno reći da je njihova zastupljenost ipak mala. I u ovim razvijenim zemljama najvažnija pitanja velike produkcije otpada i gubitaka energije rešavaju se parcijlno.

Zato, industrijska ekologija kao multidisciplinarna naučna oblast (jos uvek postoje debate da li je to posebna naučna oblast) dobija sve veći značaj.

U našoj zemlji, zbog stanja u našoj prirodi, rano je govoriti o industrijskim ekosistemima. Međutim, neophodno je upravljati postojećim industrijskim sistemima na najekonomičniji način i sa aspekta potrošnje materijala i energije i sa aspekta korišćenja otpada i sa aspekta redukovanja zagađenja.

## 6. INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA I TRIBOLOGIJA

Jedna od najčešćih definicija *tribologije* kaže da je to nauka i tehnologija o prenosu i rasipanju mase i energije. Ova definicija nas direktno upućuje na vezu ove naučne-multidisciplinarnе oblasti i *industrijske ekologije*. Tribološka znanja koja podrazumevaju kontrolu i upravljanje procesima u industriji i transportu, partikularnom aktivnošću mogu mnogo da doprinesu globalnom rešavanju problema efikasnosti proizvodnje, ekonomičnosti proizvodnje i zagađenosti životne sredine.

## 7. ZAKLJUČAK

*Industrijska ekologija* kao nova naučna multidisciplinarna oblast ima za zadatak stvaranje industrijskih ekosistema u cilju održivosti života na Zemlji i u cilju postizanja maksimalne produktivnosti uz minimalan utrošak materijala i energije kao i minimalnu proizvodnju otpada i zagađivača. Postizanje krajnjeg cilja je prilično teško, posebno u uslovima u kojima radi naša industrija. Međutim, koristeći postupke "korak po korak" može se mnogo uraditi na regionalnom i lokalnom planu što će u krajnjoj instanci imati i globalne efekte. Ovi koraci kod nas mogu da budu sledeći pravci razvoja:

- Razvoj novih - zelenih tehnologija (bez ili sa smanjenim štetnim otpadom).
- Razvoj metoda i postupaka za uništavanje štetnog otpada.
- Razvoj procesa i postupaka za recikliranje otpada kako bi se otvorio put do jeftinih sirovina i energenata i smanjilo zagađenje okoline.
- Razvoj metoda i postupaka za sakupljanje i sortiranje otpada.
- Razvoj tehnologija za proizvodnju zelenih goriva od biomase izdvojene iz otpada.
- Rešavanje problema otpadnih voda.
- Rešavanje urbanističkih i drugih sličnih problema gradova i regija koji su vezani za otpadne materijale iz industrije i iz domaćinstava (deponije i sl).

## 8. LITERATURA

1. Ehrenfeld, J.R., "Industrial Ekology-An Important Work in Progress", Ecodesign 2001, Tokyo, December 12, 2001.
2. Allenby, B.R. and W.E. Cooper, Understanding Industrial ekology from Biological Systems Perspective., Total Quality Environmental Management, 1994. 3(3):p.343-354.
3. Ehrenfeld, J.R., Industrial Ekology: A new framework for product and process design. Journal of Cleaner Production, 1997. 5(1-2):p.87-95