



Univerza v Mariboru  
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo



Damjan Krajnc

# UPRAVLJANJE Z OKOLJEM

(ZBRANO GRADIVO)



Maribor, 2009

# 1 Kazalo

---

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b><u>KAZALO</u></b>   | <b>2</b>  |
| <b>2</b>   | <b><u>RAZVOJ NAČELA TRAJNOSTNEGA RAZVOJA</u></b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>TRAJNOSTNI RAZVOJ V KEMIJSKI IN PROCESNIH INDUSTRIJAH</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>3</b>   | <b><u>VPLIV INDUSTRIJSKIH AKTIVNOSTI NA OKOLJE</u></b>   | <b>14</b> |
| <b>3.1</b> | <b>DEFINIRANJE OKOLJSKIH VPLIVOV</b>   | <b>14</b> |
| 3.1.1      | IZKORIŠČANJE NEOBNOVLJIVIH VIROV SUROVIN   | 14        |
| 3.1.2      | KLIMATSKA SPREMEMBA  | 14        |
| 3.1.3      | TANJŠANJE OZONSKE PLASTI   | 15        |
| 3.1.4      | ZAKISANJE  | 15        |
| 3.1.5      | RAZRAŠČANJE BIOMASE  | 16        |
| 3.1.6      | FOTOKEMIČNA TVORBA OKSIDANTOV  | 16        |
| 3.1.7      | ČLOVEŠKO ZASTRUPljanJE   | 17        |
| <b>4</b>   | <b><u>KJOTSKI PROTOKOL K OKVIRNI KONVENCIJI ZDRUŽENIH NARODOV O SPREMEMBI<br/>PODNEBJA</u></b> | <b>18</b> |
| <b>4.1</b> | <b>VSEBINA PROTOKOLA</b>   | <b>18</b> |
| <b>4.2</b> | <b>POMEN RATIFIKACIJE PROTOKOLA ZA SLOVENIJO</b>   | <b>18</b> |
| <b>4.3</b> | <b>FINANČNE POSLEDICE</b>  | <b>19</b> |
| <b>5</b>   | <b><u>CILJ UPRAVLJANJA Z OKOLJEM: PROIZVODNJA BREZ ODPADKOV</u></b>                            | <b>21</b> |
| <b>5.1</b> | <b>NAPREDOVANJE PODJETIJ K TRAJNOSTNI PROIZVODNJI</b>  | <b>21</b> |
| <b>5.2</b> | <b>PROIZVODNJA BREZ ODPADKOV</b>   | <b>22</b> |
| <b>5.3</b> | <b>METODOLOGIJA DOSEGANJA PROIZVODNJE BREZ ODPADKOV</b>  | <b>24</b> |
| 5.3.1      | ANALIZA PROIZVODNEGA PROCESA   | 25        |
| 5.3.2      | PROCESNE IZBOLJŠAVE IN OPTIMIRANJE PROCESA   | 26        |
| 5.3.3      | INVENTURA ODPADKOV IN STRANSKIH PRODUKTOV PROIZVODNEGA PROCESA                                 | 26        |
| 5.3.4      | POTENCIALNI PARTNERJI IN RAZVOJ INDUSTRIJSKEGA GROZDA  | 27        |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.3.5    | ANALIZA IZVEDLJIVOSTI   | 28        |
| 5.3.6    | SISTEM RAVNANJA Z ODPADKI   | 28        |
| 5.3.7    | VKLJUČITEV DELEŽNIKOV PODJETIJ  | 29        |
| 5.3.8    | PRIMER UPORABE METODOLOGIJE DOSEGANJA PROIZVODNJE BREZ ODPADKOV NA PROIZVODNJI<br>SLADKORJA | 29        |
| 5.3.8.1  | Inventura odpadkov in stranskih produktov   | 29        |
| 5.3.8.2  | Določitev potencialnih industrijskih partnerjev   | 30        |
| 5.3.8.3  | Možnosti ponovne uporabe zemlje in kamenja  | 31        |
| 5.3.8.4  | Možnosti uporabe zelenega odpadka   | 32        |
| 5.3.8.5  | Možnosti uporabe pesne gošče  | 32        |
| 5.3.8.6  | Možnosti uporabe melase   | 33        |
| 5.3.8.7  | Možnosti uporabe karbonatnega mulja   | 33        |
| 5.3.8.8  | Možnosti uporabe tople vode in ogljikovega dioksida   | 33        |
| 5.3.8.9  | Identifikacija agro-industrijskega ekološkega kompleksa                                     | 34        |
| <b>6</b> | <b><u>SMERNICA O CELOVITEM PREPREČEVANJU IN OBVLADOVANJU ONESNAŽEVANJA</u></b>              |           |
|          | <b><u>35</u></b>  |           |
| 6.1      | NAJBOLJŠE RAZPOLOŽLJIVE TEHNIKE   | 35        |
| 6.2      | IZVAJANJE SMERNICE V DRŽAVAH ČLANICAH EU IN NJENI ZAVEZANCI                                 | 36        |
| 6.3      | OKOLJEVARSTVENA DOVOLJENJA, ORODJE ZA UVELJAVITEV CELOVITEGA PRISTOPA                       | 37        |
| <b>7</b> | <b><u>OSNOVE SISTEMOV UPRAVLJANJA Z OKOLJEM</u></b>   | <b>39</b> |
| 7.1      | RAZVOJ UPRAVLJANJA Z OKOLJEM  | 39        |
| 7.1.1    | KAJ JE UPRAVLJANJE Z OKOLJEM IN SISTEM UPRAVLJANJA Z OKOLJEM                                | 39        |
| 7.1.2    | ZAKAJ VZPOSTAVITI SISTEM UPRAVLJANJA Z OKOLJEM (SUO)?                                       | 40        |
| 7.1.3    | PREDNOSTI IN KORISTI SUO  | 42        |
| 7.2      | EKONOMIJA SUO   | 43        |
| 7.2.1    | ALI SUO ZNIŽUJE STROŠKE ZAGOTAVLJANJA USTREZNOSTI Z ZAKONODAJO?                             | 43        |
| 7.2.2    | MOŽNI STROŠKI SISTEMA UPRAVLJANJA Z OKOLJEM   | 43        |
| 7.3      | OSNOVE SISTEMA UPRAVLJANJA Z OKOLJEM  | 44        |
| 7.3.1    | DEMINGOV CIKEL KOT OSNOVNO NAČELO SUO   | 44        |
| 7.3.2    | CELOVITO OBVLADOVANJE KAKOVOSTI   | 44        |
| 7.4      | VPRAŠANJA ZA ŠTUDIJ   | 46        |
| 7.5      | INTERNETNI VIRI   | 46        |
| <b>8</b> | <b><u>PREGLED OKOLJSKIH STANDARDOV</u></b>  | <b>48</b> |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>8.1</b>  | <b>KAJ JE STANDARDIZACIJA?</b>  | <b>48</b> |
| <b>8.2</b>  | <b>UVOD V STANDARDE SISTEMOV UPRAVLJANJA Z OKOLJEM</b>                          | <b>48</b> |
| <b>8.3</b>  | <b>STANDARDI SERIJE 14000</b>   | <b>49</b> |
| 8.3.1       | STANDARD 14001  | 51        |
| 8.3.1.1     | PRIMER: Uvedba standarda ISO 14001 v Talumu d. d.                               | 53        |
| <b>8.4</b>  | <b>HEMA EMAS</b>  | <b>54</b> |
| 8.4.1       | KAJ ZAHTEVA EMAS  | 55        |
| 8.4.1.1     | Začetni okoljski pregled  | 55        |
| 8.4.1.2     | Sistem ravnanja z okoljem   | 56        |
| 8.4.1.3     | Notranja presoja  | 57        |
| 8.4.1.4     | Okoljska izjava   | 57        |
| 8.4.1.5     | Postopek verifikacije in validacije   | 58        |
| 8.4.1.6     | Registracija  | 59        |
| 8.4.1.7     | Enota, ki se lahko registrira   | 60        |
| <b>9</b>    | <b><u>MERJENJE OKOLJSKEGA DELOVANJA IN TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETIJ</u></b>    |           |
|             | <b><u>KEMIJSKE IN PROCESNIH INDUSTRIJ</u></b>                                   | <b>61</b> |
| <b>9.1</b>  | <b>MERJENJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA RAZLIČNIH SISTEMOV</b>                         | <b>62</b> |
| <b>9.2</b>  | <b>DEFINIRANJE KAZALCEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA IN NJIHOVA VLOGA</b>               | <b>64</b> |
| <b>9.3</b>  | <b>PREGLED OBSTOJEČIH METODOLOGIJ MERJENJA TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETIJ</b>    | <b>67</b> |
| <b>9.4</b>  | <b>METODOLOGIJE ZA MERJENJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETIJ</b>                   | <b>70</b> |
| <b>9.5</b>  | <b>SESTAVLJENI INDEKS ZA MERJENJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETIJ</b>             | <b>71</b> |
| 9.5.1       | ZDRUŽEVANJE KAZALCEV V INDEKS TRAJNOSTNEGA RAZVOJA                              | 71        |
| <b>10</b>   | <b><u>VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE</u></b>  | <b>73</b> |
| <b>10.1</b> | <b>ODLOČANJE Z ANALITIČNIM HIERARHIČNIM PROCESOM</b>                            | <b>73</b> |
| 10.1.1      | DOLOČANJE POMEMBNOСТИ PARAMETROV Z METODO ANALITIČNEGA HIERARHIČNEGA PROCESA    | 74        |
| 10.1.2      | RAZLAGA ANALITIČNEGA HIERARHIČNEGA PROCESA NA PRIMERU                           | 79        |
| <b>10.2</b> | <b>MEHKA LOGIKA KOT SISTEM ZA UPRAVLJANJE SISTEMOV IN SPREJEMANJE ODLOČITEV</b> | <b>80</b> |
| 10.2.1      | OSNOVE MEHKE LOGIKE   | 81        |
| 10.2.1.1    | Mehke množice   | 81        |
| 10.2.1.2    | Lingvistična spremenljivka  | 83        |
| 10.2.1.3    | Mehki operatorji in operacije   | 83        |
| 10.2.1.4    | Baza znanj  | 83        |
| 10.2.1.5    | Mehčanje ostrih vrednosti (fuzifikacija)  | 84        |
| 10.2.1.6    | Mehki inferenčni stroj  | 85        |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 10.2.1.7 | Ostrenje mehkih vrednosti (defuzifikacija) | 85 |
|----------|--|----|

## **11 METODOLOGIJA ZA SISTEM UPRAVLJANJA Z OKOLJEM IN MERJENO DOSEGANJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETIJ** **86**

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>11.1</b> | <b>DEFINIRANJE STRATEGIJE PODJETJA ZA DOSEGANJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA</b>   | <b>87</b>  |
| 11.1.1      | DOLOČITEV KLJUČNIH VIDIKOV DELOVANJA PODJETJA  | 88         |
| 11.1.1.1    | Gospodarski vidiki   | 88         |
| 11.1.1.2    | Okoljski vidiki  | 89         |
| 11.1.1.3    | Družbeni vidiki  | 90         |
| <b>11.2</b> | <b>DEFINIRANJE SPECIFIČNIH NALOG IN CILJEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA PODJETJA</b>   | <b>90</b>  |
| <b>11.3</b> | <b>VKLJUČITEV STRATEGIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA V PRAKSO PODJETJA</b>  | <b>91</b>  |
| <b>11.4</b> | <b>IDENTIFIKACIJA POTENCIALNEGA NIZA KAZALCEV</b>  | <b>92</b>  |
| 11.4.1      | SESTAVA KAZALCEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA  | 92         |
| 11.4.2      | DIMENZIJE IN KVALITETA KAZALCEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA   | 100        |
| <b>11.5</b> | <b>MERJENJE KAZALCEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA</b>  | <b>100</b> |
| <b>11.6</b> | <b>ZDRUŽENA INFORMACIJ O TRAJNOSTNEM RAZVOJU – ZDRUŽEVANJE KAZALCEV V SESTAVLJENI INDEKS TRAJNOSTNEGA RAZVOJA</b>                          | <b>101</b> |
| 11.6.1      | IZBOR KAZALCEV   | 102        |
| 11.6.2      | ZDRUŽEVANJE IZBRANIH KAZALCEV  | 102        |
| 11.6.3      | PRESOJANJE VPLIVA KAZALCEV   | 103        |
| 11.6.4      | DOLOČEVANJE UTEŽI KAZALCEV   | 103        |
| 11.6.5      | NORMALIZIRANJE KAZALCEV  | 104        |
| 11.6.6      | IZRAČUN PODINDEKSOV  | 104        |
| 11.6.7      | ZDRUŽEVANJE PODINDEKSOV V INDEKS TRAJNOSTNEGA RAZVOJA  | 105        |
| <b>11.7</b> | <b>ENOSTAVNI MODEL ZA PRIMERJALNO OCENJEVANJE PODJETIJ IZ KEMIJSKE IN PROCESNIH INDUSTRIJ GLEDE NA NAJBOLJŠE RAZPOLOŽLJIVE TEHNIKE</b>     | <b>105</b> |
| 11.7.1      | ANALIZA DOKUMENTOV O NAJBOLJŠIH RAZPOLOŽLJIVIH TEHNIKAH IN DRUGIH DOKUMENTOV   | 106        |
| 11.7.2      | DEFINIRANJE KAZALCEV IN PRIMERJALNIH VREDNOSTI NAJBOLJŠIH RAZPOLOŽLJIVIH TEHNIK  | 106        |
| 11.7.3      | DEFINIRANJE STOPENJ DELOVANJA Z NAJBOLJŠIMI RAZPOLOŽLJIVIMI TEHNIKAMI  | 107        |
| 11.7.4      | RAZVRSTITEV VREDNOSTI KAZALCEV V STOPNJE DELOVANJA BAT IN TOČKOVANJE VSAKE RAZVRSTITVE KAZALCA   | 108        |
| 11.7.5      | IZRAČUN PODINDEKSOV DELOVANJA  | 108        |
| 11.7.6      | ZDRUŽEVANJE PODINDEKSOV DELOVANJA V INDEKS BAT   | 108        |
| <b>11.8</b> | <b>MEHKO-LOGIČNI MODEL ZA PRIMERJALNO OCENJEVANJE PODJETIJ IZ KEMIJSKE IN PROCESNIH INDUSTRIJ GLEDE NA NAJBOLJŠE RAZPOLOŽLJIVE TEHNIKE</b> | <b>109</b> |
| 11.8.1      | BAZA ZNANJA  | 111        |
| 11.8.2      | LINGVISTIČNE MEHKE MNOŽICE   | 111        |
| 11.8.3      | MEHČANJE   | 112        |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| 11.8.4       | BAZA MEHKIH PRAVIL  | 114        |
| 11.8.5       | MEHKI INFERENČNI STROJ  | 117        |
| 11.8.6       | OSTRENJE  | 118        |
| <b>11.9</b>  | <b>KONTROLIRANJE TER NOTRANJE IN ZUNANJE POROČANJE REZULTATOV OCENJEVANJA<br/>TRAJNOSTNEGA RAZVOJA</b>                                      | <b>118</b> |
| <b>11.10</b> | <b>PREGLED DOSEDANJEGA DELOVANJA IN NAPREDKA, NADALJNI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE<br/>DELOVANJA IN DELOVANJE V SKLADU Z DOBLJENIMI REZULTATI</b> | <b>119</b> |
| <b>12</b>    | <b>REFERENCE</b>  | <b>121</b> |

---

## 2 Razvoj načela trajnostnega razvoja

---

Že v šestdesetih letih prejšnjega stoletja se je zaradi hitrega razvoja industrije, ki je čedalje bolj onesnaževala okolje, pojavilo naravovarstveno gibanje. Leta 1968 je bil ustanovljen Rimski klub, ki je vključeval raziskovalce iz različnih področij, da bi ugotovili soodvisnost in povezavo različnih faktorjev, kot so povečanje števila prebivalstva, proizvodnja hrane, industrializacija, poraba naravnih virov in onesnaževanje. V svojem poročilu so napovedali, da bo človeštvo v primeru nespremenjenega razvoja doseglo svoje naravne meje v približno sto letih.

Leta 1972 je bila v Stockholmu prva konferenca Združenih narodov o človeškem okolju (*angl.*, UN Conference on the Human Environment in Stockholm), ki označuje začetek zakonodajnega in institucionalnega urejanja varstva okolja. To je bila prva konferenca, ki se je osredotočila na okolje. Njen namen je bil navdihniti in usmeriti prebivalstvo k varovanju in izboljševanju stanja okolja. Eden glavnih zaključkov konference je bil ta, da mora ob doseganju ekonomskega dobička biti upoštevano tudi okolje in človekove pravice.

Načelo trajnostnega razvoja, kot ga poznamo danes, se je pojavilo v 80-tih letih prejšnjega stoletja kot odziv na uničevalne družbene in okoljske posledice prevladujoče gospodarske rasti. Ideja o trajnostnem razvoju izvira iz okoljskega gibanja. Enega izmed najzgodnejših izrazov načela trajnostnega razvoja je mogoče zaslediti v Svetovni strategiji ohranitve sveta, ki so jo družno predstavili Okoljski program Združenih narodov (*angl.*, United Nations Environmental Programme, UNEP), Sklad za svetovno divjino (*angl.*, World Wildlife Fund, WWF) in Mednarodno združenje za ohranitev narave in naravnih virov (*angl.*, International Union for Conservation of Nature and Natural resources, IUCN). Strategija je poudarila pomembnost treh prioriternih področij, ki naj bi bila vključena v razvojno politiko: ohranjanje ekoloških procesov, trajnostna raba naravnih virov in ohranjanje genetske raznolikosti (IUCN/UNEP/WWF, 1980).

Kljub vsemu je načelo trajnostnega razvoja dobilo širšo razpoznavnost šele potem, ko je Svetovna komisija za okolje in razvoj (t. i. Brundtlandina komisija) v svojem poročilu iz leta 1987 z naslovom »Naša skupna prihodnost« (*angl.*, Our Common Future) opozorila na nevarnosti, ki jih prinaša sedanji način razvoja. Komisija je opredelila kot trajnostnega tisti razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanjih generacij, ne da bi pri tem ogrozil možnosti prihodnjih generacij, da bi zadovoljevale svoje potrebe. Ta definicija povezuje naslednje

---

tri dejavnike: (1) razvojne potrebe človeštva, (2) varstvo in ohranjanje naravnega okolja ter (3) vzdrževanje možnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. Od izida Brundtlandinega poročila (WCED, 1987) je postal koncept trajnostnega razvoja eden vodilnih političnih in znanstvenih ciljev. Večina današnjih definicij trajnostnega razvoja temelji na tri-dimenzijskem konceptu, ki vključuje neokrnjenost okolja, družbeno pravičnost in ekonomsko učinkovitost. Brundtlandina definicija trajnostnega razvoja se osredotoča na zadovoljevanje človeških potreb in ne želja, čeprav teh potreb ne opredeljuje.

Po objavi Brundtlandinega poročila so številne aktivnosti in pobude pripeljale do zelo raznolikih interpretacij trajnostnega razvoja, kot ga vidimo danes. Eden ključnih dogodkov je vsekakor bila svetovna konferenca Združenih narodov o okolju in razvoju leta 1992 v Riu de Janeiru, neformalno znana kot »Earth Summit«. Na konferenci so predstavniki iz okoli 180 držav potrdili deklaracijo o okolju in razvoju, ki je izpostavila 27 načel v podporo trajnostnemu razvoju. Hkrati so zbrani voditelji podpisali konvencijo o klimatskih spremembah, konvencijo o biološki raznovrstnosti in načelo pogozdovanja. Sporočilo iz Ria poudarja, da gospodarskega razvoja ne moremo in ne smemo ustaviti, ampak moramo spremeniti njegovo smer, da bo postal manj uničujoč za okolje. Varstvo okolja mora potekati sočasno z gospodarskim razvojem, ki mora vključiti skrb za okolje in družbeno pravičnost. Vsi ljudje imajo pravico do gospodarskega razvoja in z njim povezane blaginje, hkrati pa je možno zmanjšati negativne okoljske in družbene vplive razvoja pod mejo, nad katero ogrožajo človeštvo in planet.

Varstvo okolja in doseganje trajnostnega razvoja si moramo deliti kot skupno odgovornost, pri tem pa so potrebne korenite spremembe, če želimo spremeniti netrajnostne vzorce proizvodnje in potrošnje. Koncept gospodarske rasti, kakršno poznamo danes, je nezdružljiv s konceptom trajnostnega razvoja, za katerega je potrebno ravnovesje v družbi in okolju. Za uresničitev načel in sporazumov iz Ria je bil pripravljen program ukrepov, bolj znan pod imenom Agenda 21 (United Nations, 1992), ki poziva vlade vseh držav, naj sprejmejo nacionalne strategije trajnostnega razvoja.

Deset let po konferenci v Riu je leta 2002 v Johannesburgu potekalo zasedanje Združenih narodov o trajnostnem razvoju, ki so se ga udeležili predstavniki iz 183 držav. Trajnostni razvoj je bil ponovno opredeljen kot ključni element mednarodnih ukrepov. Prisotne vlade so se zedinile o širokem nizu konkretnih obvez in ciljev pri doseganju trajnostnega razvoja (UN Publications, 2002).

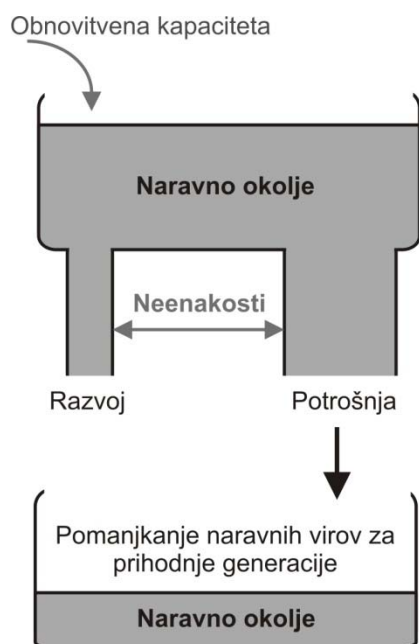


Srečanje v Johannesburgu je utrdilo in razširilo razumevanje o trajnostnem razvoju, predvsem o pomembnosti medsebojnih povezav med revščino, okoljem in rabo naravnih virov. Tovrstna politična srečanja so približala trajnostni razvoj širši javnosti in ga zastavila kot vsesplošen politični cilj. Rezultat je razvoj strategij in politik trajnostnega razvoja, inovativnih tehnoloških, znanstvenih in izobraževalnih pobud ter novih zakonodaj in institucij. Načelo trajnostnega razvoja sedaj vpliva na vlade držav, poslovne in ekonomske aktivnosti na različnih nivojih ter vpliva na odločitve o življenjskem stilu posameznika in družbe.

Večina držav je vključila trajnostni razvoj v svojo strategijo razvoja in definirala trajnostni razvoj v državnem kontekstu. Načelo trajnostnega razvoja se je vključilo tudi v poslovno sfero. V zadnjih treh desetletjih se je razumevanje in sprejetje načel trajnostnega razvoja znotraj poslovne sfere močno povečalo. Večina napredno mislečih podjetij je začelo vključevati trajnostni razvoj v svojo poslovno strategijo in prakso. Podjetja spoznavajo, da izziv trajnostnega razvoja pomeni sprejetje poslovnih strategij in aktivnosti, ki zadovoljujejo potrebe podjetja in njegovih deležnikov s hkratnim varovanjem, ohranjanjem in povečevanjem človeških in naravnih virov, ki bodo potrebni tudi v prihodnosti (IISD, 1992).

Mnogo vlad in organizacij je v odgovor na Agendo 21 začelo razvijati lastne načrte delovanja in postavljati strategije za trajnostni razvoj, pri čemer so se še posebej osredotočili na trajnostni razvoj industrije. Svet akademij za tehniške in tehnološke vede je objavil deklaracijo o »Vlogi tehnologije v okoljskem trajnostnem razvoju«, ki jo je podpisalo 14 držav iz vsega sveta. V njej opozarjajo, da bo doseganje trajnostnega ekonomskega razvoja zahtevalo spremembe v industrijskih procesih, v vrsti in količini uporabljenih sredstev in v proizvodih (CAETS, 1996). Dokument Evropske komisije »Towards Sustainability« (EEC, 1992) povzema izpolnjevanje trajnostnega razvoja v industriji kot vodenje toka snovi skozi različne stopnje predelovanja, porabe in uporabe tako, da dosežemo optimalno ponovno uporabo in recikliranje ter se na ta način izogibamo prevelikemu trošenju naravnih zalog in preprečujemo njihovo iztrošenje. Strategija trajnostnega razvoja spodbuja industrijo k iskanju trajnostnih postopkov v prihodnosti. Industrija si mora prizadevati poiskati razmerje med učinkovitostjo njenih postopkov in njeno odgovornostjo za družbeno sprejemljive učinke na okolje (Azapagic in Perdan, 2000).

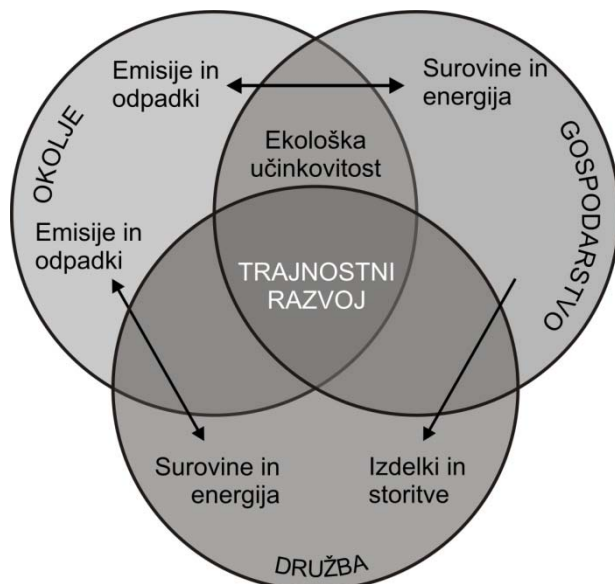
V zadnjih treh desetletjih je neprekinjena debata o tem, kaj pravzaprav trajnostni razvoj je, pripeljala do številnih definicij. Različni avtorji imajo različne interpretacije o trajnostnem razvoju. V Sloveniji se težava opredelitve trajnostnega razvoja kaže že na ravni prevajanja tega pojma (trajnosten, vzdržen, uravnotežen, sonaraven razvoj ipd.). Cabezas in Goddard (2000) definirata trajnost kot lastnost velikega in kompleksnega živega sistema, ki vključuje človeško družbo, z njo povezan gospodarski in tehnološki podsistem ter njegovo okolje. Trajnost je lastnost celotnega sistema, podobno kot je človekovo zdravje lastnost njegovega celotnega telesa. Takšen kompleksen sistem je medsebojno povezan, tako da človekova tehnološka aktivnost, ki je regulirana z ekonomskimi pritiski in družbenimi navadami, vpliva na okoljske spremembe, te pa povratno vplivajo na tehnološke in ekonomske aktivnosti. To je sicer v določeni meri koristno, toda zaradi naraščajočega svetovnega prebivalstva in posledično visokih masnih tokov znotraj ekonomskih sistemov takšno delovanje vodi v onesnaževanja okolja in netrajnosten razvoj. Slika 2–1 prikazuje vpliv neenakosti med razvojem naravnega okolja in povečano svetovno potrošnjo, ki vodita do pomanjkanja naravnih virov.



**Slika 2-1. Neenakosti v razvoju naravnega okolja in netrajnostno potrošnjo naravnih virov (Hersh, 2006).**

Čeprav je še veliko nejasnosti in nasprotovanj o natančnem pomenu trajnostnega razvoja, se večina strinja, da mora trajnostni razvoj zadovoljevati družbene, okoljske in

gospodarske cilje. Trajnost pomeni preureditev tehnoloških, znanstvenih, okoljskih, gospodarskih in družbenih sredstev tako, da je dobljeni heterogeni sistem v stanju časovnega in prostorskega ravnotežja (Brand in Redclift, 1989). Takšen model (slika 2–2) vsebuje prostorske in časovne dimenzije, saj morajo biti ti trije cilji lokalno in globalno primerni za sedanjo generacijo, kakor tudi za prihodnje generacije.

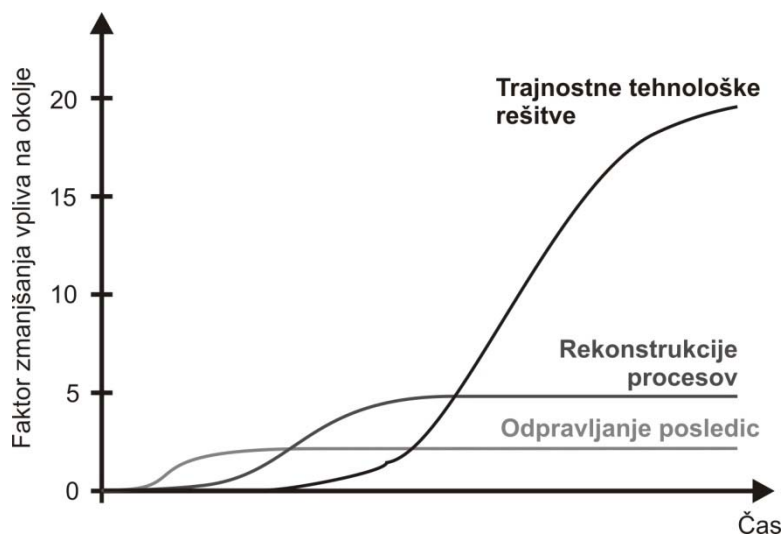


Slika 2-2. Tri dimenzije trajnostnega razvoja.

## 2.1 Trajnostni razvoj v kemijski in procesnih industrijah

Okoljsko zavedna podjetja so v preteklih letih namenjala veliko pozornosti predvsem čiščenju po procesu, t. i. »end-of-pipe« rešitvam, predvsem za postopke z odpadki in kontrolo emisij v atmosfero, obtoke vode in odlagališča. Takšne rešitve same po sebi ne povečujejo učinkovitosti in ne izboljšujejo produktivnosti, poleg tega so drage in imajo omejene pozitivne vplive na okolje. V zadnjih letih prihaja do vedno več rekonstrukcij kemijskih procesov, ki se odražajo v zmanjšanem vplivu na okolje. Toda za doseg trajnostnega tehnološkega razvoja bo potrebno vplive na okolje s trajnostnimi tehnološkimi rešitvami in procesnimi inovacijami zmanjšati z nekajkrat višjim faktorjem vpliva na okolje (slika 2–3). Podjetja, ki želijo doseči koncept trajnostne proizvodnje, morajo načrtovati, proizvajati, distribuirati, odstranjevati oz. reciklirati produkte v taki meri, da so njihovi okoljski vplivi in stopnja porabe naravnih virov v skladu z ocenjenimi zmogljivostmi Zemlje.

To zahteva spremembe v načrtovanju produktov, v katerih moramo upoštevati vse stopnje življenjskega ciklusa produkta in prehod proizvodnih procesov iz tehnologij čiščenja na čiste tehnologije, ki zmanjšujejo stopnjo proizvedenih emisij, porabljene energije in drugih virov. Da bi dosegli trajnostno proizvodnjo, gledano z globalnega stališča, moramo zmanjšati porabo surovin in energije ter onesnaževanje okolja za približno 90 % do leta 2040, da bomo sposobni zadovoljevati potrebe naraščajoče svetovne populacije, tudi v okoljskem smislu. Ta zahteva doseganja trenutne stopnje industrijske rasti s samo eno desetino sedanjih dovedenih virov je bila označena kot »približevanje faktorju 10«, ki pomeni, da moramo proizvodno učinkovitost povečati za 10-krat.



**Slika 2-3. Časovni vidiki vpliva tehnoloških rešitev na faktor zmanjšanja vpliva na okolje (Batterham, 2006).**

Doseganje tako ambicioznega cilja zahteva radikalno spremembo številnih industrijskih navad. Okoljska pozornost mora biti vključena v vseh stopnjah načrtovanja, proizvodnje, distribucije in odstranjevanja proizvodov. V preteklosti je bilo načrtovanje produktov in proizvodnih procesov usmerjeno v proizvodnjo visoko kvalitetnih produktov pri minimalnih stroških, kar je povečalo konkurenčnost podjetja. Seveda je bilo upoštevano tudi obtakanje, toda prevladale so ekonomske odločitve, tako da koncept obtakanja in ponovne uporabe ni bil vključen v načrtovanje produkta od samega začetka. Nujno zmanjšanje potreb po surovinah in neobnovljivih virih lahko dosežemo samo z razvojem

trajnostne proizvodnje, če z obnavljanjem in ponovno uporabo materialov podaljšamo njihovo uporabnost za več sto odstotkov, preden jih zavržemo v okolje.

Podjetja pogosto zavračajo ideje o spremembah njihovih postopkov zaradi strahu, da bo uvajanje okolju prijaznih in trajnostnih procesov predrago. Toda izkušnje večine podjetij, ki razvijajo čistejšo in energijsko učinkovito proizvodnjo, kažejo, da so vračilni roki le 1–3 leta (O'Brien, 1999). Procesne inovacije lahko občutno spremenijo procese. Podjetja, ki se odločajo za dolgoročno perspektivo in pričnejo razmišljati v neobičajnih, trajnostnih smereh, so pogosto nagrajena, saj:

- zmanjšajo proizvodne, investicijske in obratovalne stroške, vključno z energijskimi in okoljskimi stroški,
  - zmanjšajo porabo energije,
  - zmanjšajo emisije in odpadke,
  - izboljšajo učinkovitost porabe surovin,
  - realizirajo bolj fleksibilne in varne proizvodne procese ter
  - izboljšajo kontrolo proizvodnega procesa in kvaliteto proizvodov.
-

## 3 Vpliv industrijskih aktivnosti na okolje

---

### 3.1 Definiranje okoljskih vplivov

#### 3.1.1 Izkoriščanje neobnovljivih virov surovin

Izkoriščanje anorganskih neobnovljivih virov (*angl.*, abiotic depletion) surovin vključuje izkoriščanje fosilnih goriv, kovin in mineralov. Celotni vpliv je izračunan po naslednji enačbi:

$$I_{\text{NV}} = \sum_i \frac{m_i}{m_{i,r}} \quad (3.1)$$

kjer je  $m_i$  masa izkoriščenih virov na funkcijsko enoto in  $m_{i,r}$  masa ocenjene svetovne zaloge tega vira.

#### 3.1.2 Klimatska sprememba

Heijungs in sodelavci (1992) so uporabili potenciale globalnega segrevanja za ocenitev vpliva klimatske spremembe:

$$I_{\text{KS}} = \sum_i f_{\text{KS},i} \cdot m_i \quad (3.2)$$

kjer je  $I_{\text{KS}}$  kazalec klimatske spremembe, izražen kot masa ekvivalentov (ekvivalentov  $\text{CO}_2$ ),  $f_{\text{KS}}$  karakterizacijski faktor klimatske spremembe za substanco  $i$  ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , VOCs itd.) in  $m_i$  masa te substance.

Vrednosti  $f_{\text{KS}}$  so odvisne od časovnega horizonta, na katerem temeljijo izračuni efekta klimatske spremembe oziroma globalnega segrevanja. Karakterizacijski faktorji klimatske spremembe za krajša obdobja (20 let in 50 let) določajo indikacijo kratkotrajnih efektov (vplivov) toplogrednih plinov na podnebje, medtem ko so faktorji za daljše časovno obdobje (100 let in 500 let) uporabljeni za napovedovanje (oz. predvidevanje) kumulativnih vplivov teh plinov na globalno podnebje.

---

Medvladni odbor za klimatske spremembe (*angl.*, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) je zbral seznam začasnih najboljših približkov za karakterizacijske faktorje klimatske spremembe za časovna obdobja 20, 100 in 500 let. Ti faktorji temeljijo na strokovnih presojah mednarodnih znanstvenikov, njihov seznam periodično posodobljajo.

Integracijsko obdobje, ki ga uporabimo v izračunih LCA, mora biti določeno s strani izvajalca izračunov in temelji na časovnem obdobju, v katerem želimo raziskovati vplive. Daljše časovno obdobje je uporabno predvsem za karakterizacijsko stopnjo ocenitve vpliva življenjskega ciklusa, saj je namen analize LCA oceniti vse in ne le kratkotrajne učinke. Karakterizacijski faktorji klimatske spremembe za obdobje 100 let so priporočeni kot osnovna metoda za karakterizacijo klimatske spremembe.

### 3.1.3 Tanjšanje ozonske plasti

Stratosferno tanjšanje ozona (*angl.*, ozone depletion) se navezuje na tanjšanje ozonske plasti pod vplivom antropogenih emisij. To povzroča večji delež ultravijoličnega sevanja na Zemljino površino in posledično škodljive vplive na zdravje ljudi in živali ter vplive na kopenske in vodne ekosisteme, biokemične cikle in snovi (UNEP, 1998).

Koncept izračuna karakterizacijskih faktorjev tanjšanja ozona, ki ga je uvedel Wuebbles (1988), je podoben tistemu za karakterizacijske faktorje klimatske spremembe, toda z bistveno razliko: faktorji tanjšanja ozona so izračunani za trenutno stanje, medtem ko so faktorji klimatske spremembe podani za različne časovne horizonte. Kazalec tanjšanja ozonske plasti prikazuje potencial emisij kloro-fluoro ogljikovodikov (*angl.*, chloro-fluorocarbons, CFC) in drugih halogenskih ogljikovodikov, ki prispevajo k tanjšanju ozonske plasti. Izražen je kot:

$$I_{TO} = \sum_i f_{TO,i} \cdot m_i \quad (3.3)$$

kjer je  $I_{TO}$  kazalec tanjšanja ozona, izražen z maso ekvivalentov CFC-11,  $f_{TO}$  karakterizacijski faktor tanjšanja ozona za substanco  $i$  in  $m_i$  masa te substance.

### 3.1.4 Zakisanje

Kazalec zakisanja (*angl.*, acidification) temelji na prispevanju plinov, kot so  $SO_2$ ,  $NO_x$ , HCl in HF na potencial formiranja  $H^+$  ionov. Ta onesnaževala imajo vpliv na zemljo, podzemno vodo, površinske vode, biološke organizme, ekosisteme in materiale (stavbe).

Karakterizacijski faktor zakisanja predstavlja maksimalni potencial povzročitve kislih padavin za neko onesnaževalo. Vpliv zakisanja (kislih padavin) lahko ocenimo po naslednji enačbi (Heijungs in sodelavci, 1992):

$$I_{\text{KIS}} = \sum_i f_{\text{KIS},i} \cdot m_i \quad (3.4)$$

kjer je  $I_{\text{KIS}}$  kazalec kislih padavin izražen z maso ekvivalentov  $\text{SO}_2$ ,  $f_{\text{KIS}}$  karakterizacijski faktor kislih padavin za substanco  $i$  in  $m_i$  masa te substance.

### 3.1.5 Razraščanje biomase

Kazalec razraščanja (*angl.*, eutrophication) je definiran kot prispevek različnih hranil k povzročitvi prekomerne pogojitve vode in prsti, ki se lahko kaže v razvoju in povečani rasti biomase. Heijungs in sodelavci (1992) so izrazili razraščanje pod vplivom dušika, fosforja in ogljika (merjeno kot kemijska potreba po kisiku, KPK) z določitvijo njihovega potencialnega prispevka k razraščanju biomase v obliki karakterizacijskih faktorjev. Vpliv razraščanja biomase lahko ocenimo po naslednji enačbi:

$$I_{\text{RB}} = \sum_i f_{\text{RB},i} \cdot m_i \quad (3.5)$$

kjer je  $I_{\text{RB}}$  kazalec razraščanja izražen z maso ekvivalentov  $\text{PO}_4^{3-}$  ali  $\text{NO}_3^-$ ,  $f_{\text{RB}}$  karakterizacijski faktor razraščanja za substanco  $i$  in  $m_i$  masa te substance, izpuščene v zrak, vodo ali zemljo. Hauschild in Wenzel (1998) uporabljata bolj ali manj podoben pristop kot Heijungs in drugi (1992). Njun pristop je različen v tem, da izračunavata kazalec razraščanja na osnovi ekvivalentov  $\text{NO}_3^-$ . Predpostavljata, da je množinsko razmerje dušika in fosforja enako  $\zeta = 16$ .

### 3.1.6 Fotokemična tvorba oksidantov

Kazalec fotokemične tvorbe oksidantov (*angl.*, photochemical oxidants creation) je povezan s potencialom hlapnih organskih substanc in dušikovih oksidov k ustvarjanju fotokemičnega ali poletnega smoga. Običajno je izražen relativno na ekvivalentni masni tok etilena in ga lahko izračunamo z uporabo enačbe:

$$I_{\text{FTO}} = \sum_i f_{\text{FTO},i} \cdot m_i \quad (3.6)$$

kjer je  $I_{\text{FTO}}$  kazalec fotokemične tvorbe oksidantov,  $f_{\text{FTO}}$  karakterizacijski faktor fotokemične tvorbe oksidantov za substanco  $i$  in  $m_i$  masa te substance, ki sodeluje pri ustvarjanju fotokemičnega smoga.



### 3.1.7 Človeško zastrupljanje

Kazalec človeškega zastrupljanja (*angl.*, human toxicity) izračunamo z upoštevanjem izpustov v vse medije, ki vplivajo na zdravje človeka (zrak, voda in prst):

$$I_{\check{c}z} = \sum_i f_{\check{c}z,i} \cdot m_i \quad (3.7)$$

kjer je  $I_{\check{c}z}$  kazalec človeškega zastrupljanja,  $f_{\check{c}z}$  karakterizacijski faktor človeškega zastrupljanja za substanco  $i$  in  $m_i$  masa te substance. Karakterizacijski faktorji so izračunani z upoštevanjem znanstvenih ocen za sprejemljive vrednosti mase zaužitih toksičnih snovi.

## 4 Kjotski protokol k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja

---

Države pogodbenice Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja so ugotovile, da je za doseganje cilja te konvencije nujno potrebno sprejeti konkretniji akt, ki bi državam naložil obveznosti zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, med katerimi je najbolj problematičen ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). Kjotski protokol Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (Kjotski protokol) tako pomeni prvi korak k doseganju cilja ustalitve koncentracij toplogrednih plinov v ozračju na taki ravni, ki bo preprečila nevarno antropogeno poseganje v podnebni sistem. To je temeljni cilj Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja.

Kjotski protokol je bil sprejet in predložen v podpis na tretjem zasedanju conference pogodbenic konvencije, ki je bilo od 1. do 11. 12. 1997 v Kjotu na Japonskem. Slovenija je ta protokol podpisala kasneje, in sicer 21. 10. 1998.

### 4.1 Vsebina protokola

Protokol opredeljuje količinsko in časovno zmanjšanje oziroma omejitev emisij toplogrednih plinov. Tako mora Slovenija, enako kot Evropska unija in večina njej pridruženih držav, zmanjšati emisije vseh toplogrednih plinov skupaj povprečno za 8% v prvem ciljnem 5-letnem obdobju (2008-2012) glede na izhodiščno leto. V skladu s konvencijo je za razvite države izhodiščno leto 1990, države v tranziciji pa so si ga lahko izbrale po svoji želji; Slovenija si je tako izbrala leto 1986, ker so bile takrat njene emisije CO<sub>2</sub> največje. Protokol predvideva kot dopolnilo k domačim ukrepom tri tako imenovane kjotske mehanizme, in sicer: trgovanje z emisijami, skupna izvajanja in mehanizem čistega razvoja.

### 4.2 Pomen ratifikacije protokola za Slovenijo

Ukrepi, s pomočjo katerih bomo izpolnili obveznosti iz protokola, so predvsem povečevanje energetske učinkovitosti, vzpodbujanje uporabe obnovljivih virov energije, prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika, okolju prijaznejše ravnanje z odpadki,

---

racionalnejša raba umetnih gnojil in podobno. V strategiji zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, ki jo je vlada Republike Slovenije sprejela novembra 2000, so navedeni ukrepi za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov na različnih področjih. Nekateri od teh ukrepov ne zahtevajo finančnih sredstev, nekateri imajo za posledico celo tako imenovane negativne stroške, torej pozitiven finančni učinek (na primer pri manjši porabi energije), nekateri pa bodo zahtevali finančna vlaganja. Pri načrtovanju in izvajanju ukrepov bo osnovno vodilo izpolniti obveznost ob čim manjših stroških za državo kot celoto. Tako bodo imeli prednost ukrepi brez stroškov oziroma z manjšini stroški pred tistimi, ki bodo povezani z večjimi finančnimi vlaganji. Seveda pa bodo upoštevani tudi nekateri drugi vidiki, na primer socialni, potreba po uravnoteženem gospodarskem razvoju in drugi.

Kot dopolnilo k domačim ukrepom pa bo Slovenija za znižanje stroškov lahko sodelovala tudi pri kjotskih mehanizmih. Kot kaže, ima naša država največ možnosti za uporabo mehanizma trgovanja z emisijami, pri čemer bi kupovala emisijska dovoljenja od drugih držav v tranziciji, ki imajo, za razliko od Slovenije, vse razmeroma nizke emisije v primerjavi s svojimi izhodiščnimi leti. Možnosti so tudi za izpolnitev dela obveznosti s projekti mehanizma čistega razvoja, to je z vlaganjem v projekte v državah v razvoju, ki bi imeli za posledico zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Manjše so možnosti za uporabo mehanizma skupnega izvajanja, pri katerem bi druge države vlagale v ustrezne projekte v Sloveniji, ker bi v takih primerih morali del zmanjšanja emisij odstopiti tem državam.

### 4.3 Finančne posledice

Dokončne ocene stroškov še ni. Okvirna ocena stroškov, ki jih bo imela naša država, da bo izpolnila obveznost zmanjšanja emisij toplogrednih plinov za 8% v 5-letnem obdobju 2008-2012, glede na izhodiščno leto 1986, temelji na nekaj zelo poenostavljenih predpostavkah za Slovenijo. V nadaljevanju je predstavljena ocena stroškov po dveh pristopih.

#### a) Prvi pristop

Stroški potrebnega zmanjšanja emisij v državah OECD so ocenjeni na 0,13-0,81% BDP. Če uporabimo zgornjo oceno v primeru Slovenije (BDP približno 10.000 USD na prebivalca), te vrednosti pomenijo 26-162 milijonov USD.

## b) Drugi pristop

Drugi pristop temelji na petih predpostavkah. Prva predvideva, da bodo emisije narasle za 2% nad izhodiščno raven, kar pomeni potrebo po realnem zmanjšanju za 10%. Ker so bile emisije vseh toplogrednih plinov v izhodiščnem letu približno 20 milijonov ton CO<sub>2</sub> ekvivalenta, jih bo treba zmanjšati za 2 milijona ton CO<sub>2</sub> ekvivalenta letno. Po drugi predpostavki bomo uspeli izkoristiti polovico dovoljenega ponora CO<sub>2</sub>, kar je 0,65 milijona ton CO<sub>2</sub> na leto. Cene za nakup enote CO<sub>2</sub> ekvivalenta so zelo negotove. Zato tretja predpostavka predvideva tri različne cene in sicer 5 USD/t, 10 USD/t ali 20 USD/t ekvivalenta CO<sub>2</sub>. V vsakem od 5 let ciljnega obdobja bomo na svetovnem trgu kupili 0,5 milijona ton CO<sub>2</sub> ekvivalenta, kar pomeni strošek od 2,5 milijona USD do 10 milijonov USD letno. Četrta predpostavka predvideva, da bomo s projekti mehanizma čistega razvoja pridobili v vsakem letu 0,2 milijona ton CO<sub>2</sub> ekvivalenta po ceni 10 USD/t, kar pomeni strošek 2 milijona USD letno. Za domače ukrepe nam ostane obveznost zmanjšanja emisij za 0,65 milijona ton CO<sub>2</sub> ekvivalenta. Za Slovenijo to pomeni po peti predpostavki, strošek 2,5-40 milijonov USD (glede na ocene za države OECD). Glede na zgornje predpostavke in ocene bo Slovenijo zmanjšanje emisij v petih letih skupno stalo od 25 do 100 milijonov USD v petih letih (Vlada Republike Slovenije: Predlog zakona o ratifikaciji Kjotskega protokola k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja).

## 5 Cilj upravljanja z okoljem: proizvodnja brez odpadkov

---

Na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju leta 1992 se je pojavil pojem trajnostne proizvodnje, ki se nanaša predvsem na trajnostni razvoj industrijskega sektorja in je sestavni del trajnostnega razvoja z njegovimi okoljskimi, družbenimi in gospodarskimi dimenzijami. Trajnostno proizvodnjo definiramo kot ustvarjanje dobrin in storitev z uporabo procesov in sistemov, ki ne onesnažujejo, ohranjajo energijo in naravne vire, so ekonomsko stabilni, varni in zdravi za zaposlene, skupnost in potrošnike ter družbeno in ustvarjalno ugodni za vse zaposlene (LCSP, 1998). Za doseg trajnostne proizvodnje morajo podjetja izpolniti številne potrebne pogoje, med drugim (Veleva in Ellenbecker, 2001):

- načrtovanje takšnih storitev in proizvodov, ki so varni, uporabni in ekološko naravnani skozi ves življenjski cikel,
- podaljševanje življenjske dobe proizvodov,
- zmanjševanje in obtakanje odpadkov in stranskih proizvodov, ki so škodljivi za okolje,
- zmanjševanje uporabe surovin in energije v proizvodih in njihovi proizvodnji,
- izboljševanje procesne tehnologije z uvajanjem tehnologij čistejše proizvodnje,
- zmanjševanje ali ukinjanje kemičnih snovi, tehnologij in delovnih postopkov, ki so nevarni človeškemu zdravju ali okolju,
- načrtovanje delovnih mest brez fizičnih, kemičnih in bioloških nevarnosti,
- vrednotenje in izboljševanje sposobnosti dolgoročno naravnane poslovanja,
- povečevanje kreativnosti, storilnosti, varnosti, zdravja in blaginje zaposlenih, razvijanje njihovih talentov in sposobnosti ter
- pravično, pošteno in aktivno sodelovanje s širšo skupnostjo.

### 5.1 Napredovanje podjetij k trajnostni proizvodnji

Pojasek (2000) poudarja, da je trajnostni razvoj mogoče doseči šele takrat, ko organizacija določi cilj doseganja proizvodnje brez odpadkov in emisij. Nekaj organizacij že deluje v tej smeri (DuPont, Collins Pine, Stonyfield Farms, Olin Chemicals idr.). Kljub temu bo potrebno še veliko napora, saj znanost o trajnostnem razvoju še vedno ni dokončno razvita. Kemijska tehnika ima pomembno vlogo v doseganju trajnostnega

---

razvoja, še posebej s sistemskimi analizami, modeliranjem in optimiranjem (Batterham, 2003).

Optimistično lahko trdimo, da je trajnostna industrijska rast mogoča, toda zahteva bistvene spremembe industrijske družbe, vedenja potrošnikov, uporabe produktov ter tehnologij in sistemov pri načrtovanju in proizvodnji. Različni industrijski sektorji so že sprejeli koncept trajnostne proizvodnje in številna podjetja veliko investirajo v čistejšo tehnologije, obtakanje in proizvodnjo. Dostikrat je spodbuda učinkovitejša kot pa postavljanje predpisov, zato je potrebno industrijo predvsem spodbujati k trajnostnim tehnologijam. Vlada bi morala z industrijo sprejeti dogovore na podlagi realnih in dosegljivih ciljev, njena pomembna vloga pa je tudi v spreminjanju vedenja potrošnikov (O'Brien, 1999).

## 5.2 Proizvodnja brez odpadkov

Koncept trajnostnega razvoja, kot ga je definirala Brundtlandina komisija, podaja koristno usmeritev v razvoju, vendar ga je težko izvajati. Da bi razumeli, zakaj je proizvodnja brez odpadkov ključnega pomena za trajnostni razvoj, je potrebno razumeti, da je eno izmed pomembnih načel trajnostnega razvoja prav učinkovita in razumna raba surovin in energije. V sedanjem času je skrb o preveliki porabi surovin le redko vzrok za zamenjavo surovin. Te spremembe surovin se trenutno dogajajo le zaradi ciljev podjetij, da bi ekonomsko prekašala konkurenco. Toda če upoštevamo, da ima onesnaževanje okolja svojo mejo, bodo spremembe industrijskih sistemov slej kot prej neizogibne.

Da bi dosegli trajnostni razvoj, moramo varovati okolje na več načinov. Na primer, načrtovalci morajo minimirati ali izključiti vplive na klimatske spremembe, izgube rodovitne zemeljske plasti itd. Koncept proizvodnje brez odpadkov podpira načela trajnostnega razvoja z zmanjševanjem rabe surovin in vplive na okolje. Cilj tega koncepta je zaprt tokokrog v ekonomskem podsistemu, tako da odpadkov, ustvarjenih s človekovimi aktivnostmi, ne izpuščamo v okolje. Pauli (1996) poudarja, da je proizvodnja brez odpadkov nič več kot le stalno naprežanje k zmanjševanju stroškov. Odpadki so namreč znamenje neučinkovitosti procesa in ekonomski sistem ne moremo obravnavati kot stoddostno učinkovit, če ustvarja odpadke. Načelo proizvodnje brez odpadkov namesto linearnega načela rabe surovin »od zibelke do groba«, uporablja načelo »od zibelke do zibelke«, v katerem odpadki postanejo surovina drugim proizvodnim ciklom. Načelo se istoveti z ustvarjanjem in pretvarjanjem odpadkov v naravnih sistemih. V

prihodnosti bo treba zagotoviti razvoj tehnologij, ki bodo sposobne pretvarjati odpadke v koristne surovine in integrirati industrijske sisteme.

Proizvodnja brez odpadkov je najpogosteje razumljena kot proizvodnja, v kateri je ustvarjen absolutni minimum odpadkov, ki je v idealnem primeru enak nič. Edini vtoki v proces so surovine, ki so potrebne za proizvodnjo produktov, in energija. Edini iztoki takšne proizvodnje so prodajni produkti in stranski produkti, ki služijo kot surovina drugim proizvodnim obratom. Odpadki (v zrak in vodo ali trdni odpadki) in stranski produkti, proizvedeni med proizvodnim procesom, so obnovljeni z uporabo različnih tehnologij.

Surovine in energijo, ki jih obnovimo iz odpadnih tokov, lahko ponovno uporabimo v procesu ali kot surovino prodamo drugemu proizvodnemu obratu. Raziskovalna iniciativa o ničelnih odpadkih na Univerzi Združenih Narodov v Tokiu (*angl.*, United Nations University's Zero Emissions Research Initiative, ZERI) je pripomogla k širši promociji koncepta ničelnih odpadkov in pospešila doseganja industrijske proizvodnje brez odpadkov. Cilj iniciative je preoblikovati industrijske procese tako, da je mogoče proizvajati produkte in storitve brez odpadkov. Kadar so odpadki neizbežni, je potrebno razviti tehnologije za obdelavo odpadkov ene industrije, da lahko postanejo uporabni kot vtočni material druge industrije.

Osnovna premisa koncepta proizvodnje brez odpadkov je torej pretvorba odpadkov ene industrije v snovni vtok druge industrije. Uporaba in razvoj sistema brez odpadkov je v domeni industrije, natančneje proizvajalcev in svetovalnih inženirskih firm. Do določene stopnje so koraki na poti doseganja proizvodnje brez odpadkov že storjeni v obliki preprečevanja onesnaževanja (*angl.*, pollution prevention), minimiranja odpadkov (*angl.*, waste minimization) in načrtovanja za okolje (*angl.*, design for the environment). Industrije, ki te sisteme vključujejo, že občutijo koristi, čeprav ti sistemi zahtevajo nadaljnje izboljšave.

Pomembno je razumeti, da nekateri proizvodni sistemi po svoji naravi proizvajajo odpadke tudi potem, ko smo uporabili vse razumne pristope k preprečevanju onesnaževanja. Tako je v določenih primerih uporaba tehnologij pretvorbe odpadkov v koristne surovine bolj primerna kot ukrepi preprečevanja onesnaževanja: mnogo industrijskih odpadkov lahko obdelamo, tako da služijo kot snovni vtoki druge industrije ali industrijskega grozda (povezave več industrij).

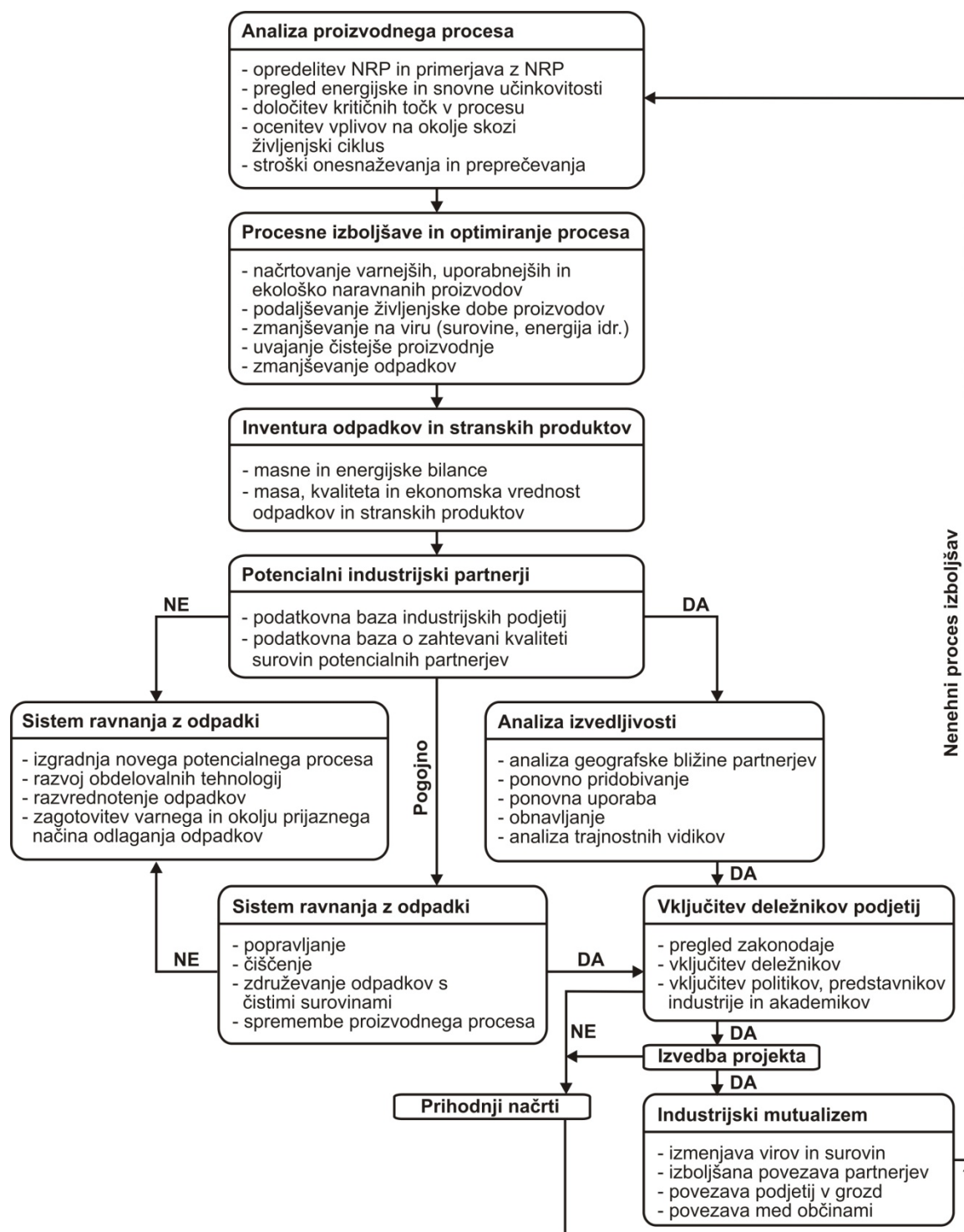
Koncept proizvodnje brez odpadkov predstavlja enega izmed konceptov industrijske ekologije. Koncept je v bistvu aplikativna industrijska ekologija na proizvodnem oz. storitvenem nivoju, zato se ta dva koncepta pogosto uporabljata vzajemno.

Industrijska ekologija je pristop k načrtovanju industrijskih produktov in procesov, ki ocenjuje te aktivnosti skozi dvojno perspektivo konkurenčnosti produkta in okoljskih interakcij (Graedel in Allenby, 1995). To področje so v zadnjih desetih letih obravnavale predvsem akademske institucije. Koncept doseganja proizvodnje brez odpadkov lahko razumemo kot znanost o trajnostnem razvoju industrijskih sistemov – multidisciplinarni študij industrijskih in gospodarskih sistemov in njihove povezave z osnovnimi naravnimi sistemi (Tapas, 2005).

### **5.3 Metodologija doseganja proizvodnje brez odpadkov**

Koncept doseganja proizvodnje brez odpadkov je ključnega pomena za doseganje trajnostnega razvoja kemijske in procesnih industrij. Na sliki 5-1 je predstavljena metodologijo za doseganje proizvodnje brez odpadkov, ki temelji na nenehnem procesu izboljšav. Metodologija sestoji iz več stopenj (slika 5–1), kot so analiza proizvodnega procesa, procesne izboljšave in optimiranje procesa, pregled (inventura) odpadkov in stranskih produktov ter iskanju potencialnih partnerjev za oblikovanje industrijskega grozda. V primeru, da uporabniki odpadkov oziroma stranskih produktov ne obstajajo ali pa so le pogojni, se vzpostavi sistem ravnanja z odpadki. Kadar je z analizami izvedljivosti ugotovljeno, da so povezave med industrijskimi partnerji glede izmenjave odpadkov ali stranskih produktov mogoče, z izvedbo projekta dosežemo industrijski mutualizem v obliki izmenjave odpadkov. Posamezne stopnje metodologije bomo podrobneje predstavili v nadaljevanju.





Slika 5-1. Metodologija doseganja proizvodnje brez odpadkov.

### 5.3.1 Analiza proizvodnega procesa

Prvi korak k doseganju proizvodnje brez odpadkov je natančen pregled proizvodnega procesa, da ugotovimo, ali je popolna proizvodnja možna. To pomeni, da ugotovimo

delež procesnih vtokov v končnem proizvodu – če ni odpadkov, bi namreč morali biti vsi vtoki vsebovani v proizvodu.

Največkrat proizvodnja ni popolna, zato je naslednji korak določitev, ali bodo proizvodi enostavno reintegrirani v ekosistem brez dodatnih stroškov predelave, energije in transporta. Ker je to redkokdaj mogoče doseči, bo le malo industrijskih obratov neovirano doseglo proizvodnjo brez odpadkov. Analiza proizvodnega procesa vključuje opredelitev najboljših razpoložljivih tehnik in analizo njihove vključenosti v analizirani proces. Z referenčnimi dokumenti o najboljših razpoložljivih tehnikah lahko določimo snovno in energijsko učinkovitost procesa ter določimo kritične točke v procesu, kjer so potrebne izboljšave. V tej stopnji je pomembno, da pridobimo celotni vpogled v proizvodni proces z vidika njegovega celotnega življenjskega ciklusa. Na ta način lahko določimo okoljske vplive procesa in ovrednotimo stroške onesnaževanja in njegovega preprečevanja.

### **5.3.2 Procesne izboljšave in optimiranje procesa**

Da bi dosegli proizvodnjo brez odpadkov, je potrebno v osnovi zmanjšati porabo surovin in energije ter ustvarjanje odpadkov vseh vrst. Podjetja morajo načrtovati, proizvajati, distribuirati in odlagati ali obtakati procesne tokove v tolikšni meri, da je stopnja okoljskega vpliva in rabe surovin v procesu minimalna. Druga stopnja predlagane metodologije vključuje načrtovanje produktov z vključitvijo celotne življenjske dobe produkta in prehod iz tehnologij čiščenja na čistejše tehnologije, ki zmanjšajo porabo surovin in energije ter količino proizvedenih odpadkov v proizvodnem postopku. Podaljševanje življenjske dobe produktov, preprečevanje onesnaževanja in minimiranje odpadkov so pomembne sestavine te stopnje metodologije doseganja proizvodnje brez odpadkov in predstavljajo tehnologije, ki jih je treba nadgrajevati in, kjer je mogoče, optimirati.

### **5.3.3 Inventura odpadkov in stranskih produktov proizvodnega procesa**

Kadar analiza procesa v prvi stopnji pokaže, da je celotno proizvodnjo brez odpadkov nemogoče doseči, je potrebno v naslednji stopnji predlagane metodologije izvesti inventuro vseh vtokov in iztokov (odpadkov). Diagram z vtoki in iztoki proizvodnega procesa lahko služi za osnovni pregled vseh procesnih virov, proizvodnih potreb in ustvarjenih odpadkov.

Pridobivanje surovin in njihova uporaba povzročajo velike okoljske obremenitve. Z analizo industrijskega metabolizma za določen produkt (potrebni vtoki, raba surovin, pričakovana življenjska doba) določimo njegove okoljske vplive. Preudarna izbira surovin se lahko kaže v bolj primerni tvorbi stranskih produktov, ki so lahko uporabljeni kot vtok drugemu industrijskemu obratu.

Bistvo te stopnje metodologije je izvedba inventure za ugotavljanje učinkovitosti proizvodnje z določitvijo masnega razmerja odpadkov in vtočnih surovin, ovrednotenjem vrste in količine odpadkov (za odlaganje, recikliranje itd.) ter identificiranjem glavnih emisij v odpadni toploti. Analiza teh iztokov lahko omogoči določitev najučinkovitejšega načina ponovne uporabe teh iztokov ter določitev industrij, ki bi lahko te odpadke uporabile kot nove vire surovin.

### **5.3.4 Potencialni partnerji in razvoj industrijskega grozda**

V sektorjih, ki ne morejo enostransko doseči proizvodnje brez odpadkov, je smiselno sestaviti industrijski grozd, skupek medsebojno povezanih industrijskih sistemov. Analize vtokov in iztokov vodijo neposredno do razvoja grozdov industrij, ki so sposobne porabljati odpadke druga druge. Pri iskanju novih potencialnih industrijskih partnerjev v industrijskem grozdu si pomagamo s podatki o njihovih vtokih surovin in ugotavljanjem, ali imamo v obstoječem industrijskem grozdu na voljo odpadke (v neki pretvorjeni obliki), ki bi jim morda koristili kot novi viri surovin. Drugi ukrep pri iskanju novih partnerjev je pregled preteklih zgodovinskih zapisov o izmenjavi surovin. Ti masni tokovi bodo prikazali, katere snovi v odpadkih so zaželeni kot surovina drugega sektorja, kakšna je njihova zaželena količina in kvaliteta.

Razvoj učinkovitih grozdov terja od izvajalcev, da celostno pregledajo samostojne industrije in ustvarijo inovativne povezave domnevno nepovezanih potencialnih partnerjev v nove industrijske grozde. Največkrat podjetja ne vzpostavljajo takšnih povezav. Poleg nezaupanja zakonom in odvisnosti od enega dobavitelja surovin obstaja strah pred podajanjem informacij o sestavi odpadkov, ki bi koristile konkurentom.

Vsi akterji morajo imeti dostop do baze podatkov o sprejemljivih masnih deležih nečistoč v končnem proizvodu. Na primer, podjetja, ki proizvajajo osnovne vhodne surovine (kot so plastika, olja, maziva, papir itd.) proizvajajo veliko maso proizvodov in nekateri procesi tolerirajo višji delež nečistoč, kot jih dejansko je v proizvodu tega podjetja. Podatkovna

baza o zahtevani kvaliteti surovin in obstoječih odpadnih tokovih podjetij podaja potrebne informacije za povezovanje podjetij.

### 5.3.5 Analiza izvedljivosti

Ko so ugotovljeni potencialni industrijski partnerji, je potrebno izvesti analizo izvedljivosti. Kritična je na primer geografska lokacija potencialnih partnerjev, saj je transport ključni faktor v optimiranju medsebojne izmenjave odpadkov in uporabe obdelovalnih tehnologij. Povezavo med partnerji je potrebno natančno analizirati z upoštevanjem gospodarskih, okoljskih in družbenih vplivov industrijske povezave.

### 5.3.6 Sistem ravnanja z odpadki

Najpreprostejša povezava med partnerji v industrijskem grozdu je direktna izmenjava odpadkov. Kadar takšna povezava ni možna, je smiselno postaviti vmesni procesni obrat, ki sprejema odpadke, jih primerno obdela v uporabno obliko in pošlje ustreznemu uporabniku. Tu je razvoj primernih tehnologij predelave odpadkov ključnega pomena. Ker vedno ni mogoče preprečiti tvorbo odpadkov, se je z njimi potrebno ukvarjati takoj, ko se pojavijo in če ne drugače, zagotoviti varen in okolju prijazen načina odlaganja. Kadar ni obstoječih industrijskih partnerjev, ki bi uporabili odpadke kot vir surovin, je potrebno raziskati možnosti o izgradnji novega potencialnega procesa, ki bi to omogočal.

Mnoge skrbno načrtovane odpadke, ki so sicer neuporabni kot surovina za industrijske partnerje, je mogoče po predhodni obdelavi z ustrežno tehnologijo ponovno uporabiti. Pri tem je potrebno uporabiti najsodobnejše tehnologije za popraviljanje in čiščenje odpadkov ter druge spremembe proizvodnega procesa. Postavitev industrijskih grozdov se opira na analize proizvodnega procesa v smeri proti surovinam. Na ta način lahko uvedemo spremembe proizvodnega procesa, tako da so ustvarjeni odpadki v sprejemljivi obliki za pretvorbo oz. obdelavo. Proizvodnjo v smeri produkt → surovine analiziramo z namenom prilagoditve procesa, da lahko sprejema obdelane odpadke.

Industrije, ki kupujejo procesne odpadke kot surovino, imajo pogosto težave s spreminjajočo se kvaliteto surovin, ki dostikrat ne ustreza zahtevam odjemalcev proizvodov. Tu je priložnost za združevanje obdelanih odpadkov in čistih surovin, da s tem izboljšamo kvaliteto končnega produkta na zahtevano raven. To pomeni, da morajo biti tehniški svetovalci seznanjeni s proizvodi in materiali, s katerimi dobavitelj oskrbuje

proizvodni obrat, in s surovinami, ki jih zahteva potencialni uporabnik obdelanih odpadkov.

### 5.3.7 Vključitev deležnikov podjetij

Potem ko definiramo potencialne partnerje v industrijskem grozdu, je potrebno pripraviti načrt za razvoj industrijskega grozda, kjer igra zakonodaja pomembno vlogo. Kjer so združeni sektorji, ki še niso medsebojno sodelovali, so potrebni združeni napori politikov, predstavnikov industrije in akademikov. Dostikrat obstoječa zakonodaja zavira kreativnost v ponovni uporabi odpadkov kot vira surovin. Prav tako lahko zavira tvorbo učinkovitih industrijskih grozdov. Tako je potrebno preoblikovati zakonodajo, da bo omogočala razvoj naprednih tehnologij predelave odpadkov in omogočala medsektorsko trgovanje z odpadki. V tej stopnji je pomembna tudi vključenost vseh deležnikov podjetij v industrijskem grozdu, ki prispevajo k dejanski izvedbi projekta.

### 5.3.8 Primer uporabe metodologije doseganja proizvodnje brez odpadkov na proizvodnji sladkorja

#### 5.3.8.1 Inventura odpadkov in stranskih produktov

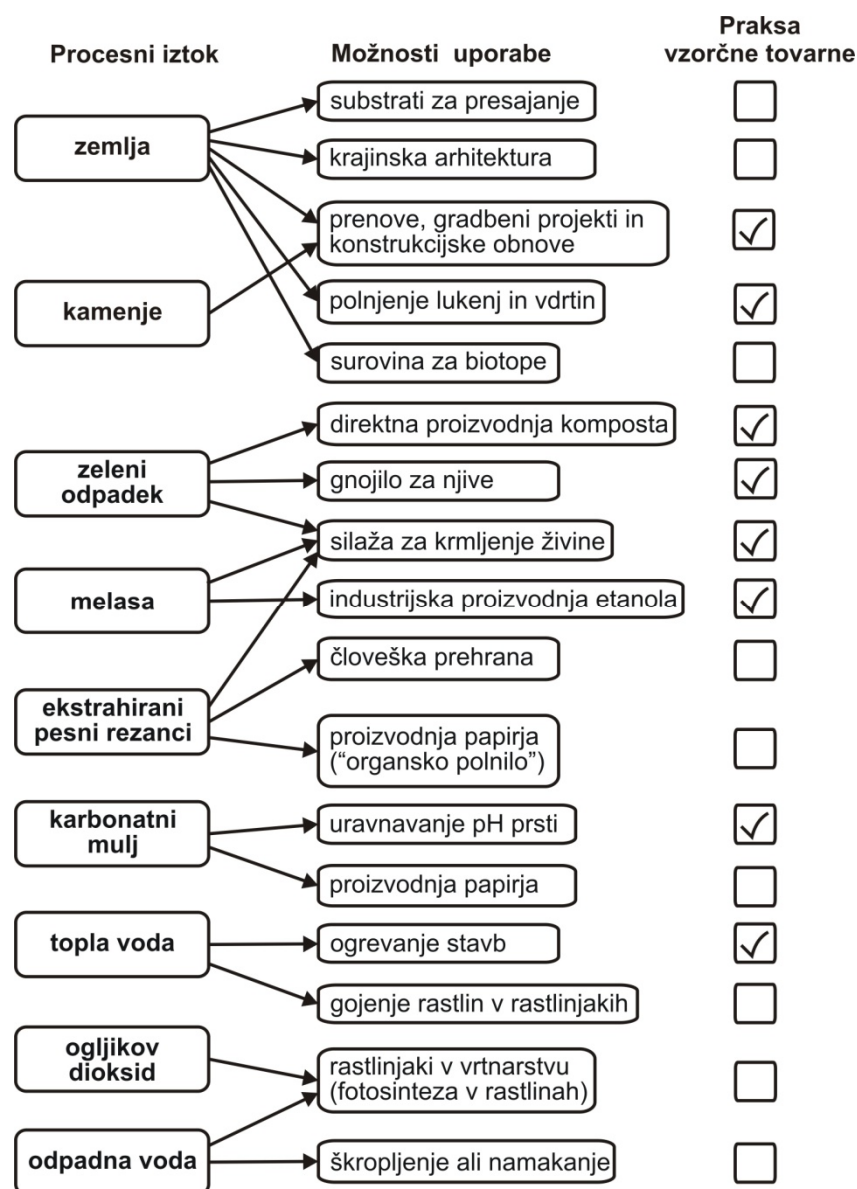
Možnosti doseganja proizvodnje brez odpadkov smo predstavili na primeru procesa proizvodnje sladkorja v izbrani vzorčni tovarni. Najprej smo raziskali proces proizvodnje sladkorja z namenom določitve glavnih procesnih vtokov in iztokov. Preglednica 5–1 podaja tipične masne vtoke in iztoke v procesu proizvodnje sladkorja v vzorčni sladkorni tovarni s predelavo pese približno 5 kt/d.

**Preglednica 5–1. Povprečne vrednosti masnih tokov za vtoke in iztoke vzorčne tovarne TSO.**

| Glavni vtoki   | Masni tok (kt/a) | Glavni iztoki                            | Masni tok (kt/a) |
|----------------|------------------|--|------------------|
| sladkorna pesa | 300,8            | sladkor                                  | 42,1             |
| apnenec        | 11,5             | zemlja                                   | 25,7             |
| koks           | 0,9              | kamenje                                  | 3,4              |
| mazut          | 9,7              | zeleni odpad                             | 3,2              |
| voda           | 223,3            | posušena pesna gošča (peleti)            | 13,5             |
|                |                  | neposušena pesna gošča (26 % suhe snovi) | 7,4              |
|                |                  | melasa                                   | 11,7             |
|                |                  | karbonatni mulj                          | 15,2             |
|                |                  | odpadna voda                             | 386,4            |
|                |                  | emisije                                  | 181,8            |
|                |                  | nečistoče v koksu in apnencu             | 0,6              |

### 5.3.8.2 Določitev potencialnih industrijskih partnerjev

Za glavne procesne iztoke smo raziskali dodatne možnosti ponovne uporabe, vključno z raziskavo potencialnih procesov s sinergističnim in simbioznim razmerjem z vzorčno sladkorno tovarno. Ugotovitve so predstavljene v nadaljevanju in povzete na sliki 5–2.



Slika 5-2. Možnosti nadaljnje uporabe iztokov iz procesa pridobivanja sladkorja.

### 5.3.8.3 Možnosti ponovne uporabe zemlje in kamenja

**Zemlja**, dovedena v vzorčno sladkorno tovarno skupaj s peso, povzroča okoljske probleme. Za pridelovalce pese predstavlja takšna zemlja izgubo rodovitne prsti in s tem manj učinkovito pridelavo pese. Po drugi strani predstavlja zemlja v pesi tudi zvišane stroške transporta. Sladkorni tovarni pomeni dovedena zemlja težave v procesu proizvodnje, zvišano porabo vode za pranje pese, kakor tudi iskanje nadaljnjih možnosti uporabe te zemlje (Anderlei in Beer, 1998). Izločena zemlja iz pese vsebuje prst, dele sladkorne pese ter ekstrahirani celični sok ter stranske produkte pri mikrobiološki aktivnosti pri skladiščenju pese.

Da bi zmanjšali masni delež zemlje v pripeljani pesi in s tem povezane stroške, je bilo do sedaj predlaganih in dejansko uvedenih več možnosti uporabe zbrane zemlje iz pese.

Da bi zmanjšali maso pripeljane zemlje v tovarno, je TSO postavila mejno vrednost vsebnosti zemlje v pripeljani pesi na 20 % in sme zavrniti pridelovalčevo dobavo, če masni delež zemlje presega to vrednost. Maso dovedene zemlje v tovarno bi bilo možno zmanjšati tudi s spodbuditvijo pridelovalcev, da si pridobijo naprave za čiščenje pese neposredno na polju in potem dobijo izplačano premijo za peso z manj odpadne zemlje.

Eno izmed možnosti uporabe zemlje v vzorčni tovarni je proizvodnja prodajnih substratov za presajanje (Muhlack, 1988). Direktna uporaba centrifugirane zemlje seveda ni mogoča, zaradi visoke vlažnosti (masni delež suhe snovi pod 60 %) in smradu. Zaradi tega bi zemlja morala biti predhodno posušena in masni delež organske snovi znižan pod 8 %. To je dosegla švicarska sladkorna industrija, ki je uporabila termično sušenje po centrifugiranju zemlje (Würsch in Fankhauser, 1994).

Tako predhodno obdelano zemljo je mogoče uporabiti v krajinski arhitekturi, idealna je za prenove, gradbene projekte in konstrukcijske obnove. Uporabna je tudi za polnjenje lukenj in vdrtin, ki bi jih želeli kasneje ponovno kultivirati (Gronemeyer in Dippel, 1992) ali kot surovina za biotope (Nähle, 1995).

Vso zemljo, ki je pripeljana v sladkorno tovarno bi bilo mogoče uporabiti za različne koristne namene. Seveda pa je potrebno del pripeljane zemlje vračati na izvirne pridelovalne površine, da preprečimo njene izgube. S tem zagotovimo, da je ta dragocen neobnovljivi vir uporabljen po načelih trajnostnega razvoja, in prispevamo k strategijam varovanja rodovitne prsti.



Skupaj s peso je v tovarno dovedeno tudi **kamenje**, ki je izločeno iz mešanice vode, pese in zemlje z uporabo ločilnika kamenja, ki se nahaja na začetku postaje za čiščenje pese. Po predhodni pripravi bi ga bilo možno uporabiti v raznih gradbenih projektih.

#### ***5.3.8.4 Možnosti uporabe zelenega odpadka***

**Zeleni odpadek** (listje, pesni vrhovi itd.) predstavlja pomemben del odpadnega materiala iz sladkorne tovarne. Zeleni odpadki predstavljajo 2–6 % celotne mase pese (Poel in sodelavci, 1998). Vzorčna tovarna uporablja zeleni odpadki za direktno proizvodnjo komposta. Veliki pridelovalci pese večinoma odrežejo vrhove pese in jih raztrosijo po pridelovalni površini kot gnojilo. Druga možnost uporabe zelenega odpadka je uporaba v obliki silaže za krmljenje živine.

#### ***5.3.8.5 Možnosti uporabe pesne gošče***

**Pesna gošča**, ki ostane po ekstrakciji sladkorja, je že dolgo let poznana kot odlično živalsko krmilo, predvsem zaradi vira lahko prebavljivih vlaknin in svoje energetske vrednosti. Pesna gošča se je izkazala še posebej primerna za hranjenje prežvekovalcev, čeprav jo uporabljajo tudi kot krmilo za drugo živino, na primer prašiče. Zelo majhen odstotek pesne gošče uporabljajo kot dodatek v človeški prehrani in kot substrat za proizvodnjo encimov, kot so pektinaze in druge hidrolaze (Schiweck, 1994).

Predstavljen je bil tudi predlog uporabe rezancev za delno zamenjavo lesne celuloze s sušeno pesno goščo v proizvodnji papirja (Vaccari in sodelavci, 2005). Takšen pristop bi zmanjšal izrabljanje lesa, saj je znano, da proizvodnja 1 kg celuloze zahteva 7 kg lesa brez vej, listja in korenin. Pesna gošča ne bi mogla biti uporabljena kot direktni nadomestek lesa, saj vsebuje premalo celuloze in lignina, kljub temu pa bi lahko bila uporabljena kot »organsko polnilo«. Papir, proizveden na takšen način, bi seveda bil slabše kvalitete, a še vedno uporaben za tiskanje in fotokopiranje.

Stisnjena pesna gošča je posušena (predhodno ji lahko dodamo melaso) z vročimi dimnimi plini iz kotlovnice. Produkt iz sušilnika spominja na surov tobak in je poznan kot posušena pesna gošča. Posušeno goščo lahko nato peletiramo s stiskalnico. Večino proizvedenih pesnih peletov v vzorčni tovarni prodajo kot kvalitetno živalsko krmilo.



### 5.3.8.6 Možnosti uporabe melase

**Melasa**, proizvedena v vzorčni tovarni, je skoraj v celoti uporabljena v fermentacijskem procesu proizvodnje bioetanola. Zaradi svoje nizke cene je odlična surovina za proizvodnjo bioetanola.

V sladkorni industriji se približno 90 % melase uporablja za fermentacijske postopke, ki vključujejo alkohol, citronsko kislino in druge specialne produkte kot so lizin in L-glutaminska kislina. Melasa mora konkurirati drugimi surovinam za fermentacijo, kot je koruzni sirup. Izbira vira surovin za fermentacijo je izvedena na podlagi trenutnih cen, lokalne razpoložljivosti vira in stroškov odlaganja odpadkov. Ker vsebuje sladkor in proteine, se melasa uporablja tudi za krmljenje živine (Harland, 1993).

### 5.3.8.7 Možnosti uporabe karbonatnega mulja

**Karbonatni mulj** je stranski produkt čiščenja sladkornega soka z masnim deležem suhe snovi od 68–72 % ter masnim deležem več kot 26 % CaO. Karbonatni mulj se uporablja pretežno v poljedelstvu za uravnavanje pH prsti in tako uspešno nadomešča izkopavanje apnenca za poljedelske in druge namene.

V nekaterih državah je uporaba posušenega karbonatnega mulja dovoljena kot gnojilo pod določenimi pogoji, medtem ko je v drugih državah ni uradnih predpisov in ni enotnih standardov. V zadnjem času se karbonatni mulj uporablja tudi v namene gojenja gob (British Sugar, 2004). V povprečju je v vzorčni tovarni proizvedenega karbonatnega mulja 50 kg/t obdelane pese, tj. 360 kg/t proizvedenega sladkorja. Vaccari in sodelavci (2005) so predlagali uporabo predhodno obdelanega karbonatnega mulja kot surovine v proizvodnji papirja. S takšno dvojno uporabo apnenca v sladkorni tovarni in tovarni papirja bi bilo mogoče drastično zmanjšati porabo apnenca, seveda bi moral biti tako pridobljeni apnenec predhodno posušen in mikroniziran pred ponovno uporabo.

### 5.3.8.8 Možnosti uporabe tople vode in ogljikovega dioksida

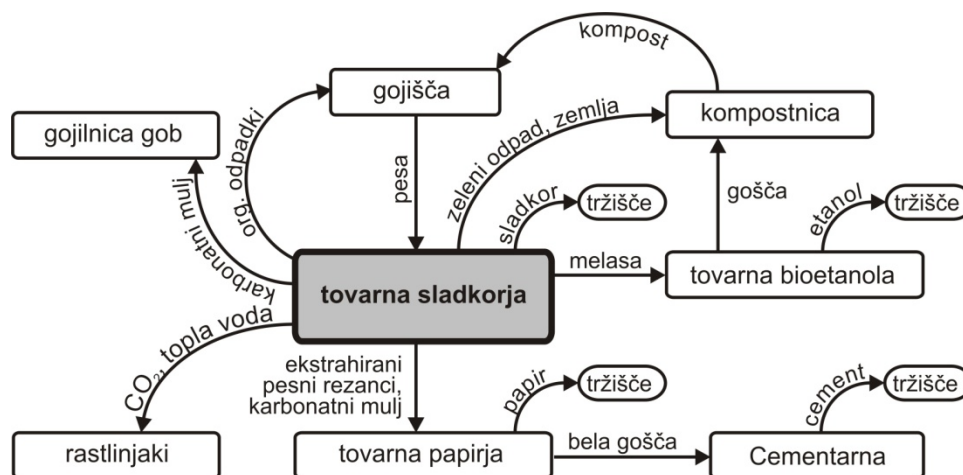
Eden izmed zanimivih načinov uporabe **odpadne tople vode** iz procesa pridobivanja sladkorja je predlagalo podjetje British Sugar Company. Podjetje je konstruiralo steklenjake s skupno površino 5 ha, v katerih vzgojijo več kot 34 milijonov paradižnikov letno. Vsi produkti so pakirani v moderni pakirnici, da bi zmanjšali potrebni čas od obiranja paradižnikov do njihove izročitve prodajalnam na manj kot 12 h. V rastlinjakih preko 1 000 čmrljev skrbi za naravno opraševanje rastlin brez nepotrebnih agro-kemikalij.

Nasad se nahaja na ugodni lokaciji blizu sladkorne tovarne. Topla voda iz tovarne se prenaša do rastlinjakov po ceveh v skupni dolžini več kot 112 km. S tem tovarna uspešno izkoristi vodo z nizkim temperaturnim potencialom, ki bi jo sicer vodili v hladilni stolp.

Ključnega pomena je tudi ogljikov dioksid, ki ga gojene rastline porabljajo za proces fotosinteze. Ogljikov dioksid, ki nastaja v kotlovnici pri zgorevanju goriva, vodijo v zaprte rastlinjake, kjer ga rastline porabijo.

### 5.3.8.9 Identifikacija agro-industrijskega ekološkega kompleksa

Na podlagi ocenjenih možnosti uporabe odpadkov in stranskih produktov iz proizvodnje sladkorja smo identificirali potencialne industrijske partnerje, ki bi se lahko s sladkorno tovarno povezali v agro-industrijski ekološki kompleks (slika 5–3). Osnova kompleksa bi bila tovarna sladkorja, ki bi dovajala melaso kot surovino tovarni bioetanola. Ekstrahirane pesne rezance in karbonatni mulj bi bilo mogoče po predhodni obdelavi uporabiti v tovarni papirja, katere odpadke bi nato delno uporabili v cementarni. Ogljikov dioksid in toplo vodo bi lahko uporabili v rastlinjakih za gojenje rastlin. Možna bi bila tudi poraba karbonatnega mulja za gojenje gob. Zeleni odpad in druge organske odpadke lahko deloma kompostirajo, deloma vračajo na polja kot gnojilo.



Slika 5-3. Agro-industrijski ekološki kompleks.

## 6 Smernica o celovitem preprečevanju in obvladovanju onesnaževanja

---

Evropska unija (EU) je leta 1996 sprejela smernico o celovitem preprečevanju in obvladovanju onesnaževanja, t. i. smernico IPPC (*angl.*, Integrated Pollution Prevention and Control Directive), ki predstavlja eno ključnih smernic na področju okoljevarstva v industrijskem sektorju. Gre za krovno smernico, ki zahteva celovito obvladovanje okolja v industrijskih obratih, stalno spremljanje vplivov na okolje in nenehno izboljševanje delovanja.

Smernica uvaja koncept celovitega pristopa k preprečevanju in obvladovanju onesnaževanja z določevanjem ukrepov za preprečevanje, ali če to ni mogoče, za zmanjševanje emisij v zrak, vodo in tla. Smernica vnaša novost s stališča obravnave lokacije dejavnosti. Preprečevati je potrebno onesnaževanje na celi lokaciji obrata in ne samo na točki izpusta v vodotok ali ozračje. Vključuje ukrepe glede rabe surovin, energetske učinkovitosti, odpadkov, hrupa, preprečevanja nesreč, tveganja ipd. Smernica uvaja sistem podeljevanja celovitih okoljskih dovoljenj, zahteva uvajanje najboljših razpoložljivih tehnik ter našteva industrijske dejavnosti, ki morajo pridobiti celovita okoljevarstvena dovoljenja.

### 6.1 Najboljše razpoložljive tehnike

Najboljše razpoložljive tehnike (BAT) so uradno registrirane tehnike, s katerimi je možno dosegati predpisane emisijske standarde. Te tehnike niso obvezne, saj sme podjetje uporabiti druge, če z njimi dosega enake ali boljše rezultate. Izraz »tehnike« vključuje tako uporabljeno tehnologijo kot način načrtovanja, gradnje, vzdrževanja, upravljanja in razstavljanja obrata. Izraz »razpoložljive« tehnike pomeni do tiste stopnje razvite tehnike, ki omogočajo uporabo v ustreznem industrijskem sektorju pod ekonomsko in tehnično izvedljivimi pogoji, ob upoštevanju stroškov in prednosti, ne glede na to, ali se tehnike uporabljajo ali razvijajo znotraj posamezne države članice, dokler so sprejemljivo dostopni nosilcu dejavnosti. Izraz »najboljši« pomeni najbolj učinkovit postopek pri doseganju visoke splošne stopnje varovanja okolja kot celote.

---

Informacije o BAT za posamezne dejavnosti so javno dostopne v referenčnih dokumentih o BAT (dokumenti BREF), ki nastajajo na osnovi izmenjave informacije o stanju tehnik v posameznih dejavnosti v državah EU. Cilj dokumentov BREF je ugotavljanje tehnik, ki izpolnjujejo kriterije BAT, določanje referenčnih ravni učinkov BAT za državne organe, industrijo, nevladne organizacije in javnost ter omogočanje uporabe BAT na nivoju obrata. Načrtovanih je 32 dokumentov BREF, od tega 27 vertikalnih (ki se nanašajo na industrijske dejavnosti) in 5 horizontalnih (ki obravnavajo okoljske vidike, ki so skupni več sektorjem). Večina že izdelanih dokumentov vsebuje splošni opis uporabljenih tehnologij, ki služijo kot okvir za nadaljnjo specifikacijo porabljene vode, energije, vrste in količine nastalih odpadkov, ter vrsto in količino emisij v vodo in zrak, deljenih z maso proizvodnje. To so podatki, ki nudijo industriji pomembno osnovo za analizo ekonomske učinkovitosti poslovanja in presegajo golo preverjanje izpolnjevanja zakonskih predpisov na področju okolja.

## 6.2 Izvajanje smernice v državah članicah EU in njeni zavezanci

Evropska komisija je ustanovila Evropski urad za smernico IPPC, ki je odgovoren za širjenje dokumentov BREF za vsak zajet gospodarski sektor. Forum za izmenjavo informacij o smernici IPPC (*angl.*, IPPC Information Exchange Forum, IEF) usklajuje izmenjavo informacij o BAT za nove in obstoječe obrate v vseh zajetih gospodarskih panogah. Komisija je ustanovila tudi tehnične delovne komisije, sestavljene iz strokovnjakov držav članic, industrije in nevladnih organizacij za okolje, ki opravljajo podrobno izmenjavo informacij za določene gospodarske dejavnosti. Komisija in države članice bodo s pomočjo razprav usklajevale in urejale izmenjavo informacij, da bodo BAT temeljili na aktualnih tehnoloških dosežkih.

Smernica je naravnana na specifikirane vire onesnaževanja in zajema posamezne industrijske dejavnosti, kot so energetika, proizvodnja in predelava kovin, industrija nekovin, kemijska industrija, ravnanje z odpadki, kmetijstvo ipd.

Zavezanost k pridobitvi dovoljenja temelji na opisu dejavnosti in nazivni zmogljivosti proizvodnje ali uporabi določene nevarne snovi, npr. topil. Večina naštetih virov ima predpisano minimalno nazivno zmogljivost proizvodnje glede na vir onesnaževanja. Če je nazivna proizvodna zmogljivost vira manjša, vir onesnaževanja ni zajet v smernici in lastnik ni zavezan k pridobitvi okoljevarstvenega dovoljenja, s čimer pa se njegova

zavezanost k izpolnjevanju obstoječih in zanj relevantnih okoljskih predpisov ne zmanjšuje. Smernica od zavezancev zahteva:

- pridobitev celovitega okoljskega dovoljenja,
- obveščanje pristojnih organov o spremembah tehnologij in preverjanje skladnosti obratovanja s pogoji dovoljenja,
- omogočanje dostopa javnosti do okoljskih informacij,
- poročanje o emisijah in
- izmenjavo informacij o BAT.

### **6.3 Okoljevarstvena dovoljenja, orodje za uveljavitev celovitega pristopa**

Smernica IPPC vsebuje določila o zahtevah za izdajo dovoljenj za obratovanje, vsebino vloge za dovoljenje in pogoje, ki jih določajo dovoljenja. Za industrijo je smernica zelo pomembna, saj podjetja brez dovoljenja ne morejo opravljati svoje dejavnosti. Za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja morajo vsi obstoječi obrati v vseh državah članicah EU dokazati, da poslujejo oziroma, bodo do leta 2007 sposobni poslovati v okviru mejnih vrednosti, ki jih narekujejo preverjeni BAT.

Z enotnimi pravili izdajanja dovoljenj evropska komisija stremi k celovitejšemu pristopu omejevanja onesnaževanja iz različnih točkovnih virov v vsej Evropski uniji ter uveljavitvi izboljšane ravnanja z okoljem ob preprečitvi selitve umazane industrije v dežele, v katerih veljajo manj stroga pravila.

Pristojni organ posamezne države ima možnost izdajanja dovoljenj na osnovi tehničnih značilnosti obrata, geografske lokacije in dejanskega stanja okolja, kjer je obrat lociran. Ta možnost ne bo koristila obratom, ki ne poslujejo v skladu z dosežki BAT, saj bo vsako odstopanje moralo biti okoljsko, tehnološko in ekonomsko utemeljeno in upravičeno. Dokumenti BREF služijo pristojnim upravnim organom kot pomoč pri izdaji dovoljenj. Čeprav je v predgovoru vseh izdelanih dokumentov BREF zapisano, da le-ti niso predpisi in ne določajo obvezno uporabo tehnik ali mejnih emisijskih vrednosti, je vendarle pričakovati, da se bo upravni organ, pristojen za izdajanje okoljevarstvenih dovoljenj, pri odločanju o vsebini izdanega dovoljenja praviloma skliceval na mejne vrednosti; te izvirajo iz okoljskih učinkov, ki jih ustvarjajo splošno priznani in uveljavljeni BAT.

Poleg okoljevarstvenih dovoljenj in dokumentov z opisi najboljših razpoložljivih tehnik za posamezne dejavnosti, narekuje smernica IPPC tudi vzpostavitev evropskega registra

onesnaževal (*angl.*, European Pollutant Emission Register, EPER), ki uvaja popis glavnih emisij in njihovih virov. Register onesnaževal za prvo evropsko petnajsterico, Norveško in Madžarsko je dostopen na spletni strani registra (EEA, 2004) Evropski register zaenkrat vsebuje podatke okoli 10 000 virov s podatki o izpustih emisij v vode in ozračje. Vsak vir je opremljen s črno belo satelitsko sliko vira in njegove okolice, uradnim nazivom vira, naslovom, klasifikacijo dejavnosti in glavnimi izpusti.

---

# 7 Osnove sistemov upravljanja z okoljem

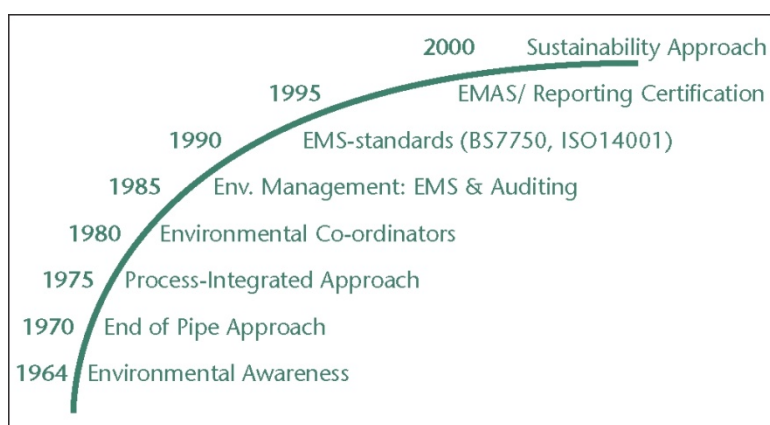
## 7.1 Razvoj upravljanja z okoljem

### 7.1.1 Kaj je upravljanje z okoljem in sistem upravljanja z okoljem

Glavne vsebine tega poglavja:

- > Kaj je SUO
- > Zakaj je vzpostavitev SUO dobra investicija
- > Kako lahko SUO izboljša celotno delovanje organizacije
- > Stroški SUO
- > Zakaj je vse bolj pomembno za slovenske organizacije, da vzpostavijo SUO
- > SUO in zagotavljanje kakovosti
- > SUO in upravljanje tveganja

Upravljanje z okoljem je upravljanje aktivnosti organizacij, ki imajo ali bi lahko imele vpliv na okolje. Slika 7-1 prikazuje evolucijo upravljanja z okoljem od začetkov intenzivnejše okoljske ozaveščenosti v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Slika prikazuje kratko zgodovino sedanjega koncepta upravljanja z okoljem.



Slika 7-1. Razvoj ideje o upravljanju z okoljem (povzeto po UNEP/ICC/FIDIC, 1996, p. 4)

Sistem upravljanja z okoljem (SUO) (angl. Environmental Management System) je nepretrgan cikel načrtovanja, vključevanja, pregledovanja in izboljševanja procesov in ukrepov, ki jih izvaja organizacija za doseg svojih okoljskih ciljev in zahtev. SUO je

sistem zagotavljanja delovanja organizacije, ki je v skladu z mednarodnimi standardi, kot sta ISO 14001 in EMAS. Definicija SUO, ki jo uporablja ISO 14001 je naslednja: »SUO je del celotnega sistema upravljanja, ki vključuje organizacijske strukture, načrtovanje aktivnosti, odgovornosti, prakse, postopkov in virov za razvijanje, vključevanje, doseganje, pregledovanje in vzdrževanje okoljske politike« (European Committee for Standardization, 1996-08-21, section 3.5).

SUO torej upravlja z okoljskimi vplivi organizacije. Pričakovani izid so nenehne izboljšave upravljanja z okoljem. ISO standardi SUO so zelo splošni, saj so pripravljene z namenom, da so uporabni v mnogih ali celo v vseh predelih sveta. Organizacije, ki vzpostavijo SUO lahko tako prilagodijo svoj SUO točno glede na njihove potrebe. Organizacije, ki same nimajo pomembnih vplivov na okolje, se lahko s SUO osredotočijo na okoljsko delovanje svojih dobaviteljev, medtem ko se lahko organizacije s precejšnjimi okoljskimi vplivi osredotočijo bolj na doseganje okolju prijaznejšega delovanja.

Ta velika fleksibilnost pomeni, da dve različni srednje veliki podjetji ne moreta biti primerjani med seboj, čeprav morata obe doseči zahteve, postavljene s strani organizacije za standardizacijo. Zunanji opazovalec mora razumeti, kaj želimo s SUO doseči. Certificiranje SUO pomeni, da so bile zahtevane organizacijske strukture vzpostavljene in da je SUO načrtovan za doseganje nenehnih izboljšav. ISO 14001 od organizacij zahteva, da se obvežejo k skladnosti s primerno okoljsko zakonodajo. Ker se okoljska zakonodaja razlikuje od države do države, obstajajo različne težavnostne stopnje za doseganje skladnosti z nacionalnimi okoljskimi predpisi. To ne predstavlja velikega problema z EMAS, saj je ta sistem vzpostavljen na bolj homogenem gospodarskem področju z isto okoljsko zakonodajo.

### **7.1.2 Zakaj vzpostaviti sistem upravljanja z okoljem (SUO)?**

Izziv zagotavljanja skladnosti z ISO 14001 kot standardom SUO je prisoten pri mnogih organizacijah iz javnega in privatnega sektorja ter pri njihovih okoljskih deležnikih. Kupci, vlade, skupnosti, javne interesne skupine in drugi lahko izrazijo zahteve po ISO 14001 ali EMAS certificiranju, da bi dobili zagotovilo o organiziranem in preiščenem upravljanju okoljske odgovornosti organizacije. Razvoj SUO, ki dosega zahteve ISO 14001 ali EMAS je zelo ambiciozno dejanje za organizacijo. Pridobitev certifikata o SUO zahteva dodatne napore in stroške – še posebej, če zunanji regulator pregleda SUO in potrdi njegovo skladnost z zahtevami. Oba standarda, ISO 14001 in EMAS, samo opredeljujeta strukturo SUO. Vsebinska je stvar same organizacije. Organizacija sama odloči, kaj želi



narediti in SUO organizira potrebne naloge. Obratovalni stroški so lahko znižani in okoljska tveganja zmanjšana le, če je organizacija osredotočila SUO na specifične prakse obratovanja.

Cilji izboljšav so zastavljeni s strani same organizacije. Obstaja veliko organizacij, ki so podvržene okoljskim predpisom, ne da bi se tega zavedale. Lahko bi rekli, da je lahko pravzaprav katerakoli organizacija, ki povzroča kakršenkoli vpliv na okolje, ne glede na njeno velikost ali sektor, podvržena okoljskim predpisom. Na prvi pogled se za mnoge organizacije zdi, da niso podvržene okoljskim predpisom. A tudi restavracije, zdravniške ambulante, avtomehanične delavnice, pekarnice, supermarketi, fotokopirnice itd. so lahko podvržene okoljskim predpisom.

Mnoge organizacije vidijo zagotavljanje ustreznosti z zakonodajo kot dodatni strošek, ki zmanjšuje dobiček. Skladnost z zakonodajo je na začetku res lahko draga, a stroške lahko zmanjšamo s številni ukrepi (na primer z zmanjšanjem odpadkov lahko precej zmanjšamo stroške njihovega odlaganja). Hkrati ne smemo pozabiti učinka »podobe«. Dobra javna podoba je dostikrat vredna veliko več kot stroški prilagajanja okoljski zakonodaji. Dobro okoljsko delovanje je lahko uporabljeno v oglaševalske namene, saj so »zelene« organizacije zelo priljubljene pri strankah in drugih deležnikih.

Kljub temu, da je večini zakonodajnih agencij dovoljeno ukrepati zoper organizacije, ki niso v skladu z zakonodajo, je ukrepanje le malokdaj uporabljeno zoper organizacije, ki so znane po iskanju rešitev za ustreznost z zakonodajo. Striktne ukrepe so večinoma rezervirani za tiste organizacije, ki ne vlagajo nikakršnih naporov v zagotavljanje skladnosti z zakonodajo tudi po ponavljajočih se opozorilih in pozivih (Forbes 1999).

Na kratko, SUO je sistematičen pristop organizacije k doseganju okoljskih in drugih ciljev. Ker različne organizacije vse bolj želijo doseči in predstavljati dobro okoljsko delovanje, lahko SUO doprinese k ustreznosti okoljskim zakonom in predpisom kakor tudi zadovoljevanju pričakovanj strank in drugih deležnikov. SUO lahko združuje organizacijske cilje z okoljskimi in omogoča učinkovito upravljanje okoljskih obvez. Nadalje lahko SUO nadzira obveznosti s sistematičnim identificiranjem tveganja in izogibanjem okoljski in denarni škodi. SUO ima dva pomembna cilja: obvladovanje onesnaževanja in ustreznost z okoljsko zakonodajo. Zelo malo organizacij doseže ta dva cilja brez vključitve SUO.

Kadar organizacija odgovori pozitivno vsaj na enega izmed naslednjih vprašanj, lahko pridobi z uvedbo SUO [NSF International, 2001, p. 4.]:

- > Ali je od vaše organizacije zahtevano, da mora zagotavljati ustreznost z okoljskimi zakoni in predpisi?
- > Ali iščete načine za izboljšanje svojega okoljskega delovanja?
- > Ali okoljske zadeve vaši organizaciji predstavljajo velike obveznosti?
- > Ali pomanjkanje časa ali sredstev ovira vašo organizacijo pri učinkovitem upravljanju okoljskih obveznosti?
- > Ali je medsebojna povezava med okoljskimi in drugimi cilji vaše organizacije nejasna?

### 7.1.3 Prednosti in koristi SUO

Ker večina organizacij, ki uvajajo SUO, v tem išče denarne ugodnosti, je vedno glavna skrb: ali je SUO investicija ali samo strošek? Odgovor je odvisen od izbranega pristopa in zastavljenih ciljev. Če je ISO SUO osredotočen na zagotavljanje ustreznosti z zakonodajo, bo predstavljal predvsem strošek za tiste, katerih glavna korist je morebitno zmanjšanje obveznosti. V razvitih državah, kjer je ozaveščenost o poslovnih koristih izboljšane okoljskega delovanja zelo nizka, je tak zakonodajno osredotočen pristop dominanten. Če pa se sistem osredotoča na izboljšane proizvodne procese in proizvode, lahko občutno prepreči onesnaževanje, zniža obratovalne stroške in morebitne denarne obveznosti ter po drugi strani poveča zadovoljstvo kupcev in tržni delež (Hamner, B. 1997). Seveda pa velja, da kompleksnejši SUO postaja tudi dražji in časovno potraten.

V bolj industrializiranih državah so mnoge organizacije uvidele, da je lahko standard ISO 14001 koristno orodje, ki presega samo zagotavljanje zakonodajne ustreznosti. Nekatero od številnih prednosti SUO so naslednje [NSF International 2001, p. 7]:

- > izboljšano okoljsko delovanje
- > izboljšana skladnost s prepisi
- > preprečevanje onesnaževanja
- > ohranjanje naravnih virov
- > pridobivanje novih strank in tržišč
- > povečana učinkovitost in znižani stroški
- > izboljšana morala zaposlenih
- > izboljšana podoba organizacije v javnosti, pri urejevalcih, upnikih, investitorji in drugih deležnikih

- > ozaveščenost zaposlenih o okoljskih vidikih in odgovornostih
- > zmanjšane obveznosti organizacije
- > konkurenčne prednosti
- > manj delovnih nezgod.

## 7.2 Ekonomija SUO

### 7.2.1 Ali SUO znižuje stroške zagotavljanja ustreznosti z zakonodajo?

Pomembno je vprašanje o stopnji, do katere SUO lahko znižajo stroške predpisov, tako v makro-ekonomskem smislu kot tudi na nivoju stroškov za doseganje usklajenosti z zakonodajo v posamezni organizaciji. V mnogih državah poteka razprava, ali lahko registracija ISO 14001 ali EMAS nadomesti določene zakonsko določene zahteve po poročanju, še posebej v tistih državah, kjer so zakonske zahteve znatne in predstavljajo tegobo industriji.

Kljub temu, da ni dosti študij, ki bi dokazovale ugodnosti SUO, se skoraj vedno izkaže, da dobro vzpostavljen SUO povečuje koristi in proizvodno učinkovitost ter zmanjšuje onesnaževanje okolja. Drugi vidiki, ki so težje izmerljivi (npr. izboljšana transparentnost delovanja organizacija, timsko delo zaposlenih in njihovo identificiranje z organizacijo ipd.), so pogosto rezultat uspešne vzpostavitve SUO. Seveda pa se je potrebno zavedati, da je vzpostavitev SUO delovno zahteven proces in zato ni nujno, da se vedno izkaže s finančnimi koristmi (čeprav se to v večini primerov res zgodi). Zaradi vsega tega je potrebno skrbno preučiti stroške, povezane z vzpostavitvijo SUO.

### 7.2.2 Možni stroški sistema upravljanja z okoljem

V splošnem so stroški vzpostavitve SUO odvisni od velikosti in narave okoljskih vplivov organizacije, od obstoja in stopnje razvitosti upravljanja z okoljem v organizaciji ter od hitrosti samega vzpostavljanja sistema. Stroške vzpostavitve SUO je mogoče razdeliti na interne in eksterne. Za večino organizacij so najvišji Interni stroški, ki so povezani s stroški dela menedžerjev in drugih zaposlenih [NSF International, 2001, p. 7.].

Eksterni stroški večinoma nastanejo v postopku vzpostavitve SUO in morebiti tudi pri nadaljnjem zunanjem svetovanju glede izboljševalnega procesa po samem certificiranju. Ti eksterni stroški vključujejo:

- > zunanje izpopolnjevanje zaposlenih
- > svetovalne storitve
- > organiziranje notranjega izobraževanja
- > stroške certificiranja
- > investicijske stroške za izboljšave okoljskega delovanja

Ponavadi se vzpostavitev SUO izkaže bolj kot korist in ne kot strošek. V vsakem primeru pa je potrebno morebitne stroške oceniti pred sami začetkom vzpostavitve sistema, da se izognemo neprijetnim presenečenjem. SUO najpogosteje izhaja iz nadgradnje sistemov upravljanja proizvodnje ali kakovosti. Kadar sta ta sistema v organizaciji šibka, neučinkovita ali preprosto ne obstajata (kar je pogosto v organizacijah s slabim okoljskim delovanjem), je potrebno vzpostaviti boljši okvirni program upravljanja organizacije in se šele nato osredotočiti na podrobnosti SUO.

### **7.3 Osnove sistema upravljanja z okoljem**

Kaj je kakovost? Kako je le-ta povezana s SUO? So vse informacije v SUO osnovane na resnem raziskovalnem delu? To so vprašanja, ki so pogosto zastavljena v vedno spreminjajočem se svetu SUO. V tem podpoglavju skušamo odgovoriti na ta vprašanja.

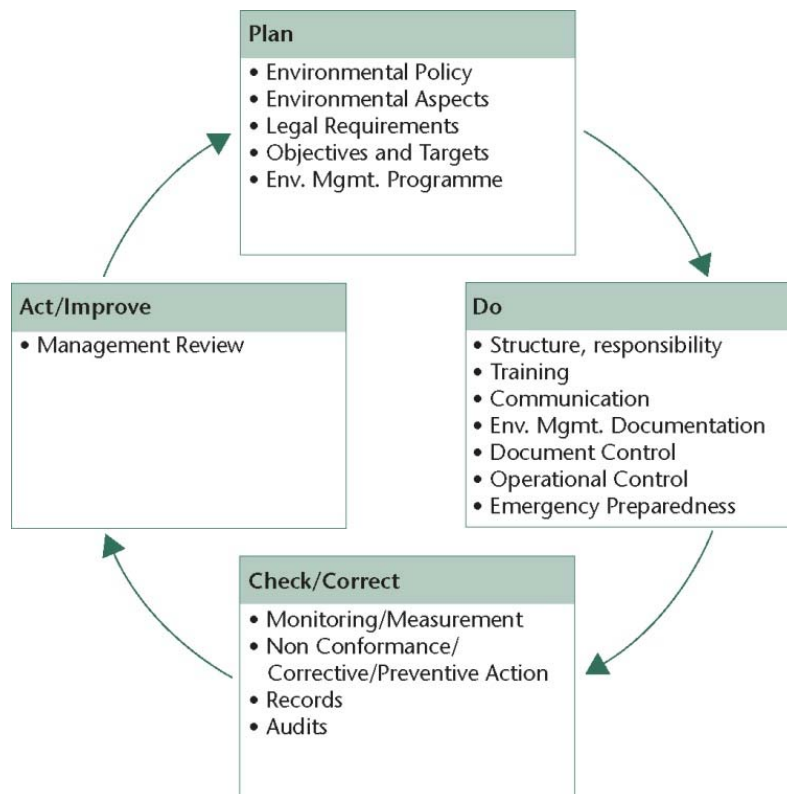
#### **7.3.1 Demingov cikel kot osnovno načelo SUO**

Da bi lahko izboljšala okoljski menedžment, se mora organizacija osredotočiti ne samo na vprašanje »kaj se dogaja« temveč tudi na vprašanje »zakaj se dogaja«. Skozi čas bo sistematično identificiranje in korekcije sistemskih pomanjkljivosti pripeljalo do izboljšane okoljskega in celotnega delovanja organizacije.

Večina modelov SUO (vključno s standardom ISO 14001, ki je podrobneje opisan v nadaljevanju) izhajajo iz tako imenovanega modela zagotavljanja kakovosti »planiraj–izvedi–preveri–ukrepaj“ (angl., Plan–Do–Check–Act), ki ga je uvedel Deming leta 1950 v ZDA. Ta model daje velik poudarek načelu nenehnih izboljšav.

#### **7.3.2 Celovito obvladovanje kakovosti**

V nadaljevanju bomo podrobneje razložili in razpravljali o zahtevah učinkovitega SUO glede na Demingov cikel (Slika 7-2)



Slika 7-2. Elementi ISO 14001 v vsaki stopnji Demingovega modela obvladovanja kakovosti [UNEP/ICC/FIDIC, 1996, p. 7].

Večina organizacij vključi načela celovitega obvladovanja kakovosti (COK) (angl., *Total Quality Management*) pri njihovih proizvodnih operacijah in aktivnostih. Učinkovit SUO gradi na načelih COK. COK je bil večinoma razvito v ZDA, čeprav so šele Japonci prvi predstavili njegove prednosti in ga uspešno uporabili. Ugotovili so, da je menedžment in zaposleni v primeru skupnega reševanja problemov bolj predani k rešitvi.

COK se razlikuje od tradicionalnih tehnik izboljševanja kakovosti v več vidikih. Najpomembnejša razlika je v tem, da se osredotoča na sistemske probleme. S statističnimi metodami išče razloge problemov in zahteva aktivno vključitev zaposlenih. COK uporablja nove in alternativne metode za izboljšanje delovanja organizacije z vključitvijo vse hierarhične nivoje zaposlenih – od vrha menedžmenta do navadnih delavcev.

Nekatere izmed mnogih prednosti sistema COK so naslednje:

- > znižanje obratovalnih stroškov
- > povečano zadovoljstvo strank

- > izboljšanje morale v organizaciji
- > vzpostavitev procesa nenehnih izboljšav in preoblikovanja procesa poslovanja
- > pridobivanje konkurenčnih prednosti
- > vzpostavitev osnove za ISO registracijo

Obstajajo tri osnovna načela obvladovanja kakovosti:

- > kakovost pomeni zadovoljevanje kupčevih želja in specifikacij s proizvodom ali storitvijo. Kakovosti ne moremo razumeti kot nekaj boljšega ali dražjega, ampak je zgolj povezana z zadovoljstvom kupca.
- > Karkoli je proizvedeno v organizaciji, bodisi proizvod ali storitev, mora biti brez napak. Biti blizu tega cilja ni dovolj in vsak zaposleni v organizaciji se mora zavedati, da njihov lasten odnos vpliva na kakovost. To dela COK "filozofijo organizacije kot tudi obvezo posameznika".
- > Kakovost je merjena s ceno nekakovosti (stroški organizacije povezani s časom, denarjem in drugimi dejavniki, kadar organizacija ne deluje pravilno (glej internetne vire: Customer Focused Quality)

COK ni samo zagotavljanje kakovosti, temveč vključuje mnogo več vidikov, kot so varnost pri delu, upravljanje s tveganjem, finančni menedžment in seveda upravljanje z okoljem, vse odvisno od posamezne situacije v vsaki organizaciji. COK vpliva na vse zaposlene v organizaciji. Omogoča fleksibilnost organizacije in zvišuje motivacijo zaposlenih. Hkrati olajšuje razvoj dolgoročnih razmerij med strankami in zaposlenimi v organizaciji.

## 7.4 Vprašanja za študij

- > Zamisli si podjetje ali organizacijo, ki jo poznaš. Zakaj bi morda to podjetje potrebovalo SUO? In kakšne bi lahko bile koristi?
- > Zakaj toliko stane, da vzpostavimo SUO? Kako lahko znižamo stroške, brez da bi zmanjšali učinkovitost SUO?
- > Demingov cikel tvori osnovo večine SUO. Kako deluje ta pristop in katere so njegove prednosti? Ali ima ta pristop tudi slabosti?

## 7.5 Internetni viri

- > EMAS – Accession countries  
[http://europa.eu.int/comm/environment/emas/activities/accession\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/activities/accession_en.htm)
- > Customer Focused Quality, <http://www.customerfocusedquality.com>

- > Technical Workbook on Environmental Management – Tools for Decision Analysis, <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-14/index.asp>
  - > EMAS – Member State activities, [http://europa.eu.int/comm/environment/emas/activities/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/activities/index_en.htm)
  - > The Deming Cycle, <http://www.balancedscorecard.org/bkgd/pdca.html>
  - > Nonprofit Risk Management Center, <http://www.nonprofitrisk.org/>
  - > European Institute for Risk Management, <http://www.eirm.net/>
  - > The costs of EMAS, [http://europa.eu.int/comm/environment/emas/tools/faq\\_en.htm#costs](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/tools/faq_en.htm#costs)
  - > The benefits of EMAS, [http://europa.eu.int/comm/environment/emas/tools/faq\\_en.htm#benefits](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/tools/faq_en.htm#benefits)
-

## 8 Pregled okoljskih standardov

---

Glavne vsebine tega poglavja:

- > podrobne informacije o standardih serije ISO 14000 (s poudarkom na ISO 14001)
- > Podrobna seznanitev o shemi EMAS
- > Primerjava značilnosti ISO 14001 in EMAS
- > Pregled drugih mednarodnih standardov, ki so posredno ali neposredno povezani s SUO
- > Drugi vidiki, ki so lahko vključeni v SUO

### 8.1 Kaj je standardizacija?

Standardizacija SUO je dejavnost vzpostavljanja usklajenih pravil in določil za ponavljajočo se uporabo, da se doseže optimalna stopnja urejenosti na tem področju. Dejavnost obsega predvsem procese priprave, izdajanja in uporabe standardov. Ker SUO ne moremo vzpostaviti brezciljno in poljubno, so bili razviti nekateri standardi, ki omogočajo dobro strukturirane in medsebojno primerljive SUO.

Mednarodni standardi SUO so na temelju soglasja zapisani dokumenti, ki so pripravljene z namenom doseči učinkovito vključevanje okolja v delovanje organizacije. Standardi sami po sebi ne postavljajo meril za način ravnanja z okoljem. So le orodje, pomoč za dober pregled nad uresničevanjem postavljenih ciljev (Društvo pooblaščenecv za varstvo okolja, 2002).

V standardih so podana pravila, smernice ali karakteristike za dejavnosti v smeri vzpostavitve in vzdrževanja SUO. Organizacije, ki se poslužujejo standardov SUO lažje izgradijo sistem, s katerim je varovanje okolja integrirano v dolgoročno strategijo in vsakodnevno upravljanje organizacije. Ti standardi prinašajo koristi organizacijam in s tem celotnemu gospodarstvu, saj omogočajo bolj trajnostno naravnano okoljsko delovanje.

### 8.2 Uvod v standarde sistemov upravljanja z okoljem

Prvi standard na področju SUO na svetu je bil britanski standard BS 7750, ki ga je razvila in objavila Britanska inštitucija za standarde (angl. British Standards Institution, BSI) leta

---



1992. BS 7750 določa SUO organizacije, tako da ocenjuje njeno okoljsko delovanje in določa okoljsko politiko, prakso, cilje ter s tem spodbuja nenehne izboljšave tega področja delovanja organizacij. Standard so posodobili v letu 1994, sedanja verzija pa je kompatibilna s standardoma ISO 14001 in EMAS.

Standard BS 7750 je služil kot model za razvoj standardov serije ISO 14000, ki so bili pripravljene zaradi zavezanosti mednarodne organizacije za standardizacijo (angl. International Standardization Organization, ISO) k trajnostnemu razvoju. V letu 1991 je ISO ustanovila strateško svetovalno skupino o okolju (angl., Strategic Advisory Group on the Environment, SAGE), da bi ocenila potrebo po mednarodnih standardih upravljanja z okoljem in priporočila strateški načrt za pripravo takšnih standardov. Konferenca združenih narodov o okolju in razvoju (angl., United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) leta 1992 v Rio de Janeiro je pospešila razpravo o upravljanju z okoljem. Na osnovi izsledkov SAGE je ISO leta 1993 ustanovila mednarodni tehnični odbor ISO/TC 207 Upravljanja z okoljem (angl., Technical Committee 207 for Environmental Management Standards, ISO/TC 207). Končno je bil leta 1996 predstavljen standard ISO 14001, ki so ga sprejele tako razvite kot razvijajoče se države po svetu. Ta standard je bil posodobljen v letu 2004 in je postal globalni standard za SUO. V državah EU je bila razvita še EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), ki vključuje standard ISO 14001.

### 8.3 Standardi serije 14000

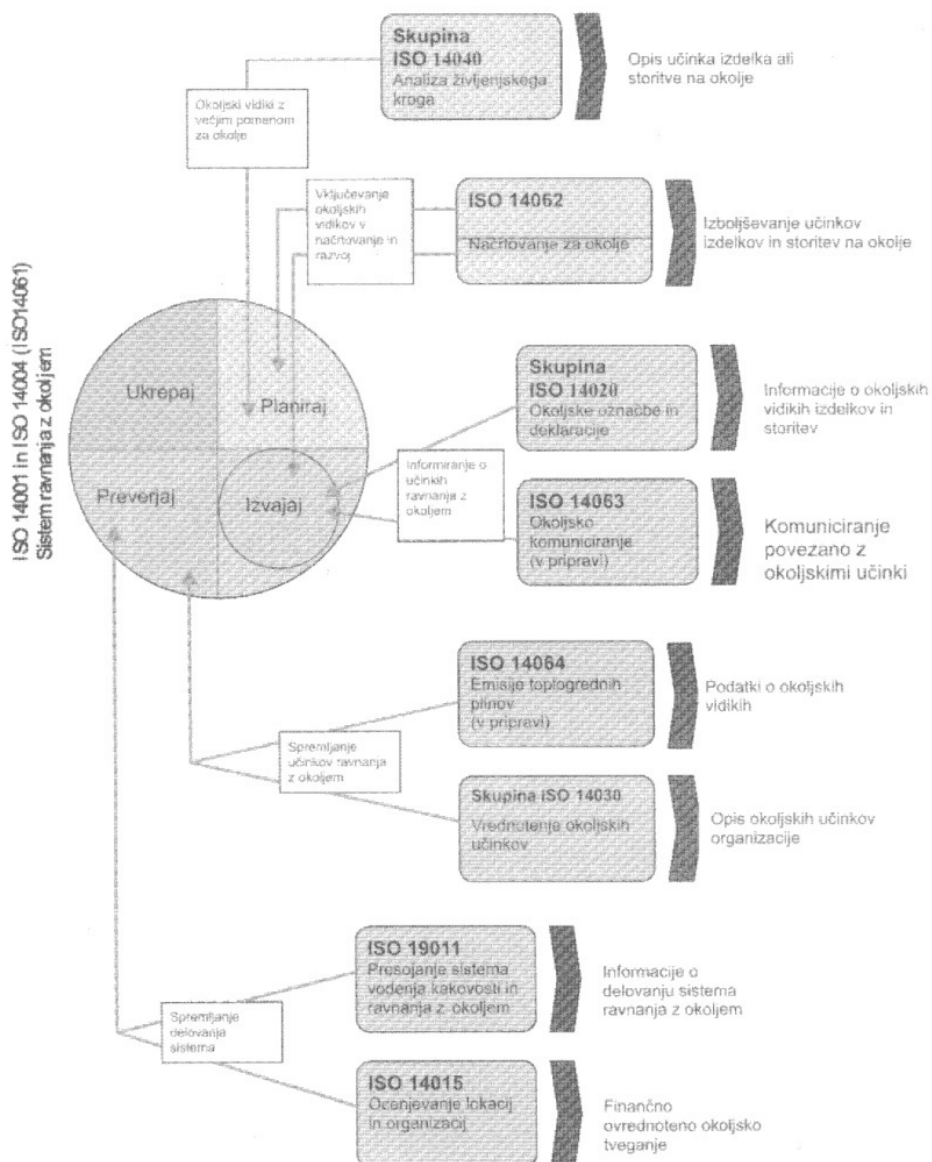
Mednarodni standardi serije ISO 14000 za upravljanje z okoljem so relativno novi v primerjavi z drugimi standardi za vzorčenje, preskušanje in analitske metode za spremljanje in nadzor posebnih okoljskih vidikov. Standardi za upravljanje z okoljem so uporabni za vse organizacije in naj bi jim priskrbeli elemente učinkovitega ravnanja z okoljem. Sistem ravnanja z okoljem omogoča organizacijam vzpostaviti red in doslednost pri reševanju okoljskih vprašanj, primerno porazdeliti sredstva, določiti odgovornosti in stalno ocenjevati ravnanje, postopke in procese.

Serijo standardov ISO upravlja Mednarodna organizacija za standardizacijo (International Organisation for Standardization, ISO). Nekaj standardov je v obdelavi, medtem ko je bilo v letu 2005 izdanih 16 standardov, ki se navezujejo na naslednje vidike:

- > sistemi upravljanja z okoljem - splošne smernice o načelih, sistemih in podpornih tehnikah (ISO 14001, ISO 14004 in ISO/TR 14061)
- > smernice za presojanje sistemov vodenja kakovosti in/ali sistemov za upravljanje z okoljem (ISO 19011)
- > ravnanje z okoljem – okoljsko ocenjevanje lokacij in organizacij (ISO 14015)
- > okoljske označbe in deklaracije – splošna načela oz. okoljsko samodeklariranje (ISO 14020 oz. ISO 14021)
- > okoljske označbe in deklaracije – načela in postopki (ISO 14024 in ISO/TR 14025)
- > ravnanje z okoljem – vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem – smernice oz. primeri (ISO 14031 oz. ISO/TR 14032)
- > ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla (ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043, ISO/TR 14047, ISO/TS 14048 in ISO/TR 14049)
- > upravljanje z okoljem – slovar (ISO 14050)
- > ravnanje z okoljem – vključitev okoljskih vidikov v načrtovanje in razvoj proizvodov (ISO 14062)
- > ravnanje z okoljem – okoljsko komuniciranje – smernice in primeri (ISO 14063)

Ta učbenik se osredotoča na standard ISO 14001, ki je edini standard v seriji standardov ISO 14000, ki je preverljiv z ocenjevanjem ustreznosti in je zato organizacija lahko certificirana.

---



Slika 8-1. Skupina standardov ISO 14000 (povzeto po Borštnik et al. 2004)

### 8.3.1 Standard 14001

Pomembno je poudariti, da je standard ISO 14001 standard upravljanja z okoljem in ne standard okoljskega delovanja. Standard sestavljajo 4 glavne točke – predmet, zveza z drugimi standardi, definicije in zahteve za sistem upravljanja z okoljem ter informativni dodatki - napotki za uporabo specifikacije, povezava med ISO 14001 in ISO 9001 in literatura.

Standard je splošen in ne postavlja posebnih zahtev za rezultate okoljskega delovanja sistema, kar pomeni da izboljšano okoljsko delovanje ni zagotovljeno. Uvedba standarda je prostovoljna in je lahko izvedena kjerkoli po svetu. Od organizacije standard zahteva pripravo politike do okolja in ciljev, pri čemer mora upoštevati obstoječo zakonodajo in okoljske vidike dejavnosti, izdelkov in/ali storitev organizacije, ki jih obvladuje in na katere lahko vpliva.

Zahteve za sistem upravljanja z okoljem so opisane v 4. točki standarda. Struktura standarda ponuja sama po sebi delovanje v ciklu planiraj (okoljska politika in planiranje), izvajaj (uvajanje in delovanje), preveri (spremljanje in merjenje, presoje in vodstveni pregledi) in ukrepaj (neskladnosti ter korektivni in preventivni ukrepi in rezultati vodstvenega pregleda) Osnovna načela prikazuje Slika 8-2.

*Okoljska politika* vsebuje eno samo načelo, ki ni nadalje razdelano. Uvajanje sistema upravljanja z okoljem se začne s soglasjem in podporo najvišjega vodstva podjetja. zatem vodstvo zastavi in dokumentira okoljsko politiko, s katero določi svoje usmeritve in osnovna načela delovanja.

*Planiranje* je namenjeno določanju načinov, s katerimi bo organizacija izpolnjevala okoljsko politiko. V planiranje so vključeni naslednji elementi:

- > okoljski vidiki
- > zakonske in druge zahteve
- > okvirni in izvedbeni cilji
- > program upravljanja z okoljem

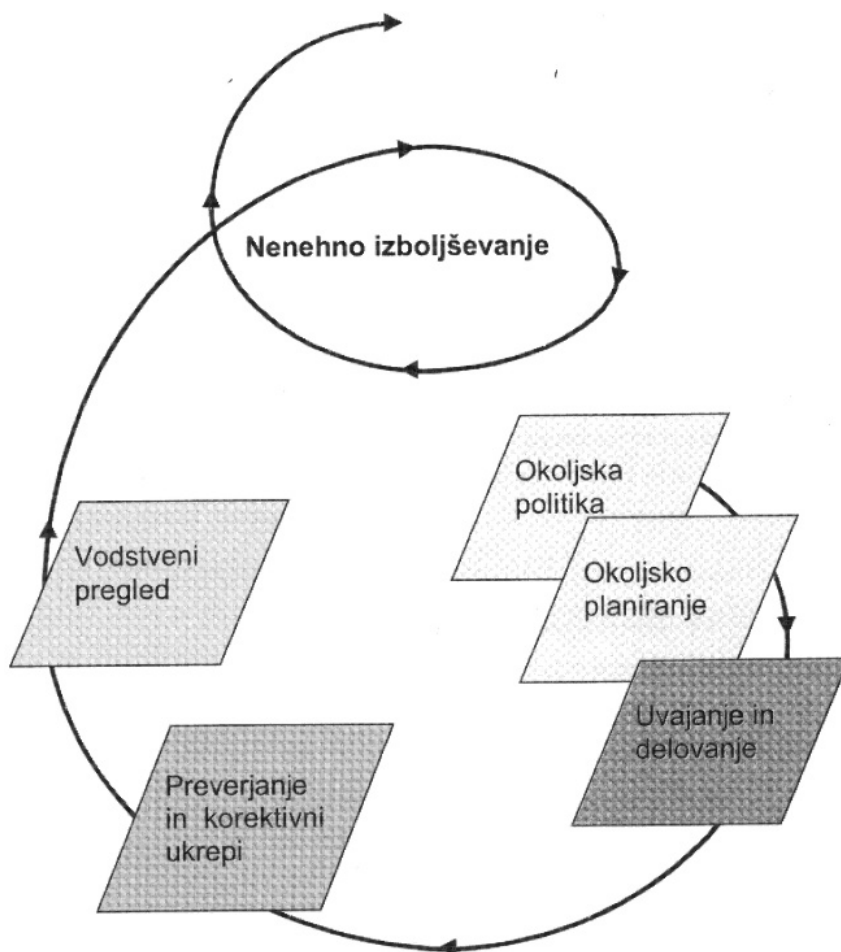
*Uvajanje in delovanje* vključujeta izgradnjo oz. zagotovitev delovnega okolja (zmogljivosti in podporne mehanizme), ki omogočajo doseganje okoljske politike ter okvirnih in izvedbenih okoljevarstvenih ciljev. Sem sodijo naslednji elementi:

- > struktura in odgovornost
- > usposabljanje, zavedanje in usposobljenost
- > komunikacija
- > dokumentacija SUO
- > obvladovanje dokumentov
- > obvladovanje delovanja
- > pripravljenost in odziv na izredne razmere

S preverjanjem in korektivnimi ukrepi organizacija meri, spremlja in vrednoti svoj sistem upravljanja z okoljem, da bi izboljšala delovanje sistema. Sem sodijo naslednji elementi:

- > spremljanje in merjenje
- > neskladnost in korektivni in preventivni ukrepi
- > zapisi
- > presoje sistema upravljanja z okoljem

Z vodstvenim pregledom organizacija periodično pregleduje in nenehno izboljšuje svoj sistem upravljanja z okoljem, da bi izboljšala rezultate delovanja sistema.



Slika 8-2. Model sistema upravljanja z okoljem ISO 14001 (European Committee for Standardization, 1996-08-21, Introduction)

### 8.3.1.1 PRIMER: Uvedba standarda ISO 14001 v Talumu d. d.

Slika 8-3. Certifikat ISO 14001:2004, podeljen podjetju Talum d.d. prikazuje certifikat ISO 14001 za podjetje Talum. To podjetje za proizvodnjo primarnega aluminija in pretaljevanja odpadnega aluminija ima jasno zastavljen cilj doseganja trajnostnega razvoja s stalnimi izboljšavami. Orodje, ki ga za ta namen uporabljajo je standard ISO

14001, ki je vključen v integrirani sistem upravljanja z okoljem, kakovostjo ter varnostjo in zdravjem pri delu.



Slika 8-3. Certifikat ISO 14001:2004, podeljen podjetju Talum d.d.

## 8.4 Shema EMAS

Shema upravljanja z okoljem in okoljskega presojanja EMAS (angl., Eco-Management and Audit Scheme) je orodje, s katerim organizacije ocenijo, poročajo in izboljšajo svoje okoljsko delovanje (poglej internetni vir: EMAS – What is EMAS?). Odprtost, odkritost in

periodično objavljanje preverjenih okoljskih informacij so ključni dejavniki, ki ločijo shemo EMAS od ISO 14001. Okoljska izjava predstavlja glavni način seznanjanja javnosti z rezultati nenehnega izboljševanja učinkov ravnanja z okoljem in je hkrati priložnost za promocijo pozitivne podobe organizacije pri kupcih, dobaviteljih, okolici, pogodbenikih in zaposlenih. Organizacija lahko objavi tudi preverjene izvlečke iz okoljske izjave, s katerimi želi približati okoljske rezultate posameznim zainteresiranim stranem. Zahteve za vzpostavitev, verifikacijo in registracijo sistema ravnanja z okoljem po shemi EMAS podajata uredba 761/2001/ES in odločba komisije ES o smernicah za izvajanje uredbe 681/2001/ES. V Sloveniji se je shema vzpostavila z vstopom v Evropsko unijo. Prvi akreditiran preveritelj je Slovenski institut za kakovost in meroslovje (SIQ) in prva registrirana organizacija je Gorenje.

### **8.4.1 Kaj zahteva EMAS**

Zahteve uredbe EMAS so v elementih, ki se nanašajo na sistem ravnanja z okoljem, enake zahtevam standarda ISO 14001. V drugih elementih, na primer pri okoljskem poročanju, notranji presoji in shemi zunanje verifikacije in registracije, pa so zahteve podrobnejše in zahtevnejše kot v ISO 14001 in smernicah za okoljsko presojanje. Organizacija, ki želi izpolniti zahteve uredbe, mora opraviti naslednje:

- > izvesti začetni okoljski pregled, ki podaja izhodiščno stanje za merjenje okoljskega napredka v skladu s prilogo VII uredbe,
- > vzpostaviti sistem upravljanja z okoljem po ISO 14001 in dodatno izpolnjevati zakonodajne zahteve, nenehno izboljševati, komunicirati z javnostjo in spodbujati sodelovanje zaposlenih v skladu s prilogo I uredbe,
- > planirati in izvesti notranjo presojno v skladu s prilogo II uredbe, ki je pred postopkom verifikacije izvedena vsaj na področjih z najpomembnejšimi vplivi na okolje,
- > razviti okoljsko izjavo za javnost v skladu s prilogo III uredbe,
- > izvesti postopek registracije in verifikacije.

#### **8.4.1.1 Začetni okoljski pregled**

Začetni okoljski pregled izvedejo organizacije, ki nimajo na voljo podatkov, s katerimi bi ocenile okoljske vidike. Organizacije z že delujočim sistemom ravnanja z okoljem morajo več pozornosti posvetiti posrednim okoljskim vidikom. Pregled zajema prepoznavanje



zakonskih in drugih zahtev ter prepoznavanje vseh okoljskih vidikov (Borštnik Pribakovič 2004).

#### **8.4.1.2 Sistem ravnanja z okoljem**

Sistem ravnanja z okoljem temelji na zahtevah standarda ISO 14001, ki jih dopolnjuje s strožjimi zahtevami za izpolnjevanje zakonodajnih zahtev, okoljski učinek, zunanje komuniciranje in odnose, vključevanje zaposlenih in obvladovanje okoljskih vidikov.

Na področju zakonskih zahtev ni dovolj, da imamo postopek za prepoznavanje oziroma dostop do bistvenih zakonskih zahtev, ampak moramo imeti delujoče postopke za obvladovanje tistih procesov, za katere veljajo zahteve okoljske zakonodaje, in doseči, da ti postopki zagotavljajo, da so zahteve izpolnjene. Zakonske zahteve moramo pri teh procesih poznati, izvajati in z rezultati dokazovati ne le izvajanje, temveč tudi njihovo nenehno doseganje.

Nenehno izboljševanje se nanaša na dejansko izboljševanje učinkov prepoznanih okoljskih vidikov, vodstveni pregled pa vključuje tudi primerjavo dejanskih rezultatov s postavljenimi cilji, kar je že sedaj praksa večine podjetij in certifikacijskih organov pri ocenjevanju zahtev ISO 14001.

Postopek ugotavljanja pomembnih okoljskih vidikov sestavljajo postopek prepoznavanja vseh okoljskih vidikov, opredelitev jasnih meril, ki morajo upoštevati zakonske zahteve, in ocenjevanje po merilih. Merila morajo biti javna, razumljiva, ponovljiva in omogočati neodvisno preverjanje. Prepoznati je treba neposredne vidike lokacije in zmogljivosti (kot so emisije v vodo, raba naravnih virov itd.) in posredne (kot so vidiki, povezani z uporabo in odstranitvijo proizvoda, investicijami, pogodbami, transportom itd.), in sicer v normalnih okoliščinah, pri zagonu ali zaustavitvi in predvidljivih izrednih razmerah, ter upoštevati pretekle (stari rezervoarji ali stara onesnaženja tal), sedanje in prihodnje (nova tehnologija) dejavnosti, proizvode ali storitve. Neposredne vidike organizacija obvladuje z notranjimi odločitvami vodstva, pri posrednih pa mora uporabiti svoj vpliv. V neindustrijskih organizacijah, na primer v lokalni upravi ali finančnih institucijah, so pomembni predvsem posredni vidiki. Kot primer je navedenih še nekaj meril ocenjevanja: možnost, da se povzroči okoljska škoda, ranljivost okolja, velikost in reverzibilnost vidika ali vpliva, obstoj okoljske zakonodaje, pomembnost za zainteresirane in zaposlene.



Organizacija mora vzpostaviti z javnostjo in drugimi zainteresiranimi odprt dialog o svojih okoljskih vidikih, da bi ugotovila področja, ki jih zanimajo oziroma skrbijo, in s tem prevzema aktivno in vodilno vlogo v odnosih z njimi. V proces nenehnega izboljševanja mora vključiti čim širši krog zaposlenih. Vključenost pomeni sodelovanje pri aktivnostih, vključno s strokovnim izpopolnjevanjem, in prejemanje informacij o okoljskih vidikih, učinku ravnanja z okoljem itd. Kot ustrezne oblike sodelovanja se štejejo na primer knjiga predlogov, timi za okolje, vzpostavitev delovnih skupin za različne projekte (Borštnik Pribaković 2004).

#### **8.4.1.3 Notranja presoja**

Notranja presoja zajema poleg presojanja dejavnosti in storitev glede na vzpostavljene postopke ter iskanja priložnosti za njihovo izboljševanje tudi ocenjevanje dejanskih rezultatov ravnanja z okoljem, da se ugotovita izboljševanje učinkov ravnanja z okoljem in izpolnjevanje zahtev okoljske zakonodaje. Presojevalci morajo biti neodvisni od presojane dejavnosti ter imeti ustrezno okoljsko, zakonsko, vodstveno, tehnično in presojevalsko znanje. Obdobje za planiranje presoje vseh aktivnosti je največ tri leta, priporoča pa se planiranje na letni podlagi. Pogostnost presoj pri dejavnostih, povezanih s pomembnimi okoljskimi vidiki, mora biti večja od drugih, manj pomembnih (Borštnik Pribaković 2004).

#### **8.4.1.4 Okoljska izjava**

Odprtost, odkritost in periodično objavljane okoljskih informacij so ključni dejavniki, ki ločijo shemo EMAS od drugih modelov in shem okoljskega vodenja. Okoljska izjava predstavlja glavni način seznanjanja javnosti in drugih zainteresiranih z rezultati nenehnega izboljševanja učinkov ravnanja z okoljem in je hkrati priložnost za promocijo pozitivne podobe organizacije pri kupcih, dobaviteljih, okolici, pogodbenikih in zaposlenih. Organizacija lahko objavi tudi preverjene izvlečke iz okoljske izjave, s katerimi približa okoljske rezultate posameznim zainteresiranim strankam. Najprimernejša oblika posredovanja izjave je prek spletnih strani, saj je široko dostopna javnosti in hkrati omogoča takojšnji izpis izjave tistim, ki nimajo dostopa do elektronskih medijev.

Vsebina izjave naj bo skrbno izbrana in naj upošteva potrebe zainteresiranih strank. Organizacija naj sistem ravnanja z okoljem načrtuje in izvaja tako, da bo neposredno nudil informacije, potrebne za izjavo. Izjava naj ne bo predolga in naj zajema naslednje točke:

- > opis organizacije, dejavnosti, proizvodov in storitev (opis opremimo z načrti, diagrami, fotografijami, diagrami poteka, številko standardne klasifikacije dejavnosti);
- > okoljsko politiko in opis sistema ravnanja z okoljem (opis ponazorimo z matriko odgovornosti, diagramom povezav od okoljske politike, vidikov, ciljev, programov in merljivih parametrov);
- > pomembne neposredne in posredne okoljske vidike in vplive na okolje, z njimi povezane okoljske cilje in povzetek podatkov o doseženih učinkih ravnanja z okoljem glede na zastavljene cilje (opis ponazorimo s snovno bilanco, tabelami, primerjalnimi diagrami, grafi ali tabelami s cilji ali podatki o parametrih iz prejšnjih izjav oziroma let); pomembno je, da zainteresirani dobijo sliko povezav med dejavnostmi organizacije in pomembnimi vplivi na okolje ter med pomembnimi okoljskimi vidiki, cilji, programi in doseženimi rezultati, da se prepričajo o izboljšanju učinka ravnanja z okoljem. Kadar cilj ni dosežen, se v opombi navedejo razlogi;
- > druge elemente, ki zadevajo učinek ravnanja z okoljem, vključno z ukrepi za izpolnjevanje zakonodaje (primeri: politika oskrbe, pomembne odločitve in investicije, skrbi javnosti);
- > podatke o preveritelju.

Podatki se prikazujejo tako, da omogočajo večletno primerjavo in izkazovanje napredka rezultatov ravnanja z okoljem. Poleg ali namesto golih podatkov se lahko objavljajo preračunani indikatorji učinkov ravnanja z okoljem, če dajejo dejansko sliko o učinkih, ne zavajajo ter omogočajo primerjave znotraj sektorja, države ali regije in primerjanje z bistvenimi zakonskimi zahtevami. Kjer niso prikazani večletni trendi, je pomembno, da se vsako leto objavljajo iste vrste informacij, ki bodo omogočile zainteresiranim, da sami ugotavljajo trende, ki so zanimivi zanje. Organizacija z več lokacijami mora pomembne okoljske vidike jasno prikazati za vsako lokacijo posebej. Lahko pripravi eno izjavo ali več ločenih. Okoljsko izjavo mora organizacija pripraviti za prvo registracijo in nato vsake tri leta. V vmesnem obdobju letno pripravi dodatek k okoljski izjavi (Borštnik Pribaković 2004).

#### ***8.4.1.5 Postopek verifikacije in validacije***

Postopek verifikacije v organizaciji je podoben postopku certifikacije po ISO 14001. Verifikacijo izvaja okoljski preveritelj, ki ima podobno vlogo kot certifikacijski organ za

standard ISO 14001. Prva verifikacija se začne s pisnim dogovorom s preveriteljem - to je lahko prijava, vloga, pogodba, s katero se določi obseg verifikacije. Sledi ocenitev izpolnjevanja zahtev uredbe, ki se izvede s presojo dokumentacije in obiskom v podjetju. Ocenitev vključuje preverjanje začetnega okoljskega pregleda, sistema ravnanja z okoljem, interne presoje in njenih rezultatov ter predloga okoljske izjave. Preveritelj mora ugotoviti, ali so podatki v okoljskem poročilu zanesljivi, verodostojni in pravilni. Razišče tudi tehnično nespornost začetnega okoljskega pregleda, notranje presoje in morebitnih drugih procesov. Pomeni, da na primer z metodo vzorčenja preveri pravilnost rezultatov notranje presoje. Če organizacija že ima akreditiran certifikat za sistem ravnanja z okoljem za enako dejavnost, se presoja zahtev, ki jih vključuje ISO 14001, ne izvede. Posebna pozornost se namenja izpolnjevanju zahtev bistvene okoljske zakonodaje. Če preveritelj med presojo na enem od primerov ugotovi, da zakonska zahteva ni izpolnjena, ne sme validirati okoljskega poročila.

Preveritelj ugotovitve zapiše v poročilo o verifikaciji, ki je namenjeno organizaciji. V njem opiše obseg dela, začetni položaj glede na izvajanje sistema ravnanja z okoljem, morebitno neizpolnjevanje regulative, primerjavo s prejšnjo okoljsko izjavo in učinke ravnanja z okoljem, da se ugotovi napredek. Če se preveritelj ne strinja s predlogom okoljske izjave organizacije, mora do podrobnosti opredeliti, kakšne dopolnitve ali spremembe zahteva. Ko organizacija izpolnjuje vse zahteve regulative, preveritelj validira okoljsko poročilo. Verifikacijo izvajajo akreditirani okoljski preveritelji. Postopek akreditacije in zahteve za preveritelje so praktično enake postopku akreditacije certifikacijskega organa. Izvajajo jo nacionalne akreditacijske službe, pri nas Slovenska akreditacija. Preveritelj je lahko posameznik, ki lahko deluje le v obsegu svojih kompetenc, ali organizacija, ki deluje v obsegu kompetenc svojih notranjih ali zunanjih sodelavcev. Podlaga za določitev dejavnosti, ki jih lahko preverja akreditirani preveritelj, je standardna klasifikacija dejavnosti (Borštnik Pribaković 2004).

#### **8.4.1.6 Registracija**

Registracijo izvaja pristojni organ, ki ga pooblasti država. Ponavadi so to posebne institucije v okviru ministrstev za okolje (Finska, Švedska) ali agencija za okolje (Danska), v Sloveniji pa neposredno Ministrstvo za okolje, prostor in energijo. Organizacija, ki želi registracijo, izpolni vlogo, odda validirano okoljsko izjavo in plača ustrezno pristojbino. Pristojni organ opravi tudi poizvedbo pri inšpekcijski službi ali ustreznih organih

ministrstva za okolje, ali prijavljeno podjetje izpolnjuje zahteve zakonodaje. Če te zahteve niso izpolnjene, zavrne registracijo.

Za vsakoletno obnavljanje registracije, podobno kot za certifikacijo po ISO 14001, preveritelj izvaja nadzorne presoje in validira letno dopolnitev k okoljski izjavi. V obdobju treh let morajo biti ocenjene vse aktivnosti organizacije in po preteku tega obdobja se izda nova celovita okoljska izjava. Validirano letno dopolnilo okoljske izjave se predloži pristojnemu organu, ki podaljša registracijo (Borštnik Pribaković 2004).

#### ***8.4.1.7 Enota, ki se lahko registrira***

Registracije EMAS temeljijo na lokacijah, vendar nanje niso izključno vezane. Najenostavnejši primer za registracijo je organizacija, ki deluje na eni sami lokaciji in se registrira za celotno dejavnost. Pod posebnimi pogoji se lahko registrira tudi del take organizacije, če dokaže, da obvladuje okoljske vidike in da ni izločila morebitnih problematičnih delov. Izločeni del mora biti dovolj značilen, da ga bo prepoznala tudi javnost. Naj navedemo primer. Podjetje, ki proizvaja cevi in radijske sprejemnike, lahko registrira le eno od dejavnosti. Vendar pa farmacevtska tovarna ne more registrirati le proizvodnje končnega produkta, bazično proizvodnjo substanc pa izločiti.

Podjetje, ki deluje na več lokacijah, lahko registrira vsako lokacijo posebej ali vse naenkrat, vendar mora dokazovati nenehno izboljševanje za vsako lokacijo posebej. Registrirati je mogoče podjetja brez posebne lokacije, na primer distribucijo vode, elektrike, plina, telekomunikacije, transport, zbiranje odpadkov, ali podjetja z začasnimi lokacijami, na primer gradbena podjetja, čistilne servise in razne druge servise, cirkuse. Mogoča je tudi skupna registracija malih podjetij, ki delujejo v zaključeni industrijski coni (Borštnik Pribaković 2004).

## 9 Merjenje okoljskega delovanja in trajnostnega razvoja podjetij kemijske in procesnih industrij

---

Organizacije s certificiranim sistemom upravljanja z okoljem, ki pripravljajo tudi letno okoljsko poročilo, že v veliki meri izpolnjujejo zahteve uredbe EMAS. Slovenskim podjetjem bo največjo oviro predstavljala zahteva pa nenehnem izpolnjevanju zakonodaje, ostale zahteve pa se kot delovna pravila večinoma že uporabljajo. Čeprav marsikatera organizacija ne bo vstopila v shemo EMAS pa je smiselno spodbujati izdelavo letnih trajnostnih in okoljskih poročil, ki postajajo eno od pomembnejših orodij za promocijo trajnostnega in okoljsko odgovornega podjetja.

Medtem ko je koncept trajnostne proizvodnje splošno sprejet in relativno enostavno razumljiv, pa težave nastopijo, ko poskušamo načela trajnostnega razvoja prenesti v prakso. Ena takšnih težav je merjenje stopnje trajnosti podjetij, s katero bi določili, katere spremembe so v smeri trajnostnega razvoja. Zaradi tega se pojavlja velika potreba po primernih kazalcih trajnostnega razvoja, ki bodo omogočali te ocenitve (Azapagic in Perdan, 2000).

Napredna podjetja kemijske in procesnih industrij so privzela načela trajnostnega razvoja kot osnovno poslovno vrednoto. Industrija se čedalje bolj zanima za trajnostni razvoj, kar se kaže v številnih predlogih kazalcev. Večina tovrstnih predlogov se nanaša samo na okolje, zato je razvitih veliko kazalcev okoljskega delovanja in le malo kazalcev trajnostnega razvoja. Dosti metod merjenja trajnostne proizvodnje vključuje preobsežno število kazalcev, ki so poleg tega še težko izračunljivi in težko razumljivi. To povečuje težavnost njihovega vključevanja v prakso in onemogoča učinkovito poslovno odločanje.

Vse te razlike v kazalcih trajnostnega razvoja niso v korist podjetjem, ki želijo trajno spremljati svoj razvoj in ga primerjati z drugimi podjetji v sektorju. Zato je nujno, da z ocenjevanjem in primerjavo možnosti trajnostnega razvoja industrije oblikujemo kazalce trajnostnega razvoja podjetij kemijske in procesnih industrij.

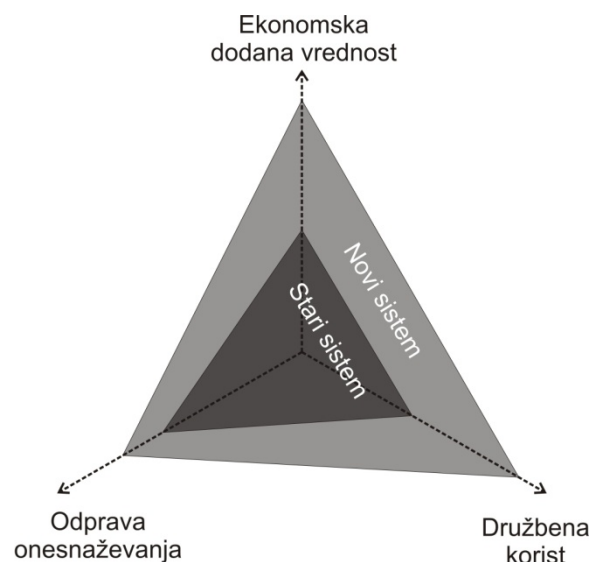
Danes mnoga podjetja spremljajo te tri dimenzije svojega delovanja z uporabo trajnostnih kazalcev, ki podajajo bistveno informacijo o tem, kako podjetje prispeva k

---

trajnostnem razvoju. Trajnostno poročanje postaja stalna praksa razvitih podjetij, kar dokazuje tudi dejstvo, da je bilo do danes na prostovoljni osnovi objavljenih več kot 3 000 okoljskih, družbenih in trajnostnih poročil (GRI, 2002a). Trajnostna poročila predstavljajo nov trend v poročanju, ki v eno poročilo združuje finančno, okoljsko in družbeno delovanje podjetja.

## 9.1 Merjenje trajnostnega razvoja različnih sistemov

Brundtlandino poročilo se je osredotočilo predvsem na globalno ekološko stanje (okolje), gospodarski razvoj (z uvedbo naprednih tehnologij) in družbeno pravičnost. V poročilu je trajnostni razvoj opredeljen v globalnem smislu, toda trajnostni razvoj je možno doseči le z doseganjem trajnostnega razvoja manjših sistemov, kot so na primer skupnosti, mesta, poslovni sistemi, tehnologije. Dobrodošlo je, da identificiramo in definiramo takšne sisteme, da postanejo ustrezni ukrepi na teh nivojih merljivi in dosegljivi. Bistvo trajnostnega razvoja podjetij kemijske in procesnih industrij je nenehno izboljševanje sistema delovanja na gospodarskem, okoljskem in družbenem področju v obliki povečevanja ekonomske dodane vrednosti, odprave onesnaževanja in zviševanja družbene koristi (slika 9–1).



**Slika 9-1. Trajnostno izboljševanje sistema delovanja podjetja v vseh treh dimenzijah trajnostnega razvoja (Sikdar, 2003).**

Identificiramo lahko pet tipov trajnostnih sistemov kot minimalno število za postavitev ustreznih medsebojnih povezav med globalnimi in posameznikovimi aktivnostmi (Sikdar, 2003):

**Sistem I** predstavlja celoten planet Zemljo, na katerega bi se naj navezovale vse politične strategije in ukrepi. Primeri problemov, ki se navezujejo na ta sistem so tanjšanje ozonske plasti, globalno segrevanje, razpoložljivost energijskih virov, gensko spremenjene rastline itd. Konferenci o trajnostnem razvoju v Riu in Johannesburgu, Montrealski protokol o snoveh, ki škodljivo delujejo na ozonski plašč iz leta 1997 (UNEP, 2000), Kjotski protokol o klimatskih spremembah (1997), ki predvideva zmanjšanje oziroma omejitev emisij toplogrednih plinov, so primeri poskusov reševanja problemov z globalnimi posledicami. Vloga znanstvenikov in inženirjev v tem sistemu je podajanje verodostojnih znanstvenih in tehnoloških dejstev političnim telesom.

**Sistem II** predstavlja skupnost, npr. regija ali mesto. Razvoj mesta, raba površin, javni prevoz so primeri problemov, s katerimi se sooča marsikatera mestna skupnost v smislu doseganja trajnostnega razvoja. Znanstveniki in inženirji se lahko na tem nivoju vključijo v razvoj rešitev s tehnično-ekonomskimi analizami. V ta sistem bi lahko vključili tudi industrijske strategije in povezave med podjetji.

**Sistem III** predstavlja poslovni sistem, zlasti podjetja in multinacionalke, ki so motivirane z dobro poslovno prakso in vladno zakonodajo. Na nivoju podjetij začenja osebno lastništvo vplivati na trajnostne strategije. Vsako podjetje mora obvladovati svoje lastne aktivnosti, kar pomeni, da lahko prilagodi aktivnosti, spremeni smernice delovanja, izobražuje zaposlene in načrtuje izboljšano tehnologijo, vse z namenom doseganja ciljev trajnostnega razvoja. Industrija lahko napreduje v smeri trajnostnega razvoja s sklepanjem dogovorov z lokalno skupnostjo, izboljševanjem infrastrukture za skupnost ter z razvojem in s čistimi proizvodnimi praksami. Eden pomembnih vidikov je iskanje rešitev za združevanje več različnih proizvodnih obratov v smislu industrijske ekologije. Vidiki trajnostnega razvoja industrije se tičejo vseh industrijskih udeležencev in niso specifični za posamezna podjetja, zato obstaja težnja po sodelovanju med podjetji. S skupnimi močmi podjetja lažje iščejo možnosti doseganja kompleksnih ciljev trajnostnega razvoja. Način, s katerim lahko industrije sodelujejo za doseganje trajnostnega razvoja, je z definiranjem smernic razvoja (Batterham, 2003).

Znanstveniki in inženirji, ki so zaposleni v tovrstnih sistemih lahko prispevajo k trajnostnem razvoju z razvojem tehnik čistejše proizvodnje, uporabo čistejših energijskih

virov ter zmanjševanjem porabe surovin in energije. Z ozirom na tri vidike trajnostnega razvoja, so podjetja osredotočena zlasti na strategijo razvoja, procese/produkte in odnose z ožjo in širšo skupnostjo. Strateški cilji mnogih podjetij so zmanjševanje emisij ogljikovega dioksida, zmanjševanja porabe energije, razvoj okolju prijaznih procesov in proizvodov ter razvoj sistema spremljanja trajnostnega razvoja s primernimi kazalci. Poudarek je tudi na analizah življenjske dobe proizvodov, saj lahko z njimi dosežemo okolju prijaznejšo proizvodno verigo.

**Sistem IV:** Medtem ko je možno razviti nov obrat ali prenoviti obstoječo procesno operacijo, je le redkokdaj mogoče prenoviti celotno podjetje ali industrijski sektor. Tako so specifični projekti majhni končni koraki, ki lahko vodijo po poti trajnostnega razvoja podjetij in industrije. Četrty sistem predstavljajo finančno sprejemljive trajnostne tehnologije. Primer takšnega sistema bi bila zelena kemija z izogibanjem nevarnih kemikalij, uporaba sončnih celic itd. Vključitev okoljskih in družbenih zahtev trajnostnega razvoja v proizvodne procese in proizvode predstavlja osnovno vlogo znanstvenikov in inženirjev. Na tem nivoju sistema je najtežje vključiti družbene vidike trajnostnega razvoja, še posebej neposredno.

**Sistem V** se navezuje na aktivnosti posameznika. Sistem se navezuje na praktične, vsakdanje aktivnosti, ki jih lahko izvajajo posamezniki individualno ali znotraj podjetja, v katerem delajo ali so z njim v povezavi. Ljudje lahko delujejo posamezno ali kot skupina na različnih nivojih, da bi dosegli pozitivne spremembe.

Razvoj ustreznih metod merjenja napredka v vseh omenjenih trajnostnih sistemih je ključnega pomena. V tem učbeniku se osredotočamo na kemijsko in procesne industrije, zato smo se omejili zlasti na ocenjevanje in doseganje trajnostnega razvoja v sistemu III (trajnostno delovanje podjetij) in sistemu IV (trajnostne tehnologije).

## 9.2 Definiranje kazalcev trajnostnega razvoja in njihova vloga

Definiranje kazalcev trajnostnega razvoja ni lahka naloga, saj je literatura glede tega dokaj zmedena. Gallopin (1997) je pripravil obsežno analizo različnih definicij in prikazal, da je kazalec v različnih virih definiran kot spremenljivka, parameter, merilo, statistično merilo, indeks idr. Zaključil je, da je kazalec spremenljivka, tj. operacijski prikaz lastnosti sistema. Spremenljivka lahko ima različne vrednosti, kar je odvisno od specifičnosti merjenja ali opazovanja. Iz tega sledi, da so kazalci spremenljivke, podatki pa so dejanske meritve ali opazovanja.



Podatki, kazalci, naslovni kazalci in indeksi so splošni termini v merjenju in poročanju o trajnostnem razvoju. Povezavo med temi orodji in uporabnostjo prikazuje slika 9–2 v obliki hierarhične piramide. Osnovna sestavina merjenja trajnostnega razvoja so podatki, ki so večinoma uporabljeni za interpretacijo spremembe v stanju gospodarstva, okolja ali družbe. Kazalci so v primerjavi s podatki uporabnejši v več pogledih: odločevalce in druge ciljne skupine oskrbujejo z zadovoljivo informacijo o spremembah. Kazalci so definirani kot parametri ali vrednosti, ki so osnovane na podatkih in so ponavadi najosnovnejše orodje za analizo sprememb in trendov v trajnostnem razvoju. Skrbno izbrane, lahko razumljive in komunikativne kazalce imenujemo naslovni kazalci. Kadar dva ali več naslovnih kazalcev združimo, dobimo indeks.



**Slika 9-2. Hierarhična povezava med podatki, kazalci in indeksi trajnostnega razvoja (SEI, 2003).**

Kvalitetni kazalci morajo biti primerljivi, preverljivi, temeljiti morajo na razpoložljivih in točnih podatkih. Upoštevati morajo vse vidike trajnostnega razvoja, ki naj bodo predstavljeni z obvladljivim številom kazalcev. Važno je, da so kazalci enostavni za uporabo in izračunavanje, a še vedno pomembni.

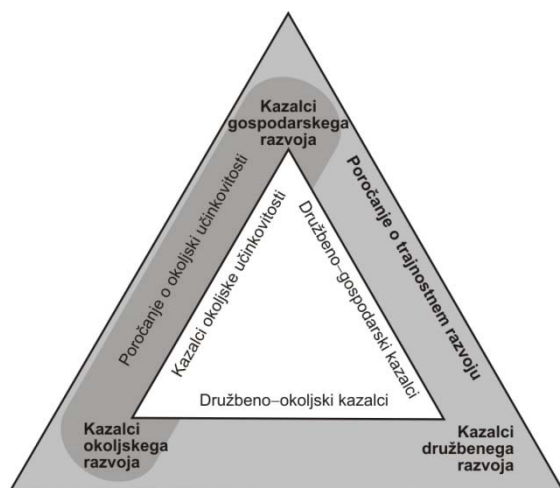
Kljub številnim definicijam kazalcev, je najbolj pomembna njihova glavna funkcija. Kazalci praviloma podajajo bistveno informacijo o fizičnem, socialnem ali ekonomskem sistemu in so več kot le primarni podatki, saj dovoljujejo analizo razvoja in odnosa med vzrokom in posledico. Vodstvo podjetja z vidika poslovne učinkovitosti zanima predvsem, če podjetje dosega zastavljene naloge in cilje ter kakšna je uspešnost v primerjavi z drugimi podjetji v sektorju (Veleva in Ellenbecker, 2001). Meritve kot del povratnega sistema pomagajo poslovojem pri ugotavljanju ali so na pravi poti oz. ali so potrebne spremembe. Vollmann (1996) podaja, da so meritve in ključni kazalci v bistvu poročilo

organizacije sami sebi. Organizacija s temi orodji pridobiva izkušnje o uspehu oziroma neuspehu in se v skladu z njimi ravna. Kazalci trajnostne proizvodnje imajo v glavnem naslednje namene (Azapagic in Perdan, 2000):

- > primerjati podobne proizvode, izdelane v različnih podjetjih,
- > primerjati različne procese za proizvodnjo enakega proizvoda,
- > ocenjevati podjetja glede na druga podjetja v sektorju,
- > ocenjevati napredek trajnostnega razvoja posameznega sektorja,
- > izobraževati zaposlene v trajnostni proizvodnji in povečevati organizacijsko znanje,
- > obveščati vodstvo s podajanjem zgoščene informacije o trenutnem stanju in razvoju učinkovitosti podjetja,
- > vključevati vodstvo v odločanje.

Kazalci trajnostnega razvoja podjetij se navezujejo na vse tri vidike trajnosti – gospodarstvo, okolje in družbo. Merjenje trajnostnega razvoja podjetij je lahko eno-, dvo- ali tridimenzijsko glede na to, ali obravnavajo eno, dve ali tri vidike trajnostnega razvoja (slika 9–3). Na primer, kazalec porabe neobnovljivih energijskih virov na enoto proizvodnje lahko smatramo kot tridimenzijski kazalec, ker je (1) energija glavni gonilnik gospodarske rasti, (2) raba energije ima okoljske vplive v obliki emisij pri zgorevanju goriv in (3) poraba omejenih energijskih virov vpliva na bodoče generacije (Sikdar, 2003).

Enodimenzijsko merjenje trajnostnega razvoja omogoča samostojen vpogled v gospodarsko, okoljsko in družbeno delovanje, medtem ko dvodimenzijsko merjenje trajnostnega razvoja vključuje bodisi okoljsko učinkovitost, družbeno-gospodarske vidike ali družbeno–okoljske vidike. Eno najbolj poznanih dvodimenzijskih merjenj trajnostnega razvoja je merjenje ekološke učinkovitosti (*angl.*, eco-efficiency), ki obravnava gospodarsko in ekološko dimenzijo razvoja.



Slika 9-3. Dimenzije poročanja o trajnostnem razvoju podjetij.

### 9.3 Pregled obstoječih metodologij merjenja trajnostnega razvoja podjetij

Do sedaj so bili predlagani številni načini trajnostnega ocenjevanja. Pomemben razvoj v trajnostnem poročanju pomeni ustanovitev Iniciative za globalno poročanje (*angl.*, Global Reporting Initiative) (GRI, 2002b), ki jo je v letu 1997 osnoval Okoljski program Združenih Narodov (*angl.*, United Nations Environmental Programme) skupaj z nevladno organizacijo Združenih držav Amerike, Koalicijo za okoljsko odgovorno gospodarstvo (*angl.*, Coalition for Environmentally Responsible Economics, CERES). GRI je bila osnovana z namenom spodbujanja kvalitete, natančnosti in uporabnosti trajnostnega poročanja v organizacijah. GRI je dolgoročna mednarodna pobuda več deležnikov, ki ima namen razviti in širiti globalno sprejemljive napotke o trajnostnem poročanju. Ti napotki so namenjeni organizacijam, da lahko na prostovoljni osnovi poročajo o gospodarski, okoljski in družbeni dimenziji svojih aktivnosti, produktov in storitev. Namen napotkov je pomagati organizacijam in njihovim deležnikom pri razčlenitvi in razlagi prispevka poročevalskih organizacij k trajnostnem razvoju.

GRI uporablja hierarhični pristop v treh pomembnih vidikih – gospodarskem, okoljskem in družbenem. Kazalci delovanja organizacije so razvrščeni v skladu z naslednjo hierarhijo:

- > **Kategorija**, ki predstavlja široko področje ali skupino gospodarskih, okoljskih in družbenih vidikov delovanja organizacije, ki so zanimivi za njene deležnike (npr. človekove pravice, neposredni gospodarski vplivi ipd.)

- > **Vidik**, ki predstavlja podskupino kazalcev, ki so primerni za določeno kategorijo. Pri tem lahko ima dana kategorija več vidikov, ki so določeni v skladu s cilji, vplivi ali skupino deležnikov.
- > **Kazalec**, ki predstavlja specifično meritev posameznega vidika, ki jo uporabimo za spremljanje in predstavljanje delovanja organizacije. Najpogosteje so kvantitativne narave, a to ni vedno nujno. Dani vidik (npr. voda) je lahko opisan z več kazalci (npr. celotna poraba vode, delež obtakane vode ipd.)

Napotki GRI vključujejo več kot 100 kazalcev, vendar ni pojasnjeno kako naj organizacija izbira med ponujenimi kazalci. Kazalci v napotkih GRI so razdeljeni na dve skupini:

- > **Osnovni kazalci** (splošno sprejemljivi kazalci) so tisti kazalci, ki so relevantni za večino poročevalcev in v interesu večine deležnikov organizacije.
- > **Dodatni kazalci** (specifični kazalci) so kazalci, prilagojeni specifičnim aktivnostim organizacije, ki podajajo informacijo deležnikom in so posebej pomembni za poročevalsko organizacijo.

Poleg trajnostnih kazalcev o gospodarskem, okoljskem in družbenem vidiku, GRI nakazuje pomembnost četrte dimenzije podane informacije: povezano delovanje, ki neposredno povezuje dve ali tri dimenzije gospodarskega, okoljskega in družbenega delovanja.

Pomemben napredek v smeri merjenja trajnostnega razvoja je bila ustanovitev Svetovnega poslovnega sveta za trajnostni razvoj (*angl.*, World Business Council for Sustainable Development) (WBCSD, 1997). Svetovni poslovni svet za trajnostni razvoj je združenje 165 mednarodnih organizacij (vključno z nekaterimi svetovno največjimi korporacijami), ki so se družno zavezale k doseganju trajnostnega razvoja preko ekonomske rasti, ekološkega ravnovesja in družbenega napredka. Svetovni poslovni svet za trajnostni razvoj je skupaj z Mednarodnim institutom za trajnostni razvoj (IISD in WBCSD, 2002) podal številne poslovne prednosti podjetij, ki vključujejo trajnostne vidike v poslovanje, kot so na primer prihranki zaradi čistejših metod in inovacij, nižji stroški za ohranjanje zdravja in varnosti, zvišan ugled podjetja, tržne prednosti itd. V niz kazalcev trajnostnega razvoja so poleg porabe surovin in energije dodali še kazalce porabe vode kot enega izmed pomembnih vidikov trajnostnega razvoja.

Pomembno študijo o merjenju trajnosti (ocenitve procesnih alternativ) je podprl Center za tehnologije zmanjševanja odpadkov (*angl.*, Center for Waste Reduction

Technologies, CWRT) (AIChE, 2004). Predstavniki podjetij so sestavili niz osnovnih in dopolnilnih kazalcev, ki so izraženi na maso surovin, prihodke in dodano vrednost.

V smislu trajnostnega napredka je pomemben tudi razvoj standardov okoljskih poslovodskih sistemov, kot je niz standardov ISO 14 000 mednarodne organizacije za standardizacijo (*angl.*, International Organization for Standardization, ISO) in evropska shema za ravnanje z okoljem in presojo vplivov (*angl.*, Eco-Management and Audit Scheme, EMAS) (OECD, 2002).

Ustanova britanskih kemijskih inženirjev (*angl.*, Institution of Chemical Engineers, IChemE) je v letu 2002 objavila niz kazalcev za merjenje trajnosti operacij v procesnih industrijah. IChemE (2002) podaja standardne obrazce in preglednice za poročanje o trajnostnem razvoju. Predlagana metodologija je manj kompleksna in osredotočena bolj na okoljske vplive z vključevanjem kvantitativnih okoljskih kazalcev, medtem ko sta gospodarska in družbena dimenzija trajnostnega razvoja slabše zastopani. Večina meritev gospodarskega in družbenega razvoja ni merjena na enoto proizvodnje in tako ne vključujejo merjenja ekološke učinkovitosti. IChemE je razširila merjenje trajnostnega razvoja z vključitvijo potencialnih vplivov emisij, topil in odpadkov. To odraža trenutni trend v merjenju trajnostnega razvoja – izhodni tokovi iz procesa so merjeni glede na njihov potencialni vpliv na človeško zdravje in ekosistem v obliki okoljskih obremenitev.

Kanadska okrogla miza o okolju in gospodarstvu (*angl.*, Canada's National Round Table on the Environment and the Economy, NRTEE) je izvedla eno prvih študij v razvoju merjenja trajnostnega razvoja (NRTEE, 2001). V študiji so želeli sestaviti niz kazalcev ekološke učinkovitosti, ki bi bil uporaben v različnih industrijskih sektorjih. Za postavitev osnovnega niza kazalcev so izbrali osem podjetij iz različnih industrijskih sektorjev. Predlagali so tudi uporabo dopolnilnih kazalcev.

Kljub temu, da je bilo do sedaj kar nekaj različnih poskusov definiranja kazalcev, med drugim tudi za industrijo (Moldan in sodelavci, 1997; Auty in Brown, 1997; Clayton in Radcliffe, 1996), še nimamo učinkovite metode z nizom kazalcev, ki bi omogočal primerjave in ugotavljanje bolj trajnostnih možnosti. Veleva in Ellenbecker (2001) sta obravnavala kazalce trajnostne proizvodnje in predlagala metodologijo glavnih in pomožnih kazalcev za merjenje napredka podjetij v smislu trajnosti. Azapagic (2004) je razvila model s trajnostnimi kazalci za ocenjevanje rudarske in nekovinske industrije, ki so skladni s kazalci GRI. Krajnc in Glavič (2003) sta zbrala in razvila standardiziran niz trajnostnih kazalcev za podjetja, ki vključujejo vse glavne vidike trajnostnega razvoja. Da

bi omogočila medsebojne primerjave podjetij, sta uporabila ISO 31 (1993) kot vodilo za določitev imen in simbolov za (fizikalne) veličine.

## 9.4 Metodologije za merjenje trajnostnega razvoja podjetij

Doseganje trajnostnega razvoja ni lahka naloga in je povezano s številnimi izzivi. Eden takšnih izzivov je prehod na enakovredno upoštevanje vseh treh dimenzij trajnostnega razvoja in odmik od pretvorbe koristi trajnostnega razvoja zgolj v običajne finančne meritve. Vse bolj je jasno, da se bodo samo napredno misleča podjetja sposobna zoperstaviti tem izzivom.

A tudi takšna podjetja se soočajo s ključnim izzivom: kako pretvoriti načela trajnostnega razvoja v poslovno prakso. Reševanje tega problema zahteva sistemski pristop, kjer trajnostni razvoj ni le dopolnilo poslovanja, temveč je sistematično integriran v vse poslovne aktivnosti. Pojavlja se potreba po metodologiji za doseganja trajnostnega razvoja, ki omogoča (Azapagic, 2003):

- razumevanje trajnostnih načel in potrebnih ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja,
- merjenje delovanja in ocenjevanje napredka ter
- poročanje o trajnostnem razvoju in politiki podjetja ustreznim deležnikom.

Do sedaj je bilo predlaganih malo metodologij, ki bi omogočale sistematično in strukturirano doseganje trajnostnega razvoja. Večina metodologij merjenja trajnostnega razvoja je še vedno v razvoju. Raba surovin in varovanje okolja sta področji, ki sta najbolj obravnavani v večini metodologij. To še zlasti velja za ISO 14 031, ki vključuje 100 okoljskih kazalcev. Za razliko od okoljskih kazalcev so družbeni kazalci deležni najmanj pozornosti v obstoječih metodologijah. Večina metodologij, razen GRI, vključuje le kvantitativne kazalce za merjenje trajnostnega razvoja podjetij. Obstaja trend uporabe vodljivega števila kazalcev (med 10 in 20), ki jih je enostavno uporabljati. Izjema sta ISO 14 031 in GRI, ki vsebujeta približno sto kazalcev.

Posamezna velika podjetja in organizacije so razvila lastne sisteme, osnovane na njihovih potrebah. Medtem ko je pomembno, da poslovodni sistem vključuje specifične karakteristike poslovnega sistema, je širjenje različnih pristopov k doseganju trajnostnega razvoja begajoče za poslovodstva, potrošnike, investitorje, javnost in druge (EC, 2001). Zato obstaja potreba po standardizaciji združenega trajnostnega poslovodenja in poročanja. Metodologija, ki bi bila splošno uporabna in hkrati omogočala

upoštevanje specifičnih karakteristik različnih podjetij, bi bila koristna pri nadaljnjem ozaveščanju, privzemanju in razširjanju trajnostnih načel.

Metodologija za doseganje trajnostnega razvoja je specifična predvsem v vključitvi matematičnega modela za medsebojno dinamično primerjanje trajnostnega delovanja podjetij in primerjalno ocenjevanje na podlagi najboljših razpoložljivih tehnik, definiranih v skladu s smernico o celovitem preprečevanju in obvladovanju onesnaževanja (smernica IPPC).

## **9.5 Sestavljeni indeks za merjenje trajnostnega razvoja podjetij**

Ena izmed možnosti udejanjanja načela trajnostnega razvoja je načrtovanje kazalcev in indeksov trajnostnega razvoja. Dostikrat obstaja potreba po združevanju kazalcev v indekse, da združimo veliko število informacij v bolj zgoščeno informacijo. Z združevanjem kazalcev pretvorimo kompleksne informacije o sistemu v enostavne informacije z nekaj številkami, ki so bolj uporabne za presojevalce.

V zadnjem času so se mednarodne raziskave osredotočile v razvoj sestavljenih indeksov za mednarodne kvantitativne primerjave gospodarskega, okoljskega in družbenega napredka držav. Do sedaj je bilo predlaganih kar nekaj metodologij določevanja indeksov, ki so bili uspešno uporabljeni na različnih področjih, kot so: okolje (Pré Consultants, 2001; World Economic Forum, 2002; Statistics Finland, 2003), gospodarstvo (JRC, 2002; OECD, 2002; Daly in Cobb, 1989), družba (UNDP, 1990–2003; Murray in sodelavci, 2001) in trajnostni razvoj (DJSI, 2003; Seljak, 2001).

### **9.5.1 Združevanje kazalcev v indeks trajnostnega razvoja**

Matematična kombinacija niza kazalcev je najpogosteje imenovana sestavljeni kazalec ali indeks. Indeks je običajno sestavljen iz več podindeksov določenega vidika trajnostnega razvoja, ki so združeni na podlagi njihove pomembnosti (uteži). Metodologija združevanja kazalcev v indeks je ključnega pomena za kvalitetno ocenitev trajnostnega razvoja. Če je indeks ustrezno zgrajen, lahko podaja poenostavljeno sliko stanja trajnosti in lažji vpogled odločevalcev kot pa samostojni kazalci. V praksi predstavlja združevanje kazalcev v indeks kompromis med znanstveno natančnostjo, zgoščenim informiranjem in uporabnostjo pri odločanju (Lenz in sodelavca, 2000). Indeksi imajo naslednjo uporabnost za strokovnjake, deležnike podjetja ali odločevalce:

- > podajajo smer razvoja,
- > dovoljujejo primerjavo med nivoji (npr. podjetji, državami ipd.) in situacijami,
- > ocenjujejo trend v povezavi s cilji,
- > podajajo zgodnjo opozorilno informacijo,
- > identificirajo kritična področja delovanja podjetja in
- > omogočajo enostavno in učinkovito komunikacijo z javnostjo.

Indeksi morajo biti zgrajeni z uporabo robustne metodologije in pri tem zadovoljevati naslednje kriterije kvalitete (COM, 2002):

- > dodana vrednost v primerjavi z enostavnimi kazalci,
  - > vključujejo samo podindekse, ki so relevantni za ocenitev,
  - > osnovani so na visoko kvalitetnih podatkih za vse kazalce in podindekse,
  - > medsebojna povezanost med kazalci in podindeksi bi naj bila raziskana,
  - > metoda določevanja pomembnosti kazalcev in podindeksov mora biti transparentna, preprosta in statistično podprta ter
  - > indeksi bi morali biti preverjeni z analizami robustnosti in občutljivosti.
-



## 10 Večkriterijsko odločanje

### 10.1 Odločanje z analitičnim hierarhičnim procesom

Pri merjenju trajnostnega razvoja podjetij uporabljamo različne kazalce. Pomembnost posameznih kazalcev pri končni ocenitvi trajnostnega razvoja podjetij običajno ni enaka, običajno so eni pomembnejši od drugih. Tako je v ocenjevanje trajnostnega razvoja podjetij vključeno tudi večkriterijsko odločanje, ki vključuje ocenjevanje pomembnosti kazalcev. Potreba po večkriterijskem odločanju se običajno pojavlja tudi pri večkriterijskem optimiranju kemijskih procesov v skladu s trajnostnimi vidiki, kjer je namenska funkcija sestavljena iz več kriterijev (indeksov) trajnosti. Načrtovalec procesa se tedaj znajde v situaciji, ko mora na sistematičen, organiziran in enostaven način določiti utež posameznim optimizacijskim kriterijem.

Analitični hierarhični postopek (Saaty, 1980) je metoda za večkriterijsko odločanje, ki omogoča hierarhično strukturiranje odločitvenega problema, pri čemer omogoča preverjanje neskladnosti odločevalca. Metoda analitičnega hierarhičnega procesa (AHP) je zelo primerna na področjih, v katerih se odražajo intuicija, racionalnost in iracionalnost v povezavi s tveganjem in negotovostjo. Problem lahko vključuje gospodarske, okoljske, družbene, politične in tehnične vplivne veličine, več ciljev, meril (kriterijev) in možnosti. Uporablja se pri določanju prioritet (v našem primeru glede pomembnosti kazalcev pri ocenjevanju trajnostnega razvoja podjetij oz. pri določanju pomembnosti posameznih kriterijev, ki sestavljajo namensko funkcijo pri optimiranju kemijskih procesov v skladu z načeli trajnostnega razvoja) in pri sprejemanju ustreznih odločitev. Zapletene probleme razstavi na raven primerjave po pari, rezultate pa potem ponovno sestavi, kar vodi k določitvi njihove pomembnosti. Danes predstavlja metoda AHP eno najbolj privzetih in široko uporabljenih metod za sprejemanje odločitev.

Pri odločanju glede relativne pomembnosti parametrov (npr. kazalcev trajnostnega razvoja podjetij, trajnostnih kriterijev ipd.) najpogosteje poznamo preferenčno relacijo  $iSj$ , to pomeni, da vemo ali je parameter  $i$  pomembnejši od parametra  $j$ . Da parametrom priredimo vrednosti pomembnosti (uteži,  $w$ ) je potrebno preferenčno relacijo  $S$  pretvoriti v funkcijo pomembnosti:

$$iSj \Rightarrow w(i) > w(j)$$

Če presojamo, da je parameter (npr. kazalec)  $i$  pomembnejši od parametra  $j$ , potem mora biti funkcija pomembnosti parametra  $i$  večja kot funkcija pomembnosti parametra  $j$ . Zastavlja se vprašanje, kako iz preferenčne relacije dobiti funkcijo pomembnosti. Metoda AHP predstavlja enega izmed postopkov, ki omogoča pretvorbo preferenčnih relacij parametrov v funkcije pomembnosti. Uporaba metode obsega štiri faze:

- strukturiranje problema,
- zbiranje podatkov,
- ocenjevanje relativne pomembnosti in
- določitev rešitve problema.

### 10.1.1 Določanje pomembnosti parametrov z metodo analitičnega hierarhičnega procesa

Predpostavimo, da imamo  $n$  parametrov, katerih pomembnost želimo določiti. To naredimo tako, da zastavimo hierarhičen problem, v katerem  $n$  parametrov razvrstimo tako, da je mogoče vsak parameter primerjati z vsakim. Nato izvedemo medsebojno primerjavo parametrov (za vsak par), pri čemer vsakemu paru določimo stopnjo nadvlade enega parametra nad drugim. Primerjava je izvedena z ugotavljanjem, kolikokrat je parameter  $i$  pomembnejši od parametra  $j$  glede na zastavljeni kriterij (npr. trajnostni razvoj podjetja, trajnost procesne alternative ipd.).

Intenziteta pomembnosti enega parametra nad drugim je izražena s skalo od 1 do 9.

Preglednica 10–1 prikazuje primerjalno skalo AHP. Omejitev skale je posledica dognanja, da lahko človeški um pravilno zaznava in obdeluje le nekaj elementov naenkrat. Vrednost 1 ponazarja enakost dveh parametrov, medtem ko vrednost 9 ponazarja, da je parameter  $i$  skrajno pomembnejši od parametra  $j$ , s katerim ga primerjamo. Če je drugi parameter pomembnejši od prvega, zapišemo recipročno vrednost. Tako dobimo vrednosti v območju od 1/9 do 9. Tak način ocenjevanja razmerij je empirično potrjen kot dovolj natančen za večino problemov (Saaty, 1980). Večja raznolikost presoje bi vodila v zmanjšanje skladnosti ocenitev.

---

**Preglednica 10–1. Primerjalna skala AHP (Hafeez in sodelavci, 2002).**

| Faktor pomembnosti, $p$ | Definicija pomembnosti parametra                        |
|-------------------------|---|
| 1                       | Enako pomemben  |
| 3                       | Malce pomembnejši                                       |
| 5                       | Opazno pomembnejši                                      |
| 7                       | Bistveno pomembnejši                                    |
| 9                       | Skrajno pomembnejši                                     |
| 2, 4, 6, 8              | Vmesne vrednosti faktorja (kadar je potreben kompromis) |
| Recipročnost, $1/p$     | Recipročne vrednosti za inverzno primerjavo             |

Posledica medsebojne primerjave  $n$  parametrov po parih je  $(n \times n)$  pozitivna recipročna matrika  $A$  (en. 4.1). Lastnosti te matrike so pozitivnost ( $a_{ij} > 0, \forall i, j = 1, \dots, n$ ), recipročnost ( $a_{ji} = (1/a_{ij}), i, j = 1, \dots, n$ ), reflektivnost ( $a_{ii} = 1$ ) in skladnost ( $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ ), ki ne rabi biti nujno izpolnjena. Z recipročno lastnostjo matrike je izpolnjena zahteva: ko ima parameter  $i$  ' $p$ -kratno' pomembnost parametra  $j$ , ima parameter  $j$  posledično ' $1/p$ -kratno' pomembnost parametra  $i$ . Za izpolnitev matrike potrebujemo  $(n^2 - n)/2$  vrednosti. Najprej določimo samo prvi stolpec matrike  $A$ , tj. relativne pomembnosti parametrov 2, 3, ...,  $n$  glede na parameter, ki se v matriki nahaja na mestu  $a_{ii} = 1$ . Nato je postopek primerjanja ponovljen za vsak nadaljnji stolpec matrike. Ocenjevalec poda zgolj vrednosti (člene) v spodnjem delu matrike (pod diagonalo).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (10.1)$$

kjer so  $a_{ii}$ ,  $a_{ji}$ ,  $a_{ij}$  elementi medsebojnega primerjanja dveh parametrov glede njune pomembnosti (uteži). Povezava med pomembnostjo (uteži) dveh parametrov ( $w_i$  in  $w_j$ ) in elementom medsebojnega primerjanja  $a_{ij}$  je podana z enačbo 10.2.

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (10.2)$$

Če uporabimo enačbo 10.2, lahko  $n \times n$  matriko  $A$  izrazimo z enačbo 10.3, kjer matrika vsebuje kvantitativne presoje pomembnosti parametrov.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (10.3)$$

Glede na postopek ocenjevanja (subjektivnosti) zelo redko dosežemo, da bo presoja odločevalca o pomembnosti parametrov skladna. V modelu AHP skladnost odločitev ni predvidena, zato v matriki niso podane natančne vrednosti  $w_i/w_j$ , temveč njihove ocenitve  $a_{ij}$ , ki so praviloma drugačne od stvarnih razmerij uteži parametrov. Zato je potrebno vse nadaljnje račune prirediti za splošno (neskladno) obliko matrike. Skladnost porušimo že z eno samo oceno. Na primer, če ocenimo, da je parameter  $A$  dvakrat pomembnejši od parametra  $B$  in le-ta dvakrat pomembnejši od parametra  $C$ , nato pa parameter  $A$  ocenimo kot trikrat pomembnejši od parametra  $C$  (namesto štirikrat), skladnosti ni več. Z večanjem števila parametrov je verjetnost neskladnih ocenitev vedno večja. V splošnem velja (po matematični teoriji matričnega računa):

$$A \cdot \mathbf{w} = \lambda \cdot \mathbf{w} \quad (10.4)$$

kjer je  $\lambda$  lastna vrednost matrike,  $\mathbf{w}$  lastni vektor, ki označuje prioritete (uteži) parametrov:

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (10.5)$$

Razvitih je bilo več metod za izpeljavo lastnega vektorja  $\mathbf{w}$ , toda najbolj pogost je osnovni pristop, ki sloni na iskanju lastnega vektorja, vezanega na največjo lastno vrednost matrike,  $\lambda_{\max}$ . Enačbo 10.4 lahko zapišemo v obliki:

$$(A - \lambda \cdot E) \cdot w = 0 \quad (10.6)$$

kjer  $E$  predstavlja matriko dimenzij  $n \times n$  z enicami na diagonalnih členih (vsi ostali so 0). Ta enačba opisuje homogen sistem linearnih enačb, ki ima nevtralno rešitev natanko takrat, ko je:

$$\det(A - \lambda \cdot E) = 0 \quad (10.7)$$

$\lambda$  v enačbi je polinom stopnje  $n$ . Ničle so lastne vrednosti in vsaki od njih pripada lastni vektor  $w$ . Pri neskladnih matrikah majhna odstopanja v členih matrike implicirajo prav tako majhna odstopanja v lastnih vrednostih matrike, zato lahko pričakujemo, da bomo pri majhni neskladnosti še vedno našli lastno vrednost, ki bo dovolj blizu  $n$ . Za praktično uporabo enačbe 10.4 zadostuje približna rešitev, zato je predlagana naslednja metoda (Bajić in sodelavci, 1995). Vse člene v posameznem stolpcu matrike  $A$  delimo z vsoto členov danega stolpca, nato seštejemo vse tako dobljene člene v posamezni vrstici in vsoto delimo s številom parametrov  $n$  (izračunamo povprečno vrednost členov v vrstici). Rezultat je vektor prioritete (uteži) parametrov,  $w$ .

Za vsako matriko primerjav pomembnosti parametrov lahko izračunamo, kako so primerjave medsebojno usklajene (tj. skladnost matrike). Pri tem velja, da je matrika skladna, če in samo če je  $\lambda_{\max} = n$ . Največjo lastno vrednost matrike,  $\lambda_{\max}$  dobimo tako, da zmnožimo matriko  $A$  z vektorjem  $w$  in vsak člen tako dobljenega vektorja delimo z enako ležečim členom vektorja  $w$ . Dobljene vrednosti seštejemo in delimo s številom  $n$ . Bližje kot je vrednost  $\lambda_{\max}$  vrednosti  $n$ , manj je odstopanj od tranzitivne matrike in bolj so presoje skladne. Razlika  $|\lambda_{\max} - n|$  služi kot mera neskladnosti, ki je koristna za ugotavljanje napak v presoji pomembnosti parametrov. V primeru popolne skladnosti je razlika enaka 0. V praksi je namesto neposredne uporabe te razlike upoštevan indeks skladnosti,  $I_C$  (*angl.*, Consistency Index), ki ga podaja enačba 10.8.

$$I_C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (10.8)$$

Za ustrezno interpretacijo indeksa skladnosti  $I_C$  je bil določen slučajen indeks skladnosti  $I_R$ , umerjen za določeno velike matrike na podlagi povsem naključnih presoj. Preglednica 10–2 prikazuje vrednosti slučajnega indeksa skladnosti za različne range matrik (Kumar in Ganesh, 1996).

**Preglednica 10–2. Vrednosti slučajnega indeksa skladnosti  $I_R$  za različne range matrik.**

| Rang matrike, $n$                 | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----------------------------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Slučajen indeks skladnosti, $I_R$ | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 |

Na podlagi indeksa skladnosti in slučajnega indeksa skladnosti z enačbo 10.9 izračunamo razmerje skladnosti,  $R_C$  (*angl.*, Consistency Ratio). Saaty (1980) je določil zgornjo mejo razmerja skladnosti: razumne in dopustne so vse vrednosti  $R_C < 0,1$ . V primeru, da je  $R_C$  večji od 0,1 je potrebno presojo ponoviti.

$$R_C = \frac{I_C}{I_R} \quad (10.9)$$

Z naraščanjem števila primerjalnih parametrov se skladnost ocenitve slabša. Zato parametre, ki so si podobni oz. jih povezujejo skupne značilnosti, združujemo v sestavljene parametre ali kategorije. Sestavljene parametre povežemo z drugimi sestavljenimi parametri v drevesno strukturo parametrov – hierarhijo. Število parametrov, ki jih človek lahko sočasno primerja z zadovoljivo skladnostjo, je približno 9. Torej je osnovna oblika metode AHP (brez hierarhije) primerna za  $n \leq 9$  parametrov.

### 10.1.2 Razlaga analitičnega hierarhičnega procesa na primeru

Vzemimo primer, da želimo trem kazalcem  $A$ ,  $B$  in  $C$  v preglednici 4–3 pripisati utež oz. pomembnost. Kazalce najprej razvrstimo tako, da je mogoče vsak kazalec primerjati z vsakim. Nato izvedemo medsebojno primerjavo kazalcev za vsak par kazalcev. Primerjava je izvedena z ugotavljanjem intenzitete pomembnosti enega kazalca nad drugim v skladu s preglednico 4–1.

**Preglednica 10–3. Primer določevanja uteži treh kazalcev  $A$ ,  $B$  in  $C$  z metodo AHP.**

|                  | Kazalec A   | Kazalec B   | Kazalec C   |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Kazalec A</b> | 1           | 1/3         | 1/4         |             |
| <b>Kazalec B</b> | 3           | 1           | 1/5         |             |
| <b>Kazalec C</b> | 4           | 5           | 1           |             |
| $\Sigma$         | <b>8,00</b> | <b>6,33</b> | <b>1,45</b> | <b>Utež</b> |
| <b>Kazalec A</b> | 0,12        | 0,05        | 0,17        | <b>0,12</b> |
| <b>Kazalec B</b> | 0,38        | 0,16        | 0,14        | <b>0,22</b> |
| <b>Kazalec C</b> | 0,50        | 0,79        | 0,69        | <b>0,66</b> |

Medsebojne primerjave začnemo v prvem stolpcu matrike. V tem stolpcu primerjamo kazalca  $B$  in  $C$  s kazalcem  $A$ , ki mu pripišemo vrednost 1 (ker se nahaja na diagonali

matrike). To je rezultat dejstva, da ima primerjava nujno vrednost 1, če kazalec primerjamo s samim seboj. Recimo, da določimo kazalcu  $B$  3-kratno in kazalcu  $C$  4-kratno pomembnost kazalca  $A$ . Nato je postopek primerjanja ponovljen za drugi in tretji stolpec matrike. V vsakem stolpcu primerjamo kazalce s tistim kazalcem, ki se nahaja na diagonali, npr. v drugem stolpcu primerjamo kazalca  $A$  in  $C$  s kazalcem  $B$ .

Na koncu primerjanj je matrika izpolnjena z relativnimi utežmi kazalcev. Utež kazalca, npr. kazalca  $A$ , dobimo tako, da utež tega kazalca v vsakem stolpcu delimo z vsoto uteži vseh kazalcev v tem stolpcu (npr. v prvem stolpcu delimo 1 z 8, dobimo 0,12; v drugem stolpcu delimo 0,33 s 6,33, dobimo 0,05; v tretjem dobimo 0,17). Nato določimo povprečno vrednost kazalca  $A$  v vrstici, ki predstavlja utež tega kazalca (tj. 0,12). Na enak način določimo uteži tudi preostalima kazalcema  $B$  in  $C$ .

## 10.2 Mehka logika kot sistem za upravljanje sistemov in sprejemanje odločitev

Teorijo mehke logike je začel razvijati Zadeh (1965) z obravnavanjem tako imenovanih zamegljenih ali mehkih veličin, ki jih ni mogoče opisati s formalnim matematičnim zapisom. Potrebo za njihovo uvedbo in za razvoj ustreznih matematičnih postopkov je utemeljil z dejstvom, da je človeško zaznavanje in opisovanje sistemov daleč od natančno definirane matematične izrazoslovja. Razvoj teorije mehke logike je nadaljeval z uvedbo pojma lingvistične spremenljivke (Zadeh, 1975), katere vrednost ni določena s številskimi vrednostmi, ampak z besedami iz naravnega jezika. Kljub takratnim dvomom in zavračanju teh idej pri mnogih raziskovalcih, se je teoretični razvoj teorije mehke logike nadaljeval in danes je mehka logika uveljavljena metoda, zlasti na področjih vodenja in identifikacije sistemov (Takagi in Sugeno, 1985). Sistemi mehke logike so primerni za uporabo na višjih nivojih upravljanja sistemov, predvsem pri sprejemanju odločitev. V primerjavi s klasičnimi matematičnimi modeli procesov ali sistemov so mehki modeli dokaj učinkoviti in ob tem še enostavni.

Pomanjkljivost klasičnega matematičnega modela procesa ali sistema je v tem, da ne more v svoj okvir zajeti tudi človeka in njegovih izkušenj, medtem ko mehka logika posnema človekov način sklepanja in s tem vključuje predznanje človeškega načrtovalca. V mehki logiki prenašamo empirična znanja z uporabo ustreznih pravil v matematično obliko. Tradicionalno smo navajeni situacij, v katerih so stvari 100 % neresnične ali 100 % resnične. Z drugimi besedami, logične bi bile prave vrednosti 0 ali 1. V mehki logiki pa so



možne katerekoli vrednosti na zaprtem intervalu 0 in 1. Od normalne ali »ostre« množice se mehka množica torej razlikuje po tem, da imajo lahko njeni elementi stopnjo pripadnosti mehki množici v intervalu  $[0, 1]$  in je prehod od elementov, ki ne pripadajo množici, do tistih, ki ji pripadajo, postopen in določen s pripadnostno funkcijo.

Zadeh definira mehko logiko kot tehniko, ki namesto števil uporablja za računanje in odločanje kar besede naravnega jezika. Druga pogosta definicija označuje mehko logiko kot skupek postopkov, ki se uporabljajo pri delu z mehкими množicami.

## 10.2.1 Osnove mehke logike

### 10.2.1.1 Mehke množice

Mehka množica  $A$  v prostoru  $U$  je množica elementov  $x \in U$  z različno stopnjo pripadnosti tej množici. Mehko množico lahko predstavimo s funkcijo, ki določa stopnjo pripadnosti elementov,  $x \in U$ , mehki množici  $A$ :

$$f_{p,A}(x) : A \rightarrow [0, 1] \quad (10.1)$$

Mehka množica se od normalne, »ostre« množice razlikuje v tem, da imajo lahko njeni elementi stopnjo pripadnosti mehki množici v intervalu  $[0, 1]$  in je prehod od elementov, ki ne pripadajo množici, do tistih, ki ji pripadajo, postopen in določen s funkcijo pripadnosti. Mehko množico torej lahko predstavimo kot posplošitev koncepta običajne množice in jo simbolično zapišemo:

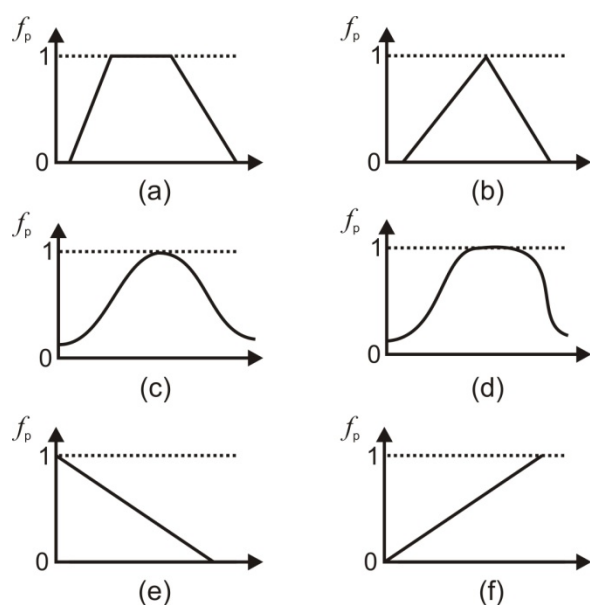
$$A = \{x \mid f_{p,A}(x)\} \quad (10.2)$$

Kot alternativa stopnji pripadnosti mehki množici se pojavlja tudi mera mehкости. Mera mehкости nekega elementa mehke množice je največja, če je njegova stopnja pripadnosti 0,5. Mera mehкости in stopnja pripadnosti sta povezani z naslednjim izrazom:

$$c_A = \int_x (|f_{p,A}(x) - 0,5|) dx \quad (10.3)$$

Funkcija pripadnosti mehki množici ima lahko poljubne oblike, vendar so za snovanje mehkih sistemov najprimernejše funkcije konveksnih oblik. V primeru uporabe pripadnostne funkcije, ki ni konveksne oblike, se lahko zgodi, da za ustrezno mehko množico ne veljajo določeni postopki, ki jih sicer ponuja teorija načrtovanja mehkega

sistema. Funkcije pripadnosti mehki množici običajno razdelimo v tri skupine: Zadehove funkcije pripadnosti, klasične funkcije pripadnosti in odsekoma linearne pripadnostne funkcije. Zadehove funkcije pripadnosti mehki množici so definirane kot  $Z$ ,  $S$  in  $\pi$  funkcije, ki so poimenovane po svoji obliki. Klasične funkcije pripadnosti mehki množici so sigmoidne, Gaussove in zvonaste pripadnostne funkcije. Odsekoma linearne pripadnostne funkcije so funkcije, odprte na levo ali desno stran, sicer trikotne in trapezne oblike. Slika 10–1 prikazuje nekatere primere oblik funkcij pripadnosti.



**Slika 10–1. Prikaz oblike (a) trapezne, (b) trikotne, (c) Gaussove, (d) zvonaste, (e) odsekoma linearne, v levo odprte in (f) odsekoma linearne, v desno odprte pripadnostne funkcije.**

Zaradi enostavnosti in majhne porabe procesorske moči se za izvajanje pripadnostnih funkcij največkrat uporabljajo trikotne in trapezne pripadnostne funkcije. Pri uporabi teh funkcij je potrebno upoštevati, da je aproksimacija neznane funkcije, ki jo dosežemo z odsekoma linearnimi pripadnostmi funkcijami tudi odsekoma linearna. Kadar s procesorsko močjo nismo omejeni, lahko uporabimo sigmoidne, Gaussove in zvonaste pripadnostne funkcije. Z uporabo le-teh je izhod iz mehkega sistema gladka, večkrat odvedljiva funkcija.

### 10.2.1.2 Lingvistična spremenljivka

Ena glavnih karakteristik teorije mehkih množic je zmožnost operiranja z lingvističnimi mehкими množicami. Lingvistično mehko množico ( $S$ ) lahko definiramo kot spremenljivko, katere vrednosti lahko izrazimo z besedami (Zadeh, 1975). Lingvistična mehka množica lahko izrazi vrednosti mehkih števil z uporabo besednih izrazov, kot so zadostno, dobro, odlično itd. Spremenljivko, ki zavzame tako opisane vrednosti, imenujemo *lingvistična spremenljivka*. Določajo jo trije podatki: ime spremenljivke, nabor vrednosti, ki jih spremenljivka lahko zavzame, in pravilo, ki določa povezavo med lingvističnimi izrazi in njihovim fizičnim pomenom.

### 10.2.1.3 Mehki operatorji in operacije

Računske operacije z mehкими elementi se izvajajo z mehкими operatorji. Nabor originalnih operatorjev, kot jih je definirjal Zadeh (1965), sestavljajo unija, presek in komplement. Če poznamo mehکی množici  $A$  in  $B$  iz prostora,  $x \in U$ , s stopnjama pripadnosti  $f_{p,A}(x)$  in  $f_{p,B}(x)$  lahko te operacije določimo kot:

- unija:  $f_{p,A \cup B}(x) = \max[f_{p,A}(x), f_{p,B}(x)]$ ,
- presek:  $f_{p,A \cap B}(x) = \min[f_{p,A}(x), f_{p,B}(x)]$  in
- komplement:  $f_{p,\bar{A}}(x) = 1 - f_{p,A}(x)$ .

Najpogosteje uporabljeni je operator max, čeprav vedno ni najbolj primeren, saj povzroča nezveznosti, ki otežujejo morebitne izračune odvoda.

### 10.2.1.4 Baza znanj

Baza znanj je sestavljena iz baze podatkov in baze mehkih pravil. Baza podatkov vsebuje podatke o definicijah mehkih množic, skalarnih parametrih, normalizacijskih konstantah, adaptivnosti, periodi procesiranja ipd., medtem ko bazo mehkih pravil sistema z več vhodi in enim izhodom sestavljajo mehka pravila. Mehka pravila ČE–TEDAJ (IF–THEN) so naslednje oblike (Guimaraes and Lapa 2004):

$$R^n: \text{ČE } x^1 \text{ je } L^{1,l} \text{ IN } x^2 \text{ je } L^{2,l} \text{ IN } \dots \text{ IN } x^i \text{ je } L^{i,l}, \text{ TEDAJ } y \text{ je } L^l, \quad (10.4)$$

kjer je  $R^n$  pravilo  $n$ ,  $x$  je vhodna spremenljivka,  $L$  je lingvistična spremenljivka,  $y$  je izhodna mehka spremenljivka,  $l$  je število lingvističnih spremenljivk.

Zapis mehkih pravil oblike, kot jo prikazuje enačba 10.4, omogoča tudi množice izjav drugačnih oblik, kot na primer zapis pravil s povezavo ALI (*angl.*, OR), zapis pravil z nepopolnim ČE delom (*angl.*, IF), zapis pravil z lingvističnimi spremenljivkami itd. Zapis pravil z lingvističnim spremenljivkami je še posebej primeren za snovanje mehkih sistemov, saj so spremenljivke podane opisno kot npr.:

$R^n$ : Čim večji je  $x$ , tem manjši je  $y$ .

Če uvedemo mehko množico  $X$  z lingvistično vrednostjo *večji* in mehko množico  $Y$  z lingvistično vrednostjo *manjši*, lahko pravilo zapišemo kot:

$$R_n: \text{ČE } x = X, \text{ TEDAJ } y = Y. \quad (10.5)$$

Glede na tip izhodne mehke spremenljivke  $y$  v pravilu ločimo tri osnovne tipe mehkih pravil: Mamdanijev sistem, Takagi-Sugenova mehka pravila in Singletonova pravila. Mi se bomo osredotočili zgolj na uporabo Mamdanijevega sistema z lingvističnimi mehкими pravili, v katerem so vhodne in izhodne lingvistične spremenljivke mehke spremenljivke, označene z lingvističnimi vrednostmi. Pri teh pravilih gre za kombinacijo mehkega in ostrega pristopa, saj so vhodne spremenljivke mehke, izhodne pa ostre vrednosti.

Pri snovanju mehkega sistema predstavlja obdelava in oblikovanje baze znanj osrednji objekt obravnave. Najprej je potrebno oblikovati bazo podatkov, ki vsebuje informacije o vseh potrebnih spremenljivkah stanj sistema, njihovem prostoru in v njem postavljenih mehkih množic (pripadnostne funkcije). Baza podatkov vsebuje tudi podatke o normalizacijskih konstantah, skalarnih faktorjih ipd.

Relacije med spremenljivkami so zajete z mehкими pravili, ki sestavljajo bazo pravil. Bazo podatkov in bazo pravil če–tedaj sestavi načrtovalec mehkega sistema na osnovi svojega znanja in izkušenj in na podlagi izkušenj strokovnjakov, ki obravnavani sistem oz. objekt dobro poznajo (tehnologi, kontrolni inženirji idr.)

### **10.2.1.5 Mehčanje ostrih vrednosti (fuzifikacija)**

V večini primerov so vhodne vrednosti v mehki sistem ostre (npr. numerični podatki kazalcev trajnostnega razvoja podjetja). Ker je vhodna vrednost ostra, ji je potrebno prirediti primerno mehkost, da bo lahko v procesu mehkega sklepanja pravilno upoštevana. Mehčanje torej predstavlja postopek za prirejanje in doseganje mehкости vhodnih ostrih vrednosti (prehod iz ostrih v mehke vrednosti).

### 10.2.1.6 Mehki inferenčni stroj

Mehki inferenčni stroj predstavlja mehanizem, ki neposredno izvaja mehko sklepanje (mehko inferenco) na osnovi vhodnih podatkov in baze znanj. Mehko sklepanje omogoča sklepanje za prehod iz pogojne na sklepno stran mehkega pravila (iz dela ČE v del TEDAJ). Implikacijo  $X \rightarrow Y$  zapišemo v obliki pravila če–tedaj (en. 10.5).

Mehka implikacija ni enovita logična operacija, saj lahko za različne primere uporabljamo različne tipe implikacij. V mehkih inferenčnih strojih je največ v uporabi Mamdanijev mehko-inferenčni sistem, ki vključuje sestavljalni operator 'minimum':

$$f_{p,x \rightarrow y}(x, y) = \sup_x \left[ \min \left( f_{p,x}(x), f_{p,y}(y) \right) \right] \quad (10.6)$$

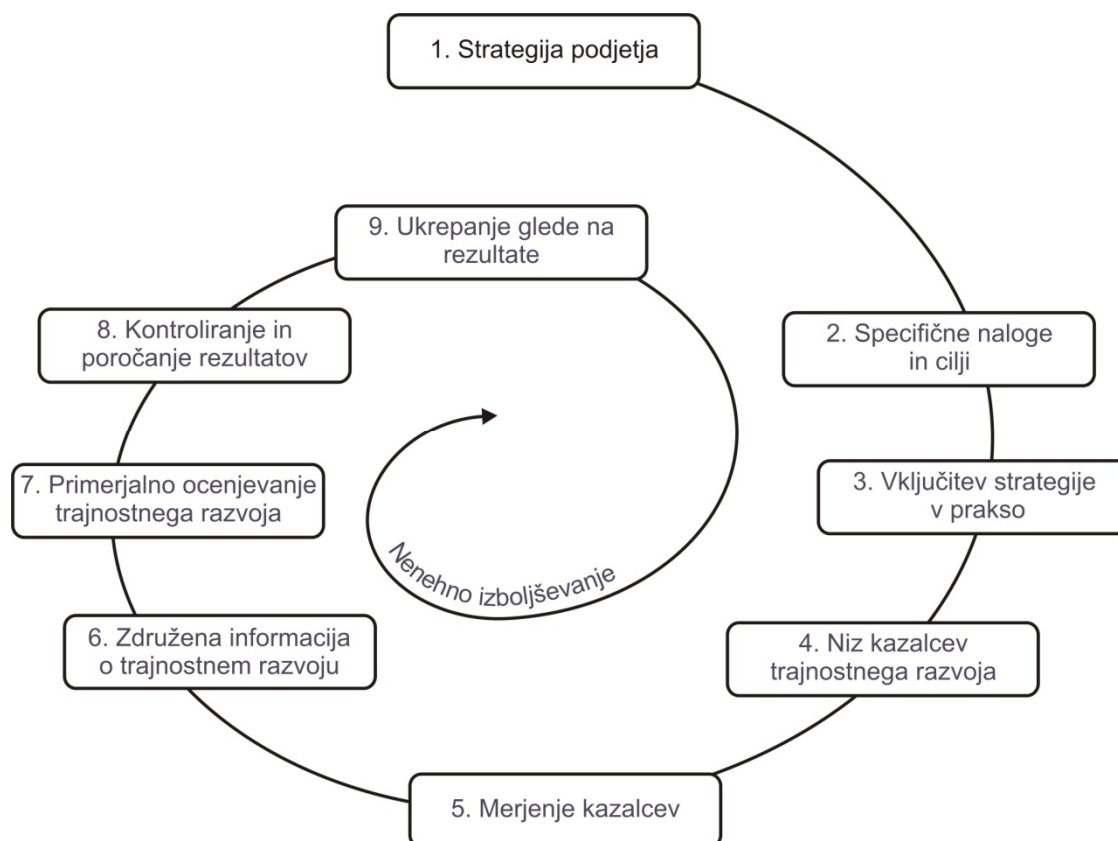
Pred mehkim sklepanjem se nahaja blok za mehčanje (fuzifikacijski blok) in za njim blok za ostrenje (defuzifikacijski blok).

### 10.2.1.7 Ostrenje mehkih vrednosti (defuzifikacija)

Rezultat postopka mehkega sklepanja predstavlja mehka množica (npr.  $f_{p,B}(x, y)$ ) z ustrezno pripadnostno funkcijo. Ponavadi rezultat v obliki mehke množice ni dovolj uporaben. Zaradi tega s postopkom ostrenja mehki množici  $f_{p,B}(x, y)$  priredimo ostro vrednost. Jang in sodelavci navajajo več metod ostrenja (metoda največje vrednosti, poenostavljena težiščna metoda idr.), v praksi je najpogosteje uporabljena težiščna metoda. Rezultat težiščne metode (*angl.*, center of gravity, COG) predstavlja izračunano težišče lika, ki ga predstavlja rezultat mehkega sklepanja – mehka množica  $f_{p,B}(x, y)$ . Yadav in sodelavci (2003) natančneje opisujejo matematični proces ostrenja.

## 11 Metodologija za sistem upravljanja z okoljem in merjeno doseganje trajnostnega razvoja podjetij

V tem poglavju je predstavljena metodologija za sistem upravljanja z okoljem in merjeno doseganje trajnostnega razvoja podjetij, ki je lahko v pomoč podjetjem kemijske in procesnih industrij, kakor tudi podjetjem iz drugih sektorjev pri nenehnem izboljševanju svojega razvoja in uvajanju sprememb, ki so potrebne za delovanje v smeri trajnostnega razvoja. Metodologija temelji na osmih stopnjah (slika 11–1), ki jih bomo v nadaljevanju podrobneje opisali.



Slika 11–1 . Metodologija za merjeno doseganje trajnostnega razvoja podjetij.

## 11.1 Definiranje strategije podjetja za doseganje trajnostnega razvoja

V prvi stopnji podjetje jasno zastavi svoj vsesplošni cilj, ki ga želi doseči. Podjetje izoblikuje svoje pojmovanje trajnostnega razvoja in določi vizijo in strategijo za doseganje le-tega. Ta stopnja obsega vse vidike organizacijskih aktivnosti in ohrabljuje vključevanje vodstva v procese odločanja.

Pomemben del združene trajnostne strategije podjetja predstavlja vključitev deležnikov (*angl.*, stakeholders), tj. različnih skupin, ki vplivajo na delovanje podjetja oziroma delovanje podjetja vpliva nanje. Preglednica 8–1 prikazuje nekatere možne deležnike podjetja in njihovo zanimanje glede trajnostnih vidikov delovanja podjetja. Za podjetja je zelo pomembno, da ugotovijo, kakšni so interesi in pričakovanja deležnikov glede razvoja podjetja ter kako daleč v prihodnost segajo njihova razmišljanja. Na primer, interesi upnikov bodo usmerjeni pretežno v gospodarsko delovanje podjetja, čeprav se danes pojavlja vedno več zanimanja tudi za okoljsko in družbeno delovanje. Pričakujemo lahko, da bodo njihovi interesi usmerjeni v kratkoročno do srednjeročno obdobje (od nekaj mesecev do 5 let), čeprav se bo zgodilo tudi to, da jih bo zanimalo tudi dolgoročno delovanje podjetja (5 let in več). Kot kaže preglednica 8–1 je največ zanimanja deležnikov za gospodarski vidik delovanja podjetja. Takšne analize lahko podjetjem pomagajo uravnotežiti interese deležnikov (Azapagic, 2003).

**Preglednica 11–1. Različni deležniki podjetja in njihovo zanimanje glede trajnostnih vidikov delovanja podjetja (prirejeno po Azapagic, 2004).**

| Deležniki             | Trajnostni vidik |          |          |
|-----------------------|------------------|----------|----------|
|                       | Gospodarski      | Okoljski | Družbeni |
| zaposleni             | ●●●              | ●●○      | ●●●      |
| trgovske zveze        | ●●●              | ○○○      | ●●●      |
| pogodbeniki           | ●●●              | ●○○      | ●○○      |
| dobavitelji           | ●●●              | ○○○      | ○○○      |
| potrošniki            | ●●●              | ●●○      | ●●○      |
| delničarji            | ●●●              | ●●○      | ●●○      |
| upniki                | ●●●              | ●●○      | ●●○      |
| zavarovalnice         | ●●●              | ●●●      | ●●●      |
| lokalne skupnosti     | ●●●              | ●●●      | ●●●      |
| lokalne oblasti       | ●●●              | ●●●      | ●●●      |
| vlada                 | ●●●              | ●●●      | ●●●      |
| nevladne organizacije | ●●○              | ●●●      | ●●●      |

○○○ = brez zanimanja, ●○○ = malo zanimanja, ●●○ = srednje zanimanje, ●●● = močno zanimanje

Pritiski različnih deležnikov spodbujajo podjetje k definiranju strategije trajnostnega razvoja. Večinoma imajo (oz. bodo imela) podjetja opravka z mednarodnimi predpisi glede trajnostnega razvoja, ki se v nekaterih državah nanašajo predvsem na proizvodno odgovornost. Hkrati se morajo podjetja pričeti zavedati, da jim podoba trajnostnega razvoja služi kot velika konkurenčna prednost (de Ron, 1994).

### **11.1.1 Določitev ključnih vidikov delovanja podjetja**

Analizi deležnikov sledi identifikacija ključnih vidikov poslovanja podjetij kemijske in procesnih industrij. Preglednica 8–2 vključuje nekaj primerov vidikov razvoja podjetij, ki jih lahko marsikatero podjetje z industrijsko aktivnostjo vključi v svojo strategijo trajnostnega razvoja.

#### ***11.1.1.1 Gospodarski vidiki***

Glavni namen podjetij je ustvarjanje dodane vrednosti s proizvodnjo izdelkov in storitvami za družbo. Gospodarski vidik razvoja podjetja vključuje vpliv podjetja na ekonomsko blaginjo svojih deležnikov ter na gospodarske sisteme na lokalni, nacionalni in globalni ravni. Gospodarska sposobnost razvoja in konkurenčnosti podjetij je pomembna za trajnostni razvoj, saj podjetja prinašajo družbi številne ekonomske koristi, vključno z ustvarjanjem delovnih mest in ustvarjanjem premoženja (Azapagic, 2004). Gospodarsko delovanje vključuje vse vidike ekonomskih interakcij, vključno s tradicionalnimi meritvami finančnega računovodstva. Upoštevati je potrebno mikro-ekonomski vidik (prodaja, denarni tok, dobiček, vrednost delnic) in makro-ekonomski vidik delovanja podjetja (dodana vrednost, prispevek k bruto družbenemu proizvodu in zaposljivosti). Hkrati ta dimenzija vključuje tudi druge ekonomske postavke, ki sicer niso vključene v finančna poročila (GRI, 2002).



**Preglednica 11–2. Povzetek ključnih vidikov delovanja podjetij kemijske in procesnih industrij (Azapagic, 2004).**

| <b>Vidiki delovanja</b> |  |
|-------------------------|--|
| <b>Gospodarski:</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– prispevek k bruto družbenem proizvodu in ustvarjanju blaginje</li> <li>– obseg prodaje in ustvarjanje dobička</li> <li>– ustvarjanje visoke dodane vrednosti</li> <li>– investicije (investicije v zaposlene, lokalno skupnost, preprečevanje onesnaževanja ipd.)</li> <li>– vrednost delnic</li> <li>– razdelitev prihodkov</li> </ul>   |
| <b>Okoljski:</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– izguba biološke raznolikosti</li> <li>– emisije v zrak</li> <li>– poraba energije</li> <li>– vplivi na okolje</li> <li>– izraba zemljišč</li> <li>– neskladnost s predpisi</li> <li>– toksičnost produktov</li> <li>– raba surovin in njihova razpoložljivost</li> <li>– trdni in tekoči odpadki</li> <li>– poraba vode, topil</li> </ul>   |
| <b>Družbeni:</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– zdravje in varnost</li> <li>– izobraževanje in strokovno izpopolnjevanje zaposlenih</li> <li>– zadovoljstvo zaposlenih pri delu</li> <li>– etično poslovno ravnanje</li> <li>– zadovoljstvo potrošnikov</li> <li>– vključitev in sodelovanje deležnikov pri odločanju</li> <li>– socialne pravice in razvoj lokalne skupnosti</li> <li>– družbena partnerstva in sponzorstva</li> </ul> |

### **11.1.1.2 Okoljski vidiki**

Večina podjetij kemijske in procesnih industrij ima dober pogled na okoljske vidike svojega delovanja, večinoma preko potrebnega izpolnjevanja predpisov ali kot rezultat vpeljave sistema okoljskega upravljanja. Zaradi boljšega razumevanja ključnih okoljskih vidikov in pristopa do njih je potrebno določiti izvore okoljskih problemov (npr. proizvodnja, transport, nabava ipd.). Okoljski vplivi morajo biti obravnavani glede na celotno proizvodno verigo z uporabo primernih pristopov k analizi življenjske dobe proizvodov.

Okoljska dimenzija trajnostnega razvoja vključuje vplive podjetja na žive in nežive naravne sisteme, vključno z ekosistemi, zemljo, zrakom in vodo. Okoljske meritve bi naj dale uravnotežen pregled okoljskih vplivov podjetja kot so raba surovin, emisije in odpadki ter proizvodi in storitve (IChemE, 2002). Med tremi dimenzijami trajnostnega razvoja je merjenje in obravnavanje okoljskega delovanja podjetij najbolj razvito.

### 11.1.1.3 Družbeni vidiki

Družbeno odgovorni procesi se poleg gospodarskega razvoja osredotočajo na širše družbene vidike svojega delovanja. Družbeni vidik trajnostnega razvoja vsebuje odnos podjetja do lastnih zaposlenih, dobaviteljev, pogodbenikov in potrošnikov ter tudi vpliv na družbo kot celoto. Uspešno družbeno delovanje je pomembno pri zagotavljanju dolgotrajnega delovanja podjetja (IChemE, 2002). Priznavanje in spodbujanje širših odgovornosti, ki jih imajo podjetja do lokalne skupnosti in družbe (vključujoč sedanje in prihodnje generacije), je pomemben del procesa razvoja trajnostnega koncepta.

Svetovna kemijska industrija je kot ena najbolj izpostavljenih branž razvila svoj mednarodni program »odgovorno ravnanje« (angl., Responsible Care) z namenom izboljšanja varnosti, zdravja in okolja v podjetjih (CEFIC, 2006). Odkar se je ta program oblikoval, se mu je pridružilo približno 86 % svetovnih kemijskih proizvajalcev, med njimi tudi slovenski.

## 11.2 Definiranje specifičnih nalog in ciljev trajnostnega razvoja podjetja

Trajnostna politika podjetja predstavlja vizijo in strategijo podjetja za doseganje trajnostnega razvoja. Za uspešno vključitev trajnostne politike v svojo strategijo, mora podjetje uravnotežiti odgovornost poslovanja tako na gospodarskem, okoljskem, kot tudi na družbenem področju.

Vsesplošni cilj politike podjetja, kot je na primer napredovanje v smeri trajnostnega razvoja, je potrebno v tej stopnji razdelati na bolj specifične naloge in cilje podjetja, ki so tudi merljivi. Merljivost ciljev je nujen pogoj, da lahko spremljamo dosežke in ugotovljamo, ali so bili zastavljeni cilji doseženi. Cilji in naloge podjetja morajo biti realni toda podjetju v izziv in povezani z določenim časovnim obdobjem, v katerem naj bi bili doseženi. Pomembno je definirati tudi možne ovire pri doseganju zastavljenih ciljev.

Definiranje ciljev podjetja zahteva dialog med vsemi deležniki. Ti zastavijo specifične naloge, kot je npr. zmanjšanje uporabe strupenih kemikalij na enoto proizvoda za 20 % v petih letih, doseči ničelno stopnjo delovnih poškodb v naslednjem letu ipd. Ta stopnja je pomembna, saj zagotavlja odgovornost deležnikov. Doseganje nekega cilja seveda še

ne pomeni, da je podjetje postalo trajnostno, temveč sili k postavljanju novih nalog in ciljev napredovanja v skladu z vidiki trajnostnega razvoja podjetij.

### **11.3 Vključitev strategije trajnostnega razvoja v prakso podjetja**

Ta stopnja je najverjetneje najtežavnejša pri prizadevanjih za doseganje trajnostnega razvoja podjetja. Stopnja vključuje ugotavljanje trajnostnih prioritet in njihovo uvrstitev med poslovne prioritete kot tudi ugotavljanje specifičnih projektov za doseganje bolj trajnostne poslovne prakse. Poleg tega ta stopnja v osnovi vključuje spreminjanje skupne kulture in vedenja podjetja. Teh sprememb ni mogoče doseči preko noči, zato je potreben tri do petletni načrt z vsakoletnimi preverjanji.

Sprememba kulture podjetja je ključna pri doseganju trajnostnega razvoja podjetja. Spremembe je potrebno doseči tako v podjetju kot pri zaposlenih. Ozaveščanje in šolanje sta glavna instrumenta za doseganje teh sprememb. Dosežemo ju lahko na več načinov, na primer z izdajanjem biltenov, v katerih pojasnjujemo, kako lahko vsak zaposleni prispeva k napredovanju v smeri trajnosti. Notranje poročanje je tudi uporabno orodje za ozaveščanje zaposlenih (Azapagic, 2003).

Različni finančni in nefinančni instrumenti so lahko uporabljeni za spodbujanje zaposlenih k predlaganju inovativnih idej, ki lahko vodijo k hitrejšemu trajnostnemu razvoju. Pospešeno vključevanje zaposlenih ne ustvarja samo novih idej, temveč dviguje tudi navdušenje do trajnostnega programa podjetja kot takega, saj večina zaposlenih želi biti del podjetja, ki je zapriseglo k družbeno in okoljsko odgovornemu delovanju.

Da bi omogočili enostavnejšo vključitev trajnostnega razvoja v prakso podjetja je koristno razdeliti vesplošne poslovne aktivnosti v več ključnih aktivnosti in interesnih področij, na primer: proizvodnja, proizvodi, transport, nabava, delovna sila ipd. Specifični projekti morajo biti identificirani, da lahko dosežemo zastavljene cilje in naloge z upoštevanjem ključnih trajnostnih vidikov za ključna poslovna področja. Na primer, cilj zmanjšanja emisij toplogrednih plinov je mogoče doseči z zvišanjem energijske učinkovitosti ali s prehodom na »zeleni« vir električne energije.

## 11.4 Identifikacija potencialnega niza kazalcev

V tej stopnji identificiramo kazalce, ki opisujejo zastavljene specifične naloge in cilje, definirane v prejšnji stopnji. Podjetja lahko začnejo uporabljati nekaj osnovnih kazalcev in postopoma vključujejo nove. Podjetja lahko glede na osnovne preučijo tudi dodatne kazalce, specifične njihovi proizvodnji. Ta proces zahteva vključitev vseh zaposlenih, saj poslovodstvo samo ne zmore zagotoviti uspešne vključitve kazalcev, temveč je potrebna podpora različnih poslovnih enot (GEMI, 1994). Vključevanje zaposlenih v izbor kazalcev omogoča dostopnost podatkov, prepriča zaposlene za strategijo doseganja trajnostnega razvoja in jih ohranja odgovorne za razvojno stopnjo.

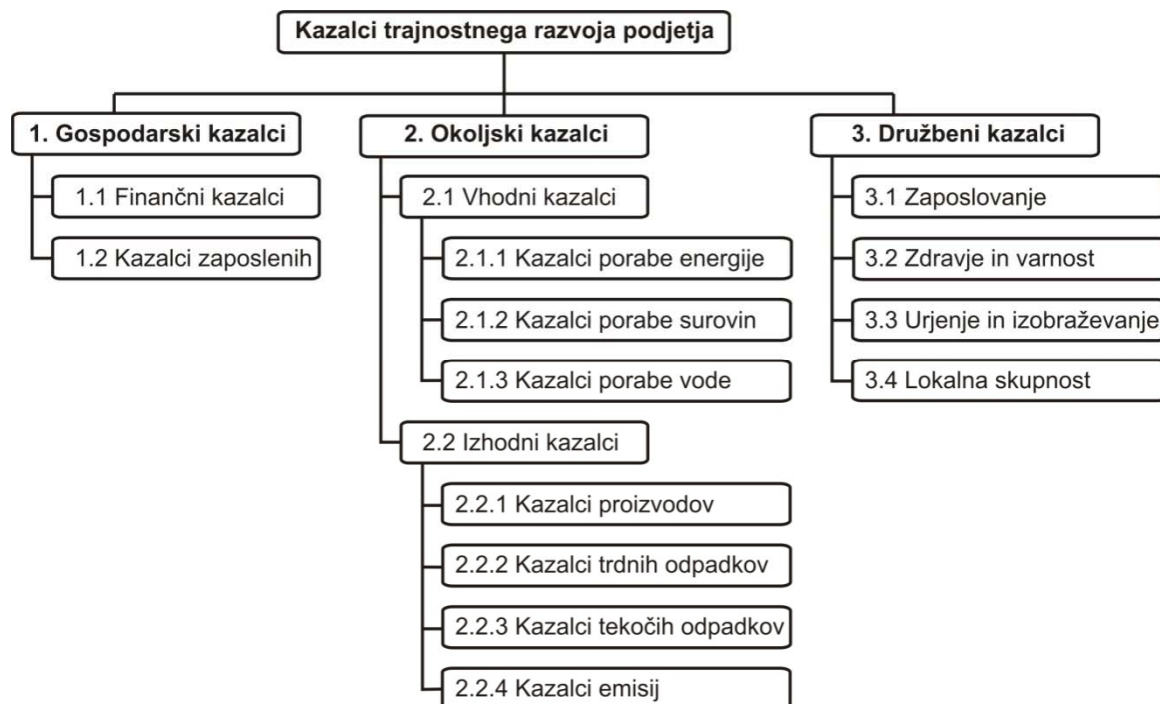
Razumljivo je, da vsako podjetje, ki se bo odločilo za uporabo kazalcev trajnostnega razvoja, ne bo imelo nalog in/ali ciljev za vsakega izmed vidikov trajnostnega razvoja. Kljub temu pa je pomembno, da začne uporabljati nekaj kazalcev, ki bodo odražali trenutne naloge oziroma cilje. Ko pa podjetje pridobi potrebne izkušnje, lahko začrta nove naloge in vključi dodatne kazalce trajnostnega razvoja (Veleva in Ellenbecker, 2001).

### 11.4.1 Sestava kazalcev trajnostnega razvoja

V preglednicah A–1 do A–3 je prikazan niz kazalcev trajnostnega razvoja podjetij, ki so v skladu z vidiki trajnostnega razvoja razdeljeni na gospodarske, okoljske in družbene kazalce (slika 11–2). Navezujejo se na vse poglavitne vidike trajnostnega razvoja podjetij – energijo in potrošnjo surovin (sredstev), naravno okolje, socialne pravice in razvoj skupnosti, ekonomsko učinkovitost, zaposlene in proizvode. Posebno pozornost smo posvetili okoljskim kazalcem, ki smo jih v skladu s snovnimi tokovi v proizvodnji razdelili na vhodne in izhodne kazalce trajnostnega razvoja. Kazalci so skladni s standardoma DIN 5485 in ISO 31 o poimenovanju veličin in njihovih simbolih.

Vsi kazalci ne bodo primerni za vsako podjetje in za vse vrste analiz, saj je njihova izbira odvisna od številnih dejavnikov, med katerimi sta tudi dosegljivost potrebnih podatkov in enostavnost analiz. V ta namen so kazalci sestavljeni tako, da omogočajo postopno vključevanje. Podjetje lahko prične z vključevanjem gospodarskih kazalcev ter postopoma vključi še okoljske in družbene kazalce.

Kazalce lahko izražamo na različne načine, odvisno od namena ocenitve. Za analize, ki se nanašajo na proizvode, lahko kazalce izrazimo na enoto proizvodnje (EP), medtem ko je pri analizah procesov bolje kot enoto meritve uporabiti celotno (letno) proizvodnjo. V analizah, ki se nanašajo na podjetje, se lahko uporabijo obojne meritve, odvisno od primernosti.



Slika 11–2. Razdelitev kazalcev trajnostnega razvoja podjetij v kemijski in procesnih industrijah.

**Preglednica A–1. Primeri gospodarskih kazalcev trajnostnega razvoja podjetij v kemijski in procesnih industrijah**

| <b>1. Gospodarski kazalci &gt; 1.1 Finančni kazalci</b>    |  |                      |              |
|--|--|----------------------|--------------|
| <b>Kazalec</b>   | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>        | <b>Enota</b> |
| Dodana vrednost  | Čisti dobiček in plače podjetja  | $V_A$                | EUR          |
| Vrednostni delež dodane vrednosti v BDP                    | Dodana vrednost/BDP  | $f_{BDP}$            | EUR/EUR = 1  |
| Vrednost investicij v zaščito okolja                       | Investicije podjetja v varovanje okolja  | $I_{okolje}$         | EUR          |
| Stroški okoljske odgovornosti                              | Izdatki, ki jih ima podjetje v primeru odgovornosti pri onesnaževanju okolja                                     | $C_{okol. odg.}$     | EUR          |
| Specifična številnost pritožb in zavrnitev s strani kupcev | (Število pritožb oz. zavrnitev)/(masa prodanih proizvodov)   | $N_{pritožbe}$       | 1/kg         |
| Vrednost investicij v etične dejavnosti                    | Dobiček, investiran v poslovne dejavnosti, ki se smatrajo za etične  | $I_{etič. dejavn.}$  | EUR          |
| Frekvenca trajnostnih okoljskih poročil                    | Letno število pozitivnih oz. negativnih časopisnih poročil o okoljskem in socialnem delovanju podjetja           | $N_{poročil}$        | 1/a          |
| Številski delež neproblematičnih dobaviteljev              | Številski delež dobaviteljev brez okoljskih, zdravstvenih in varnostnih kršitev v %                              | $X_{dob., neprobl.}$ | –            |
| Številski delež dobaviteljev                               | Številski delež dobaviteljev, ki se izobražujejo o okolju, zdravju in varnosti v %                               | $X_{dob., izobr.}$   | –            |
| Število prekinjenih pogodb                                 | Število prekinjenih pogodb z dobavitelji zaradi neujemanja z okoljskimi, zdravstvenimi ali varnostnimi standardi | $N_{prek. pogodb}$   | 1            |
| Vrednost investicij v trajnostni razvoj                    | Investicije v trajnostne raziskave in razvoj (RiR) kot delež izdatkov podjetja v %                               | $I_{RiR}$            | EUR/EUR = 1  |
| <b>1. Gospodarski kazalci &gt; 1.1 Kazalci zaposlenih</b>  |  |                      |              |
| <b>Kazalec</b>   | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>        | <b>Enota</b> |
| Stroški varstva in zdravja zaposlenega                     | Celotni stroški zdravstvenega varstva in varnosti zaposlenega  | $C_{var. zdr.}$      | EUR          |
| Vrednost investicij v razvoj zaposlenega                   | Investicije v izobraževanje, nenehni strokovni in osebni razvoj zaposlenega                                      | $I_{izobr.}$         | EUR          |

**Preglednica A–2. Primeri okoljskih kazalcev trajnostnega razvoja podjetij v kemijski in procesnih industrijah**

| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.1 Vhodni kazalci &gt; 2.1.1 Kazalci porabe energije</b> |  |   |              |
|---|--|---|--------------|
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>                           | <b>Enota</b> |
| Celotna poraba energije   | Celotna porabljena energija  | $E_{\text{cel}}$                        | J            |
| Specifična poraba energije  | (Celotna porabljena energija) / (enota proizvodnje)                          | $e_{\text{spec}}$                       | J/EP         |
| Energijski delež posameznega izvora   | Poraba posameznega izvora energije v celotni porabi energije                 | $f(E_{\text{izvor}}/E_{\text{cel}})$    | J/J = 1      |
| Energijski delež obnovljivih virov  | Uporabljena obnovljiva energija v celotni porabi energije                    | $f(E_{\text{obn}}/E_{\text{cel}})$      | J/J = 1      |
| Delež energije za recikliranje  | Poraba energije za obtakanje v celotni porabi energije                       | $f(E_{\text{obt}}/E_{\text{cel}})$      | J/J = 1      |
| Delež procesne energije   | Poraba energije v procesu v celotni porabi energije                          | $f(E_{\text{proc}}/E_{\text{cel}})$     | J/J = 1      |
| Energijska intenzivnost   | (Celotna poraba energije) / (dodana vrednost)                                | $I(E_{\text{cel}}/V_A)$                 | J/EUR        |
| Celotni stroški energije  | Vrednost stroškov energije   | $C_{E, \text{cel}}$                     | EUR          |
| Stroški energije za recikliranje  | Vrednost stroškov energije za obtakanje                                      | $C_{E, \text{obt}}$                     | EUR          |
| Stroškovni delež energije   | (Celotni stroški energije) / (celotni stroški proizvodnje)                   | $f(C_{E, \text{cel}}/C_{\text{proiz}})$ | EUR/EUR = 1  |
| Povprečni strošek posameznega izvora energije   | (Stroški posameznega izvora energije) / (poraba posameznega izvora energije) | $C_{E, \text{izvor}}/E_{\text{izvor}}$  | EUR/J        |
| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.1 Vhodni kazalci &gt; 2.1.2 Kazalci porabe surovin</b>  |  |   |              |
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>                           | <b>Enota</b> |
| Celotna poraba surovin  | Celotna masa porabljenih surovin   | $m_{\text{sur, cel}}$                   | kg           |
| Specifična poraba surovin   | (Masa porabljenih surovin) / (enota proizvodnje)                             | $m_{\text{sur, spec}}$                  | kg/EP        |
| Učinkovitost porabe surovin   | (Proizvodnja) / (celotna masa porabljenih surovin)                           | $\eta_{\text{sur}}$                     | EP/kg        |
| Masni delež obnovljivih surovin   | (Masa obnovljivih surovin) / (masa porabljenih surovin)                      | $w_{\text{sur, obn}}$                   | kg/kg = 1    |
| Masni delež recikliranih surovin  | (Celotna masa obtakanih surovin) / (celotna masa porabljenih surovin)        | $w_{\text{sur, obt}}$                   | kg/kg = 1    |
| Raznoterost nevarnih surovin  | Število nevarnih surovin   | $N_{\text{sur, nev}}$                   | 1            |
| Poraba nevarnih surovin   | Masa porabljenih nevarnih surovin  | $m_{\text{sur, nev}}$                   | kg           |
| Poraba okoljsko problematičnih surovin  | Masa porabljenih okoljsko problematičnih surovin                             | $m_{\text{sur, prob}}$                  | kg           |
| Poraba okoljsko varnejših alternativnih surovin                                       | Masa porabljenih okoljsko varnejših alternativnih surovin                    | $m_{\text{sur, varn}}$                  | kg           |
| Stroški surovin   | Stroški surovin  | $C_{\text{sur}}$                        | EUR          |
| Masna intenzivnost surovin  | (Celotna masa porabljenih surovin) / (dodana vrednost)                       | $m_{\text{sur, cel}}/V_A$               | kg/EUR       |

## Preglednica A–2. Nadaljevanje.

| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.1 Vhodni kazalci &gt; 2.1.3 Kazalci porabe vode</b> |  |                               |                             |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------|
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>                 | <b>Enota</b>                |
| Celotna poraba vode   | Prostornina porabljene vode  | $V_{\text{voda, cel}}$        | $\text{m}^3$                |
| Specifična poraba vode  | (Prostornina porabljene vode) / (enota proizvodnje)                                  | $v_{\text{voda, spec}}$       | $\text{m}^3/\text{EP}$      |
| Poraba sveže vode   | Celotna prostornina porabljene sveže vode  | $V_{\text{voda, sv}}$         | $\text{m}^3$                |
| Prostorninski delež vrste vode  | (Prostornina porabljene določene vrste vode) / (celotna prostornina porabljene vode) | $\varphi_{\text{vrsta vode}}$ | $\text{m}^3/\text{m}^3 = 1$ |
| Delež procesne vode   | (Poraba vode v procesu) / (celotna prostornina porabljene vode)                      | $\varphi_{\text{voda, proc}}$ | $\text{m}^3/\text{m}^3 = 1$ |
| Stroški vode  | Stroški vode   | $C_{\text{voda}}$             | EUR                         |
| Stroškovni delež vode   | (Stroški vode) / (celotni stroški proizvodnje)                                       | $f_{\text{voda, spec}}$       | EUR/EUR = 1                 |
| Specifični stroški vode glede na kvaliteto vode                                   | (Stroški glede na vrsto vode) / (poraba glede na vrsto vode)                         | $C_{\text{vrsta vode}}$       | EUR/ $\text{m}^3$           |
| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.2 Izhodni kazalci &gt; 2.2.1 Kazalci proizvodov</b> |  |                               |                             |
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>                 | <b>Enota</b>                |
| Masni delež proizvodov z okoljsko oznako  | (Masa proizvodov z okoljsko oznako) / (celotna masa proizvodov)                      | $w_{\text{proiz, ozn}}$       | kg/kg = 1                   |
| Masni delež proizvodov iz ekoloških surovin                                       | (Masa proizvodov iz ekoloških surovin) / (celotna masa proizvodov)                   | $w_{\text{proiz, eko}}$       | kg/kg = 1                   |
| Masni delež proizvodov iz obtakanih materialov                                    | (Masa proizvodov iz obtakanih materialov) / (celotna masa proizvodov)                | $w_{\text{proiz, obt}}$       | kg/kg = 1                   |
| Masni delež obnovljivosti proizvodov  | (Masa proizvodov načrtovanih za obnovitev) / (celotna masa proizvodov)               | $w_{\text{proiz, obn}}$       | kg/kg = 1                   |
| Celotna masa embalaže   | Celotna masa embalaže  | $m_{\text{emb}}$              | kg                          |
| Masni delež embalaže v proizvodu  | (Masa embalaže) / (celotna masa proizvodov)  | $w_{\text{emb}}$              | kg/kg = 1                   |
| Masni delež obnovljive embalaže   | (Masa obnovljive embalaže) / (celotna masa embalaže)                                 | $w_{\text{emb, obn}}$         | kg/kg = 1                   |
| Masni delež biološko razgradljive embalaže  | (Masa biološko razgradljive embalaže) / (celotna masa embalaže)                      | $w_{\text{emb, razg}}$        | kg/kg = 1                   |
| Stroški embalaže  | Vrednost stroškov embalaže   | $C_{\text{emb}}$              | EUR                         |
| Specifični stroški embalaže   | (Stroški embalaže) / (enota proizvodnje)   | $C_{\text{emb, spec}}$        | EUR/EP                      |
| Dohodki od eko-proizvodov   | Vrednost prodaje eko-proizvodov  | $D_{\text{proiz, eko}}$       | EUR                         |
| Vrednostni delež dohodkov od eko-proizvodov                                       | (Dohodek od eko-proizvodov) / (celotni dohodek)                                      | $f_{\text{proiz, eko}}$       | EUR/EUR = 1                 |
| Trpežnost proizvodov  | Trpežnost oz. doba uporabe proizvoda   | $t_{\text{proiz, upor}}$      | d                           |



**Preglednica A–2. Nadaljevanje.**

| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.2 Izhodni kazalci &gt; 2.2.2 Kazalci trdnih odpadkov</b>  |  |                           |                    |
|---|--|---------------------------|--------------------|
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>             | <b>Enota</b>       |
| Celotna masa trdnih odpadkov  | Masa trdnih odpadkov   | $m_{s, cel}$              | kg                 |
| Specifična masa trdnih odpadkov   | (Masa posamezne vrste trdnih odpadkov) / (enota proizvodnje)             | $m_{s, spec}$             | kg/EP              |
| Masa trdnih odpadkov pred recikliranjem   | Masa trdnih odpadkov, ustvarjenih pred recikliranjem                     | $m_{s, pred obt}$         | kg                 |
| Masa trdnih odpadkov za recikliranje  | Masa recikliranih trdnih odpadkov  | $m_{s, za obt}$           | kg                 |
| Masa trdnih odpadkov za odstranitev   | Masa nerekiclranih trdnih odpadkov                                       | $m_{s, za odstr}$         | kg                 |
| Masa nevarnih trdnih odpadkov   | Masa nevarnih trdnih odpadkov izpuščenih v okolje (zrak, vodo in zemljo) | $m_{s, nev}$              | kg                 |
| Masni delež recikliranih trdnih odpadkov  | (Masa recikliranih trdnih odpadkov) / (celotna masa trdnih odpadkov)     | $w_{s, obt}$              | kg/kg = 1          |
| Masni delež nerekiclranih trdnih odpadkov   | (Masa nerekiclranih trdnih odpadkov) / (celotna masa trdnih odpadkov)    | $w_{s, neobt}$            | kg/kg = 1          |
| Masni delež nevarnih trdnih odpadkov  | (Masa nevarnih trdnih odpadkov) / (celotna masa trdnih odpadkov)         | $w_{s, nev}$              | kg/kg = 1          |
| Masni delež trdnih odpadkov za odlagališče  | (Masa trdnih odpadkov za odlagališče) / (celotna masa trdnih odpadkov)   | $w_{s, odlag}$            | kg/kg = 1          |
| Masni delež trdnih odpadkov za sežig  | (Masa trdnih odpadkov za sežig) / (celotna masa trdnih odpadkov)         | $w_{s, sežig}$            | kg/kg = 1          |
| Masni delež trdnih odpadkov za kompostiranje  | (Masa trdnih odpadkov za kompostiranje) / (celotna masa trdnih odpadkov) | $w_{s, komp}$             | kg/kg = 1          |
| Stroški trdnih odpadkov   | Vrednost stroškov trdnih odpadkov  | $C_{s, cel}$              | EUR                |
| Stroškovni delež trdnih odpadkov  | (Celotni stroški trdnih odpadkov) / (celotni stroški proizvodnje)        | $C_{s, spec}$             | EUR/EUR = 1        |
| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.2 Izhodni kazalci &gt; 2.2.2 Kazalci tekočih odpadkov</b> |  |                           |                    |
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>             | <b>Enota</b>       |
| Celotna prostornina tekočih odpadkov  | Celotna prostornina tekočih odpadkov                                     | $V_{l, cel}$              | m <sup>3</sup>     |
| Specifična prostornina tekočih odpadkov   | (Celotna prostornina tekočih odpadkov) / (enota proizvodnje)             | $V_{l, spec}$             | m <sup>3</sup> /EP |
| Prostornina tekočih odpadkov, ustvarjenih pred recikliranjem                            | Prostornina tekočih odpadkov, ustvarjenih pred recikliranjem             | $V_{l, pred obt}$         | m <sup>3</sup>     |
| Prostornina neonesnaženih tekočih odpadkov  | Prostornina neonesnaženih tekočih odpadkov                               | $V_{l, neonesn}$          | m <sup>3</sup>     |
| Prostornina onesnaženih tekočih odpadkov  | Prostornina onesnaženih tekočih odpadkov                                 | $V_{l, onesn}$            | m <sup>3</sup>     |
| Specifična masa nečistoč v tekočih odpadkih   | (Masa nečistoč v tekočih odpadkih) / (enota proizvodnje)                 | $w_{l, nečist}$           | kg/EP              |
| Masna koncentracija nečistoč v tekočih odpadkih   | (Masa nečistoč v tekočih odpadkih) / (prostornina tekočih odpadkov)      | $c_{l, nečist}$           | kg/m <sup>3</sup>  |
| Celotni stroški tekočih odpadkov  | Vrednost celotnih stroškov tekočih odpadkov                              | $C_{l, cel}$              | EUR                |
| Stroškovni delež tekočih odpadkov   | (Celotni stroški tekočih odpadkov) / (celotni stroški proizvodnje)       | $f(C_{l, cel}/C_{proiz})$ | EUR/EUR = 1        |

**Preglednica A–2. Nadaljevanje.**

| <b>2. Okoljski kazalci &gt; 2.2 Izhodni kazalci &gt; 2.2.2 Kazalci plinastih emisij</b> |   |  |              |
|---|---|--|--------------|
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>   | <b>Simbol</b>                                      | <b>Enota</b> |
| Klimatska sprememba   | (Masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (enota proizvodnje)       | $I_{KS}$   | kg/EP        |
| Kisle padavine  | (Masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (enota proizvodnje)       | $I_{KIS}$  | kg/EP        |
| Razraščanje biomase   | (Masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (enota proizvodnje)       | $I_{RB}$   | kg/EP        |
| Fotokemična tvorba oksidantov   | (Masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (enota proizvodnje)       | $I_{FTO}$  | kg/EP        |
| Zastrupljanje ljudi   | (Masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (enota proizvodnje)       | $I_{\check{C}Z}$                                   | kg/EP        |
| Vrednostna intenzivnost škodljivih plinov (pomožni kazalec)                             | (Celotna masa ekvivalentov okoljskega vpliva) / (dodana vrednost) | $m_{OV}/V_A$                                       | kg/EUR       |
| Stroški čiščenja dimnih plinov  | Vrednost stroškov čiščenja dimnih plinov                          | $C_{g, \check{c}i\check{s}\check{c}}$              | EUR          |
| Stroškovni delež čiščenja dimnih plinov   | (Stroški čiščenja) / (celotni proizvodni stroški)                 | $f(C_{g, \check{c}i\check{s}\check{c}}/C_{proiz})$ | EUR/EUR = 1  |

### **Preglednica A–3. Primeri družbenih trajnostnega razvoja podjetij v kemijski in procesnih industrijah**

| <b>3. Družbeni kazalci &gt; 3.1 Zaposlovanje</b>                       |   |                      |              |
|--|---|----------------------|--------------|
| <b>Kazalec</b>   | <b>Definicija</b>   | <b>Simbol</b>        | <b>Enota</b> |
| Specifično število zaposlenih  | (Število zaposlenih) / (enota proizvodnje)  | $N_{zap, spec}$      | 1/EP         |
| Specifično število zaposlenih žensk                                    | (Število zaposlenih žensk) / (enota proizvodnje)  | $N_{zap, \check{z}}$ | 1/EP         |
| Specifično število zaposlenih moških                                   | (Število zaposlenih moških) / (enota proizvodnje)   | $N_{zap, m}$         | 1/EP         |
| Povprečna starost zaposlenih   | (Starost vseh zaposlenih) / (število vseh zaposlenih)   | $t_{starost}$        | a            |
| Trajanje zaposlitve zaposlenega  | Povprečna doba službovanja zaposlenega  | $t_{slu\check{z}b}$  | a            |
| Številski delež delovno zadovoljnih (temelji na anonimnem vprašalniku) | (Število zaposlenih, ki so zadovoljni s svojim delom) / (število vseh zaposlenih)                                 | $X_{zap, zad}$       | 1/1 = 1      |
| Številnost predlaganih izboljšav zaposlenega                           | Število predlaganih izboljšav v kvaliteti in socialnem, okoljskem, zdravstvenem ter varnostnem vidiku zaposlenega | $N_{izb}$            | 1            |

### Preglednica A–3. Nadaljevanje.

| <b>3. Družbeni kazalci &gt; 3.2 Zdravje in varnost</b>        |  |                   |              |
|---|--|-------------------|--------------|
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>     | <b>Enota</b> |
| Številski delež delovnih nezgod                               | (Število delovnih nezgod) / (število zaposlenih)                               | $X_{nez}$         | 1/1 = 1      |
| Številski delež resnih delovnih nezgod                        | (Število resnih delovnih nezgod) / (število zaposlenih)                        | $X_{nez, resn}$   | 1/1 = 1      |
| Številski delež nezgod med tipičnimi proizvodnimi aktivnostmi | (Število nezgod med tipičnimi proizvodnimi aktivnostmi) / (število zaposlenih) | $X_{nez, akt}$    | 1/1 = 1      |
| Številski delež nezgod zaradi spodrslijajev                   | (Število nezgod zaradi spodrslijajev) / (število zaposlenih)                   | $X_{nez, spodrs}$ | 1/1 = 1      |
| Čas bolniškega staleža zaposlenega                            | (Izostali delovni dnevi zaradi poškodb in bolezni) / (število zaposlenih)      | $t_{boln}$        | d            |
| Stopnja hrupa   | Delovna mesta s stopnjo hrupa nad 85 dB  | $L_{hrup}$        | dB           |
| <b>3. Družbeni kazalci &gt; 3.3 Urjenje in izobraževanje</b>  |  |                   |              |
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>     | <b>Enota</b> |
| Čas izobraževanja zaposlenega                                 | Povprečni čas izobraževanja zaposlenega na zaposlenega                         | $t_{zap, izobr}$  | h/1          |
| Številski delež udeležb na seminarjih in urjenjih             | (Število udeležb na seminarjih in urjenjih) / (število zaposlenih)             | $X_{zap, sem}$    | 1/1 = 1      |
| <b>3. Družbeni kazalci &gt; 3.4 Lokalna skupnost</b>          |  |                   |              |
| <b>Kazalec</b>  | <b>Definicija</b>  | <b>Simbol</b>     | <b>Enota</b> |
| Številski delež dobrodelnih prispevkov                        | (Dobrodelni in drugi prispevki skupnosti) / (dohodek)                          | $X_{prisp.}$      | EUR/EUR = 1  |
| Število sodelovanj s skupnostjo                               | Število sodelovanj in projektov podjetja s skupnostjo                          | $N_{sodel.}$      | 1            |
| Število aktivnosti zunaj lokalne skupnosti                    | Število aktivnosti zunaj lokalne skupnosti                                     | $N_{aktivn.}$     | 1            |
| Masni delež lokalne potrošnje                                 | Masni delež lokalno potrošenih proizvodov                                      | $w_{lok. potr.}$  | 1            |
| Indeks populacijske rasti skupnosti                           | Populacijska rast v lokalni skupnosti  | $I_{rast pop.}$   | 1            |
| Število pritožb sosedov                                       | Število pritožb sosedov (smrad, prah, hrup ipd.)                               | $N_{prit}$        | 1            |
| Število vpeljanih meritev za izboljšave delovanja v skupnosti | Število vpeljanih meritev  | $N_{merit}$       | 1            |

### 11.4.2 Dimenzije in kvaliteta kazalcev trajnostnega razvoja

Dimenzije kazalca pomagajo razlikovati kazalec od primarnih podatkov, parametrov, ciljev, nalog, rezultatov itd. Na primer, »varnost« ni kazalec, ampak je rezultat. Možen kazalec varnosti bi bilo število nezgod, stopnja izgubljenih delovnih dni, številski delež delavcev, ki se izobražujejo o varnosti. Drugi primer je, na primer, »poraba obnovljive energije«. To zopet ni kazalec, temveč je naloga. Za postavitve kazalca je potrebno dodati enoto merjenja, obdobje merjenja in meje. Eden izmed možnih kazalcev, ki bi opisovali porabo obnovljive energije je »delež energije iz obnovljivih virov, merjen v obdobju enega leta«. Štiri ključne dimenzije kazalca so (Veleva in Ellenbecker, 2001):

- **enota meritve:** to je enota, ki jo uporabljamo pri izračunu kazalca (npr. številnost, kilogrami, tone, evri, tolarji, ure ipd.),
- **vrsta meritve – absolutna ali prilagojena:** kazalec lahko meri celotno količino (npr. celotno porabo energije v enem letu) ali pa prilagojeno količino (npr. porabljeno energijo na enoto proizvodnje ali storitve v enem letu),
- **obdobje merjenja:** obdobje zasledovanja in izračunavanja kazalca (npr. finančno leto, koledarsko leto, polletje, četrletje, mesec ipd.) in
- **meje:** določajo, v kakšnem obsegu želi organizacija meriti kazalec (npr. proizvodna linija, podjetje, dobavitelji, distributerji, celoten življenjski cikel proizvoda ipd.).

### 11.5 Merjenje kazalcev trajnostnega razvoja

Merjenje in spremljanje delovanja podjetja je eden izmed načinov zagotavljanja doseganja trajnostnih ciljev in nalog. Pomembno je, da kazalcev ne uporabljamo le kratek čas, temveč jih vključimo kot celosten del sistema poslovnega odločanja. Meritve skozi leta podajo dobro podobo smeri razvoja podjetja – proti ali stran od trajnosti.

Da bi olajšali zbiranje podatkov in zmanjšali delo, je priporočljivo razviti centraliziran sistem zbiranja podatkov s poenotenim formatom podatkovne baze, ki je kompatibilna z obstoječimi podatkovnimi bazami podjetja.

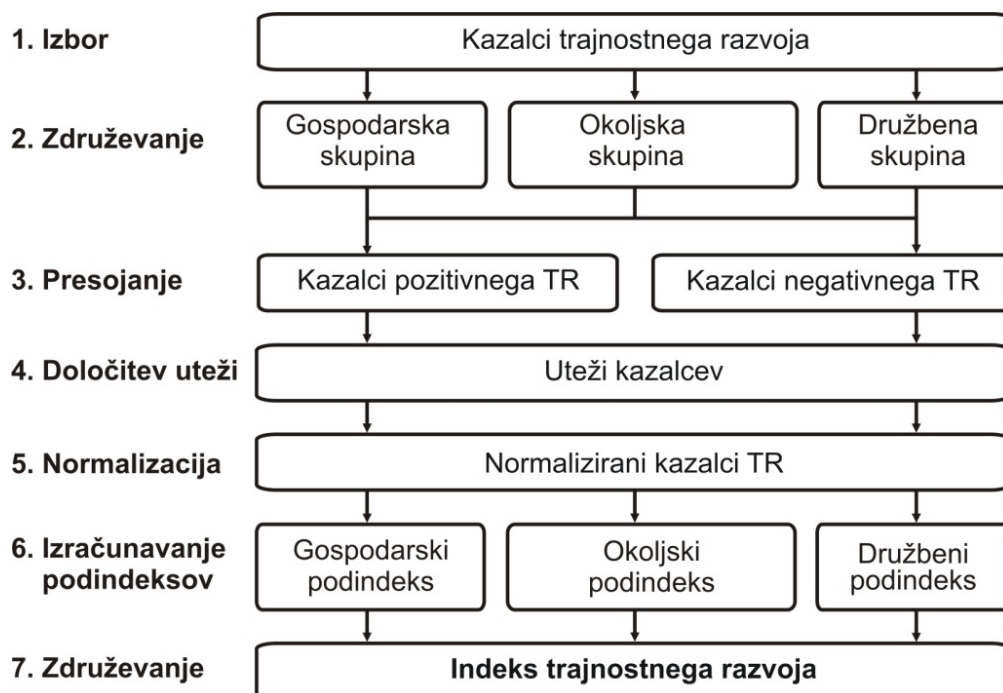
Ta stopnja vključuje zbiranje podatkov, ocenjevanje in preračunavanje kazalcev. To je ponavadi najbolj dolgotrajna stopnja, ki zahteva vključitev vsega osebja v organizaciji, še posebej iz posloводства. Če želimo postaviti uspešen in trajen sistem kazalcev trajnostnega razvoja, moramo opraviti naslednje (GEMI, 1994):

- izbor informacijskega sistema za pridobivanje podatkov,
- izbor računalniške programske opreme za prikaz podatkov,
- postopek zbiranja določenih podatkov,
- poučevanje osebja o zbiranju podatkov,
- preverjanje verodostojnosti podatkov in
- določevanje namembnosti sistema kazalcev.

### **11.6 Združena informacij o trajnostnem razvoju – Združevanje kazalcev v sestavljeni indeks trajnostnega razvoja**

V tej stopnji merjenja trajnostnega razvoja podjetij smo v doktorski disertaciji predlagali matematični model za določitev indeksa trajnostnega razvoja, ki omogoča združitev velikega števila informacij v združeno meritev. Hkrati indeks omogoča dinamične primerjave podjetij iz specifičnega sektorja glede trajnosti. V nadaljevanju prikazujemo postopek izračuna indeksa.

Postopek izračuna indeksa trajnostnega razvoja ( $I_{TR}$ ) je razdeljen v več faz, kot prikazuje slika 11–3: izbor, združevanje v skupine, presojanje vplivov, določevanje uteži, normalizacija kazalcev, izračun podindeksov in njihovo združevanje v  $I_{TR}$ . Posamezne faze so predstavljene v nadaljevanju.



Slika 11–3 . Shema izračunavanja sestavljenega indeksa trajnostnega razvoja.

### 11.6.1 Izbor kazalcev

Model v prvem koraku zahteva **izbor ustreznih kazalcev**, ki pokrivajo glavne dimenzije trajnosti podjetja. Azapagic (2003) svetuje, da naj bodo kazalci kvantitativni, če je le mogoče. Seveda bodo za nekatere vidike trajnosti kvalitativni kazalci primernejši (npr. za socialni vidik). Pri izboru kazalcev je potrebno razumevanje, kateri elementi trajnostnega razvoja naj bodo vključeni. Vsak izmed izbranih kazalcev naj bo merjen periodično in opremljen s simbolom in mersko enoto. Zaželeno je, da so termini, uporabljeni v imenih, in simboli kazalcev v skladu s standardom ISO 31 (1993).

### 11.6.2 Združevanje izbranih kazalcev

Združevanje kazalcev je tesno povezano z izborom kazalcev. Izbrani kazalci so združeni v gospodarsko ( $j = 1$ ), okoljsko ( $j = 2$ ) in družbeno ( $j = 3$ ) skupino kazalcev. Te skupine so bile izbrane, ker sledijo najpogosteje uporabljani definiciji trajnosti (GRI, 2002b).

**Gospodarska skupina** kazalcev naj bi obravnavala vse vidike ekonomskega delovanja, vključno s tradicionalnimi meritvami finančnega računovodstva in upravljanja. **Okoljska skupina** kazalcev naj bi pokrivala vplive podjetja na žive in nežive naravne sisteme, vključno z ekosistemi, zemljo, zrakom in vodo. **Družbena skupina** kazalcev naj prikazuje odnos podjetja do lastnih zaposlenih, dobaviteljev, pogodbenih sodelavcev in potrošnikov kot tudi vpliv na širšo skupnost.

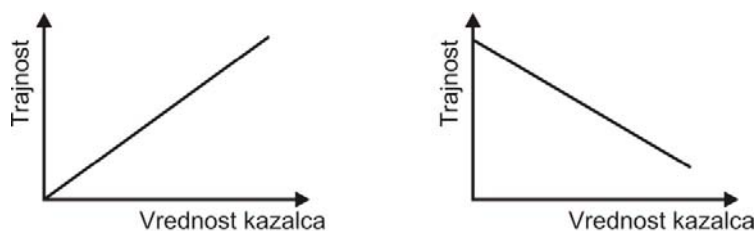
### 11.6.3 Presojanje vpliva kazalcev

V vsaki skupini  $j$  so kazalci opredeljeni glede na njihov **vpliv** na trajnostni razvoj podjetja. Razvrščeni so na kazalce, katerih naraščajoča vrednost ima pozitiven vpliv ( $I_A^+$ ) oz. na kazalce, katerih naraščajoča vrednost ima negativen vpliv ( $I_A^-$ ) na trajnostni razvoj podjetja. Pri tem lahko upoštevamo, da je pozitiven oziroma negativen vpliv poljubnega kazalca linearen, kot prikazuje slika 11–4.

### 11.6.4 Določevanje uteži kazalcev

Predlagani model določi uteži kazalcev z uporabo *analitičnega hierarhičnega procesa*, AHP, ki je uporaben model za večkriterijsko odločanje. V poglavju 4 je podrobneje opisan računski postopek AHP, zato ga bomo v nadaljevanju le na kratko predstavili.

Predvidevamo, da želimo določiti utež kazalca  $i$  med  $N$  kazalci v skupini  $j$ . V prvem koraku zastavimo hierarhičen problem, v katerem  $N$  kazalcev razvrstimo tako, da je mogoče vsak kazalec primerjati z vsakim. Nato izvedemo medsebojno primerjavo kazalcev (za vsak par). Primerjava je izvedena z ugotavljanjem, kateri izmed kazalcev  $i$  in  $j$  je pomembnejši glede trajnostnega razvoja podjetja. Intenziteta pomembnosti enega kazalca nad drugim je izražena s skalo od 1 do 9. Vrednost 1 ponazarja enakost dveh kazalcev, medtem ko vrednost 9 ponazarja, da je kazalec  $i$  skrajno pomembnejši od kazalca  $j$ , s katerim ga primerjamo. Posledica medsebojne primerjave kazalcev po parih je normalizirani vektor  $w$ , ki vsebuje uteži kazalcev ( $w_{ji}$ ).



(a) Pozitivni vpliv kazalca

(b) Negativni vpliv kazalca

Slika 11–4. Pozitivni ali negativni vpliv kazalca na trajnostni razvoj podjetja.

### 11.6.5 Normaliziranje kazalcev

Glavno težavo združevanja kazalcev v  $I_{TR}$  predstavlja dejstvo, da so le-ti največkrat izraženi z različnimi enotami. Normalizacija omogoča medsebojno združevanje kazalcev, ki imajo različne enote merjenja (fizikalne, ekonomske itd.). V našem modelu je predlagana normalizacija z uporabo enačb 11.1 in 11.2.

$$I_{N,ijt}^+ = \frac{I_{A,ijt}^+ - I_{\min, jt}^+}{I_{\max, jt}^+ - I_{\min, jt}^+} \quad (11.1)$$

$$I_{N,ijt}^- = 1 - \frac{I_{A,ijt}^- - I_{\min, jt}^-}{I_{\max, jt}^- - I_{\min, jt}^-} \quad (11.2)$$

kjer je  $I_{N,ijt}^+$  normalizirani kazalec  $i$  (vrste “več je boljše”, slika 11–4a) za skupino kazalcev  $j$  v času (letu)  $t$ ;  $I_{N,ijt}^-$  je normalizirani kazalec  $i$  (vrste “manj je boljše”, slika 11–4b) za skupino kazalcev  $j$  v istem času (letu)  $t$ .

### 11.6.6 Izračun podindeksov

Izračunavanje  $I_{TR}$  poteka postopoma. Različne kazalce iz skupine  $j$  **združimo v podindekse trajnostnega razvoja** ( $I_{TR,j}$ ) z enačbo 11.3.

$$I_{TR, jt} = \sum_{jit}^n w_{ji} \cdot I_{N, jit}^+ + \sum_{jit}^n w_{ji} \cdot I_{N, jit}^- \quad j = \text{gosp, okol, druž}$$



$$\sum_{ji}^n w_{ji} = 1, w_{ji} \geq 0 \quad (11.3)$$

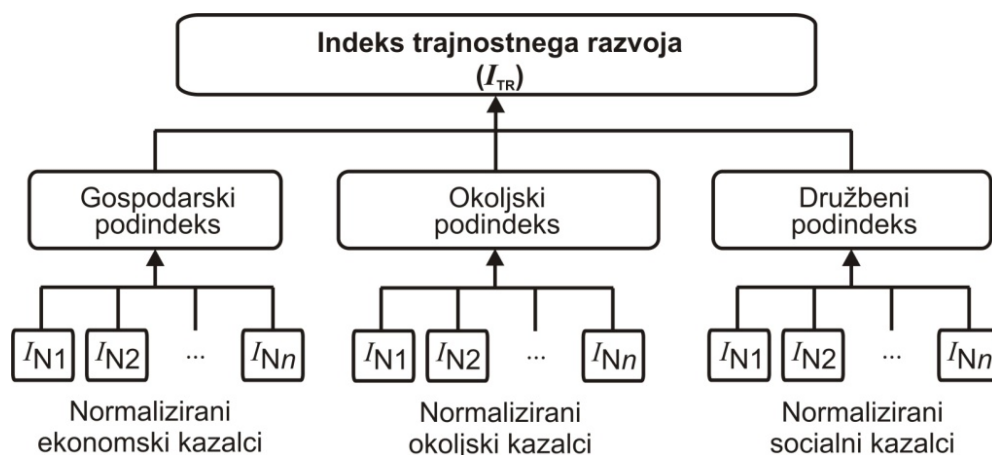
kjer je  $I_{TR,jt}$  podindeks trajnostnega razvoja za skupino kazalcev  $j$  v merjenem času (letu)  $t$ ;  $w_{ji}$  predstavlja utež kazalca  $i$  iz skupine kazalcev  $j$  ter izraža njegovo pomembnost pri določitvi stanja trajnostnega razvoja podjetja.

### 11.6.7 Združevanje podindeksov v indeks trajnostnega razvoja

Na koncu so trajnostni podindeksi združeni v sestavljeni **indeks trajnostnega razvoja**  $I_{TR}$  (enačba 11.4).

$$I_{TR,t} = \sum_{jt}^n w_j \cdot I_{TR,jt} \quad (11.4)$$

kjer je  $w_j$  faktor, ki predstavlja utež skupine kazalcev  $j$  pri ocenitvi trajnostnega razvoja podjetja. Osnovna shema takšnega združevanja je prikazana na slika 11–5.



Slika 11–5. Hierarhična shema izračunavanja sestavljenega indeksa trajnostnega razvoja podjetja.

### 11.7 Enostavni model za primerjalno ocenjevanje podjetij iz kemijske in procesnih industrij glede na najboljše razpoložljive tehnike

Najboljše razpoložljive tehnike (BAT) so pomemben element smernice IPPC (poglavje 6.2). Informacije o BAT za posamezne industrijske dejavnosti in primerjalnih vrednostih so dostopne v

referenčnih dokumentih o BAT (BREF). Podjetjem kemijske in procesnih industrij je priporočeno, da vzpostavijo kontrolni mehanizem okoljskega delovanja, ki bi primerjal rezultate tehnoloških izboljšav z dosežki, definiranimi v dokumentu BREF o njihovi proizvodnji. S tem bi prikazala skladnost z glavnimi zahtevami smernice IPPC in dosegla primerjalne vrednosti BAT.

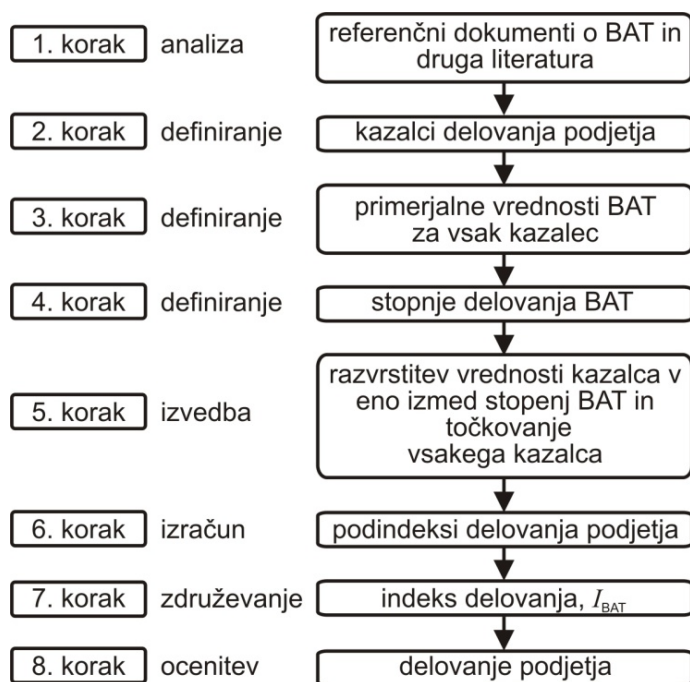
Zato v tej stopnji predlagane metodologije za merjeno doseganje trajnostnega razvoja vključujemo primerjalno ocenjevanje podjetij. V ta namen smo v doktorski disertaciji razvili enostavni in mehko-logični model za primerjalno ocenjevanje delovanja podjetij in obratov glede na BAT po smernici IPPC. Modela sta zlasti namenjena podjetjem in obratom, ki jih vključuje smernica IPPC, vendar sta uporabna tudi za druga podjetja, ki bi želela primerjati svoje delovanje z najboljšimi podjetji v sektorju glede na izbrane primerjalne vrednosti. Najprej bomo opisali enostavni model, ki je zgrajen iz osmih korakov, kot prikazuje slika 11–6.

### **11.7.1 Analiza dokumentov o najboljših razpoložljivih tehnikah in drugih dokumentov**

Kadar so proizvodni postopki, ki se izvajajo v podjetju, vključeni v katerikoli referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah (BREF), je potrebno le-te v prvem koraku modela pregledati. Na podlagi analize BREF-ov in drugih bibliografskih virov je mogoče nato določiti primerne kazalce in njihove primerjalne vrednosti za ocenitev.

### **11.7.2 Definiranje kazalcev in primerjalnih vrednosti najboljših razpoložljivih tehnik**

Problem ocenitve delovanja podjetja je omejeno število kazalcev, ki so primerni za ocenitev in za katere so na voljo ustrezni podatki. Na osnovi analize dokumentov BREF, je v drugem koraku predlaganega modela definiran niz kazalcev (okoljskega) delovanja. V tretjem koraku modela so postavljene primerjalne vrednosti, ki jih je mogoče doseči z BAT. Te vrednosti so določene za vsak kazalec v izbranem nizu.



**Slika 11–6. Shematska predstavitev predlaganega modela za primerjalno ocenjevanje podjetij glede na najboljše razpoložljive tehnike.**

### 11.7.3 Definiranje stopenj delovanja z najboljšimi razpoložljivimi tehnikami

Postopek ocenjevanja zahteva jasno določene kazalce, da lahko primerjamo in ocenimo delovanje enega podjetja glede na druga podjetja, ki uporabljajo BAT. V četrtem koraku modela uporabimo primerjalne vrednosti BAT za definiranje stopenj delovanja BAT z ozirom na učinkovitost tovarne glede trajnostnega razvoja. Model uporablja pet stopenj BAT kot je predlagal Prescott-Allen (1997) v barometru za trajnost (*angl.*, Barometer for Sustainability).

Intervali za posamezne stopnje delovanja so razdeljeni tako, da so kazalci, katerih vrednosti so nižje ali enake dosežkom BAT, razvrščeni v stopnjo odličnega okoljskega delovanja. Preostale stopnje delovanja so razvrščene v enakomerne intervale, ki izražajo nezadostno delovanje (vrednost kazalca je več kot 120 % višja od primerjalne vrednosti BAT, tj. 220 % vrednosti primerjalne vrednosti BAT), zadostno delovanje (vrednost kazalca je med 180 % in 220 % primerjalne vrednosti BAT), dobro delovanje (vrednost kazalca je med 140 % in 180 % primerjalne vrednosti BAT) in prav dobro delovanje (vrednost kazalca je med 100 % in 140 % primerjalne vrednosti BAT).

primerjalne vrednosti BAT). Seveda je mogoča tudi drugačna razdelitev intervalov (npr. glede na povprečne vrednosti, dobljene z analizo delovanja več podjetij v sektorju).

#### 11.7.4 Razvrstitev vrednosti kazalcev v stopnje delovanja BAT in točkovanje vsake razvrstitve kazalca

V petem koraku modela je vsak kazalec razvrščen v eno izmed petih stopenj delovanja BAT glede na njegovo vrednost. Točke od 1 do 5 so dodeljene vsakemu kazalcu glede na njegovo razvrstitev v stopnjo delovanja BAT. Neizpolnjenemu delovanju je pripisano najmanjše možno število točk (1), medtem ko je odličnemu delovanju pripisano najvišje možno število točk (5).

#### 11.7.5 Izračun podindeksov delovanja

V šestem koraku predlaganega modela zmanjšamo število kazalcev z njihovim združevanjem v podindekse delovanja, ki so nadalje združeni v indeks delovanja podjetja glede na BAT ( $I_{BAT}$ ).

Podindekse izračunamo, kot kaže enačba 11.5. Zaradi lažjega razumevanja dobljene vrednosti podindeksa enačba vključuje normaliziranje podindeksa  $j$  glede na lestvico (interval) od 0 do 100, kjer maksimalna vrednost podindeksa predstavlja odlično delovanje tovarne.

$$I_{s,jt} = \frac{\left( \sum_{ijt}^n N_{\text{točk}}(I_{ijt}) \right) - N_j}{N_j \cdot (N_{\text{točk, max}} - 1)} \cdot 100, \quad (11.5)$$

kjer je  $I_{s,jt}$  podindeks delovanja za skupino kazalcev  $j$  v času (letu)  $t$ .  $N_{\text{točk}}(I_{ijt})$  je število točk, dodeljenih  $i$ -temu kazalcu za izračun podindeksa  $j$ .  $N_{\text{točk, max}}$  je maksimalno število točk, ki je lahko dodeljeno kazalcu (v našem modelu je  $N_{\text{točk, max}} = 5$ ) in  $N_j$  predstavlja število vseh osnovnih kazalcev, vključenih v izračun podindeksa delovanja podjetja.

#### 11.7.6 Združevanje podindeksov delovanja v indeks BAT

V sedmi stopnji modela združimo podindekse delovanja v indeks delovanja podjetja glede na BAT z izračunom povprečne vrednosti vseh podindeksov (enačba 11.6). Izračunani indeks je torej prav tako izražen z lestvico od 0 do 100.

$$I_{\text{NRP}} = \frac{\sum^j I_{s,jt}}{N_s}, \quad (11.6)$$

kjer  $N_s$  predstavlja število vseh podindeksov delovanja, vključenih v izračun  $I_{\text{BAT}}$ . V končnem izračunu  $I_{\text{BAT}}$  bi lahko uporabili pristop z ocenjenimi utežmi podindeksov, ki bi izražale njihovo pomembnost pri primerjalnem ocenjevanju. V predlaganem modelu smo se temu izognili in upoštevali enako pomembnost podindeksov, zato presojanje njihove pomembnosti ni bilo izvedeno.

### 11.8 Mehko-logični model za primerjalno ocenjevanje podjetij iz kemijske in procesnih industrij glede na najboljše razpoložljive tehnike

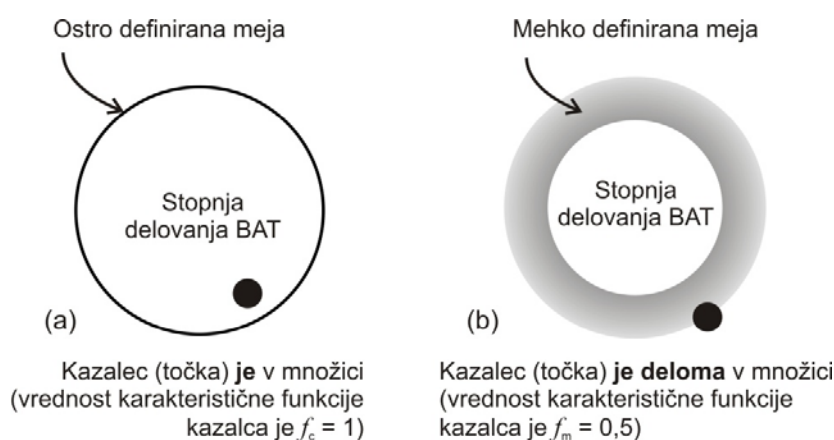
V doktorski disertaciji predlagamo tudi nekoliko zahtevnejši, a uporabnejši mehko-logični model za primerjalno ocenjevanje delovanja podjetij in obratov glede na BAT. Namen predlaganega modela je opisati vsak kazalec delovanja podjetja z ocenjevalno lestvico delovanja (npr. slabo, dobro, odlično itd.) BAT glede na vrednost kazalca. Klasična teorija množic uporablja množice z ostrimi mejami in kazalec je bodisi element neke množice, bodisi ne, odvisno od njegove vrednosti (slika 11–7a). Vrednost kazalca ( $I_i$ ) »pripada« stopnji delovanja BAT ( $L_k$ ) v skladu s karakteristično funkcijo  $f_c$ :

$$f_c(I_i) = \begin{cases} 1 & I_i \in L_k \\ 0 & I_i \notin L_k \end{cases} \quad i = 1, \dots, N, k = \text{nezadostno, zadostno, dobro, ...} \quad (11.7)$$

Pri prejšnjem, enostavnem modelu za primerjalno ocenjevanje delovanja podjetij in obratov glede na BAT opazamo, da majhna sprememba v vrednosti kazalca povzroči preskok v sosednjo nižjo ali višjo stopnjo delovanja, kadar je vrednost kazalca zelo blizu meji določene stopnje delovanja BAT. Na primer, predpostavimo, da so elementi stopnje delovanja BAT 'zadostno' (ZD) vrednosti kazalca porabe energije, ki so med 2 000 MJ/t in 2 999 MJ/t. Zelo majhno zmanjšanje vrednosti kazalca iz 2 000 MJ/t na 1 999 MJ/t, če je interval stopnje delovanja BAT 'dobro' (DB) definiran od 1 000 MJ/t do 1 999 MJ/t, povzroči preskok kazalca iz stopnje BAT ZD v stopnjo DB, ki nakazuje boljše procesno delovanje. Nasprotno pa veliko večje

znižanje porabe energije, npr. iz 2 999 MJ/t na 2 000 MJ/t, nima vpliva na analizo, saj zmanjšanje ni dovolj veliko, da bi povzročilo preskok kazalca v sosednjo stopnjo delovanja.

Izbira višjega števila stopenj delovanja podjetja bi morda delno rešilo ta problem, toda s tem bi se povečala kompleksnost ocenjevalnega sistema (Gentile in sodelavci, 2003). Da bi premostili to slabost ostrih mej med stopnjami delovanja BAT pri uporabi predlaganega enostavnega modela za primerjanje podjetij, lahko uporabimo teorijo mehke logike (poglavje 5), ki omogoča mehko prehajanje vrednosti kazalca iz ene v drugo stopnjo delovanja BAT (slika 11–7b).



**Slika 11–7. Glavna razlika med (a) klasično teorijo in (b) teorijo mehkih množic glede na pripadnost kazalca stopnji delovanja BAT.**

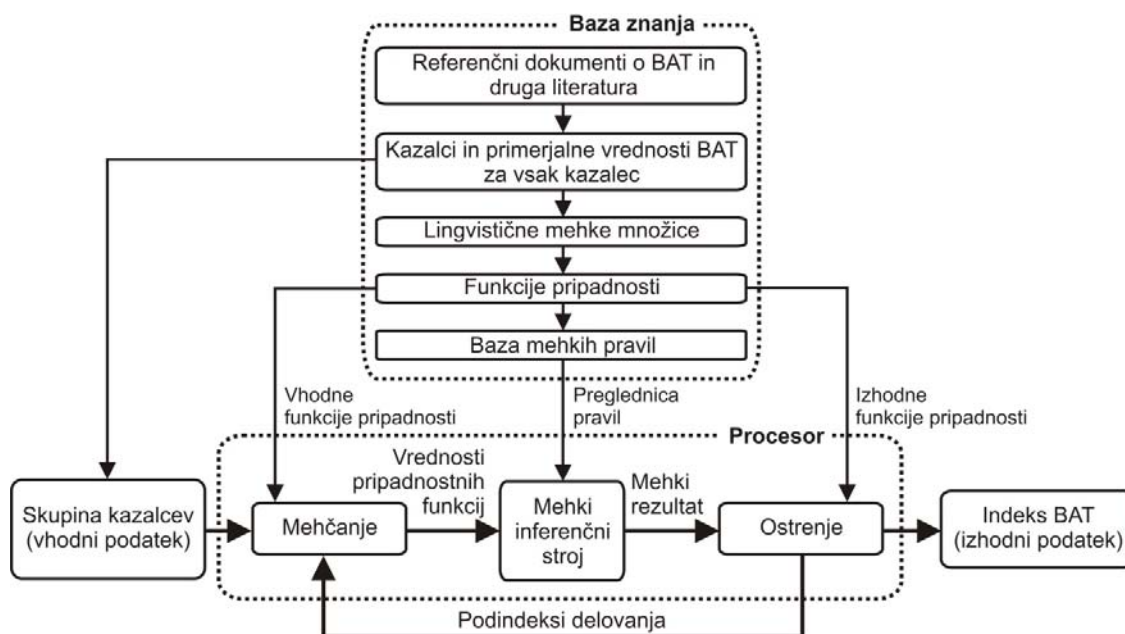
Mehke množice smo zasnovali na preprosti ideji uvedbe stopnje pripadnosti kazalca k množici (tj. stopnji delovanja BAT). Osnovni koncept mehkih množic, ki je pomemben pri primerjalnem ocenjevanju delovanja podjetij, predstavlja funkcija pripadnosti. Predpostavka mehke logike je ta, da pripadnost elementa v množici ni dihotomna (tj. znotraj ali zunaj). S tem je karakteristična funkcija  $f_c$  z vrednostmi 0–1 v enačbi 8.7 razširjena na realna števila med 0 in 1. Tako je lahko kazalec del stopnje delovanja do določene mere.

Mehko-logični model (MLM), ki ga predlagamo v doktorski disertaciji, temelji na konceptu teorije mehkih množic (Zadeh, 1965), ki onemogoča ostre meje med njimi. Model sestoji iz dveh glavnih delov, baze znanja in mehko-inferenčnega procesorja, kot je prikazano na sliki 11–8. Pomembne komponente tega modela bomo predstavili v nadaljevanju.

### 11.8.1 Baza znanja

Stopnja pridobivanja znanja se smatra kot najpomembnejša stopnja pri razvoju mehko-logičnega modela. Baza znanja vključuje izsledke bibliografske analize obstoječih referenčnih dokumentov o BAT (BREF) za specifično proizvodnjo in drugih dokumentov. Na podlagi te analize je mogoče nato določiti primerne kazalce in njihove primerjalne vrednosti za ocenitev.

Poleg analize literature so v tej stopnji določene tudi lingvistične mehke množice, ki kar najbolje predstavljajo stopnjo delovanja BAT podjetja. Te mehke množice so konstruirane s funkcijami pripadnosti vsakega kazalca. Poleg tega pa je glavni namen te stopnje določitev baze mehkih pravil, ki je potrebna za mehki inferenčni stroj.



Slika 11–8. Shematični prikaz mehko-logičnega modela (MLM).

### 11.8.2 Lingvistične mehke množice

Ena glavnih karakteristik teorije mehkih množic je zmožnost operiranja z lingvističnimi mehki množicami. Lingvistična mehka množica lahko izrazi delovanje, definirano s kazalcem, z uporabo besednih izrazov, kot so zadostno, dobro, odlično itd., odvisno od vrednosti kazalca. Te

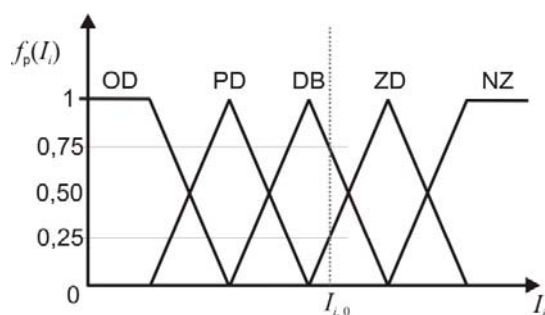
besedne zveze izražajo stopnjo delovanja BAT podjetja,  $L_k$ . V predstavljenem modelu MLM je vsaka vrednost kazalca  $I_i$  in podindeksa  $I_s$ , kakor tudi končnega indeksa  $I_{\text{BAT}}$ , kategorizirana v eno izmed 5 stopenj delovanja BAT, kot je predlagal Prescott-Allen (1997) v barometru trajnosti (*angl.*, Barometer of Sustainability):

$S(I_i) = S(I_s) = S(I_{\text{BAT}}) = \{L_k, k = \text{nezadostno (NZ), zadostno (ZD), dobro (DB), prav dobro (PD), odlično (OD)}\}$ .

To število stopenj delovanja je dovolj učinkovito, da z njim zadovoljivo opišemo delovanje podjetja.

### 11.8.3 Mehčanje

Vsaka stopnja delovanja BAT ( $L_k$ ) je določena s funkcijo pripadnosti  $f_p$ , ki je omejena z vrednostmi med 0 in 1. V našem modelu MLM je funkcija pripadnosti vsake stopnje delovanja BAT določena kot trikotna ali trapezna, predvsem zaradi njunih preprostih oblik in visoke učinkovitosti preračunavanja (Hiyama in sodelavci, 1996). Slika 11–9 predstavlja kazalec  $I_i$ , ki ga opisuje 5 stopenj delovanja BAT (NZ, ZD, DB, PD, OD). Stopnji delovanja NZ in OD sta določeni z trapezno funkcijo pripadnosti, medtem ko so ostale stopnje določene s trikotno funkcijo pripadnosti. Iz slike je razvidno, da lahko kazalec pripada več kot le eni sami stopnji delovanja BAT (npr. kazalec z vrednostjo  $I_{i,0}$  pripada dvema stopnjama delovanja BAT – DB in ZD).



Slika 11–9. Definiranje mehkih množic za kazalec  $I_i$ .



Mehčanje določa delež pripadnosti nekega kazalca k določeni stopnji delovanja BAT na osnovi funkcij pripadnosti:  $f_p: I_i \rightarrow [0, 1]$  kjer je  $I_i \in L_k$ . Vzemimo primer funkcije pripadnosti izbranega kazalca  $I_{i,0}$  na sliki 11–9. Njena vrednost je enaka 0,25 za stopnjo delovanja ZD in 0,75 za stopnjo delovanja DB. Iz slike lahko vidimo, da vrednost funkcije pripadnosti ene stopnje pada, ko se vrednost kazalca približuje meji med dvema stopnjama delovanja BAT, medtem ko vrednost funkcije pripadnosti sosednje stopnje delovanja BAT narašča. To prekrivanje funkcij pripadnosti omogoča mehko prehajanje vrednosti kazalca med posameznimi funkcijami pripadnosti (Sii in sodelavci, 2001).

Za konstruiranje trapezne pripadnostne funkcije za določeno stopnjo delovanja BAT je potrebno določiti ciljni vrednosti ( $I_{t,ik}$  in  $I_{T,ik}$ ), minimalno vrednost ( $I_{\min,ik}$ ) in maksimalno vrednost ( $I_{\max,ik}$ ) kazalca v tej stopnji delovanja. Ciljna vrednost je lahko katerakoli vrednost v intervalu  $[I_{t,ik}, I_{T,ik}]$ , ki predstavlja interval možnih vrednosti kazalca; vrednosti docela pripadajo določeni stopnji delovanja BAT. Trapezna funkcija pripadnosti (slika 11–10a) je definirana z enačbo 11.8:

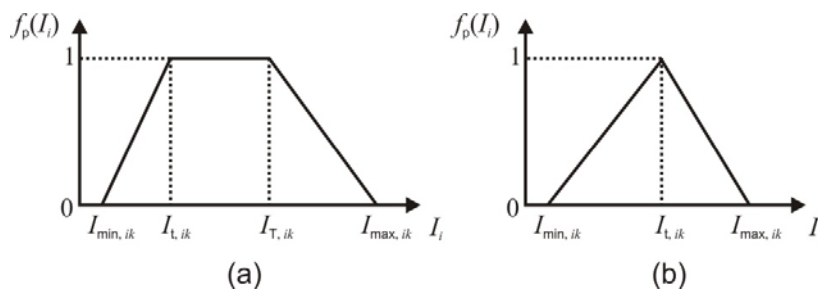
$$f_p(I_{ik}) = \begin{cases} 0 & I_i < I_{\min,ik} \text{ in } I_i > I_{\max,ik} \\ \frac{I_i - I_{\min,ik}}{I_{t,ik} - I_{\min,ik}} & I_{\min,ik} \leq I_i \leq I_{t,ik} \\ 1 & I_{t,ik} \leq I_i \leq I_{T,ik} \\ \frac{I_{\max,ik} - I_i}{I_{\max,ik} - I_{T,ik}} & I_{T,ik} \leq I_i \leq I_{\max,ik} \end{cases} \quad (11.8)$$

$i = 1, \dots, N; k = \text{NZ, ZD, DB, PD, OD}$

Trikotna pripadnostna funkcija (slika 11–10b) je posebna oblika trapezne pripadnostne funkcije. Definirajo jo le trije parametri  $I_{\min,ik}$ ,  $I_{t,ik}$ ,  $I_{\max,ik}$ , od katerih je ciljna vrednost ena sama vrednost za razliko od intervala vrednosti pri trapezni funkciji. Trikotna pripadnostna funkcija je definirana z enačbo 11.9.

$$f_p(I_{ik}) = \begin{cases} 0 & I_i < I_{\min, ik} \text{ in } I_i > I_{\max, ik} \\ \frac{I_i - I_{\min, ik}}{I_{t, ik} - I_{\min, ik}} & I_{\min, ik} \leq I_i \leq I_{t, ik} \\ \frac{I_{\max, ik} - I_i}{I_{\max, ik} - I_{t, ik}} & I_{t, ik} \leq I_i \leq I_{\max, ik} \end{cases} \quad (11.9)$$

$i = 1, \dots, N, k = \text{NZ, ZD, DB, PD, OD}$



**Slika 11–10. Karakteristični parametri (a) trapezne funkcije pripadnosti in (b) trikotne funkcije pripadnosti.**

#### 11.8.4 Baza mehkih pravil

Ko je izvedeno mehčanje kazalcev in imamo določene vrednosti njihovih funkcij pripadnosti, jih lahko združimo v določen podindeks delovanja z uporabo baze mehkih pravil, ki vsebuje niz pravil ČE–TEDAJ. Ta pravila razvijemo na osnovi izkušenj in znanja enega ali več strokovnjakov.

Značilno mehko pravilo ima naslednjo obliko: ČE predhodnost TEDAJ posledica, kjer »predhodnost« predstavlja izraz, sestavljen iz stopenj delovanja BAT enega ali več kazalcev, medsebojno povezanih z mehkiimi operatorji (ALI, IN), »posledica« pa predstavlja izraz, ki izhodnemu podindeksu ali indeksu delovanja BAT dodeljuje stopnjo delovanja BAT. Mehka pravila ČE–TEDAJ (*angl.*, IF–THEN) so naslednje oblike:

$$R_n: \text{ČE } I_1 \text{ je } L_{k,1} \text{ IN } I_2 \text{ je } L_{k,2} \text{ IN } \dots \text{ IN } I_i \text{ je } L_{k,l} \text{ TEDAJ } I_s \text{ je } L_{k,m} \quad (11.10)$$

kjer je  $R_n$  pravilo  $n$ ,  $I_i$  je vhodni kazalec,  $L_k$  je stopnja delovanja BAT,  $I_s$  je izhodni podindeks delovanja,  $l$  je število vhodnih stopenj delovanja BAT,  $m$  je število izhodnih stopenj delovanja BAT (v našem primeru je  $l = m = 5$ ).

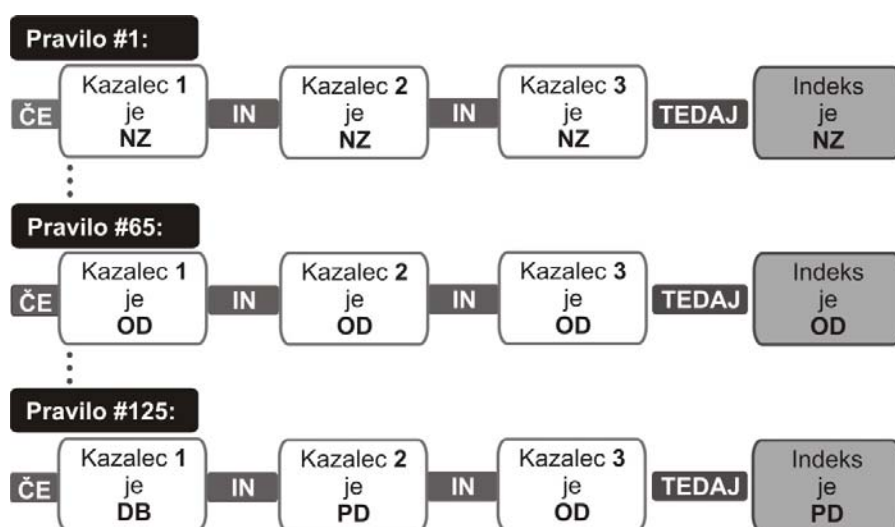
Preglednica 11–3 prikazuje strukturo baze mehkih pravil v modelu MLM z vsemi možnimi kombinacijam treh vhodnih kazalcev (vsak z enako utežjo) in končnega izhodnega podindeksa delovanja. To ni univerzalna struktura pravil, saj jo je mogoče spreminjati. Slika 11–11 prikazuje vzorec mehkih pravil prikazanih v preglednici 8–3 z možnimi kombinacijami treh vhodnih kazalcev in končnega izhodnega podindeksa. Na primer, pravilo 1 ima naslednjo obliko: če vsi trije kazalci kažejo nezadostno delovanje, tedaj podindeks ( $I_s$ ) kaže nezadostno delovanje.

**Preglednica 11–3. Osnovna struktura lingvističnih mehkih pravil (3 vhodni kazalci in 1 izhodni podindeks, vsak s 5 stopnjami delovanja BAT in brez kakršnihkoli uteži).**

| Vhodi        | Izhod | Vhodi                | Izhod |
|--------------|-------|----------------------|-------|
| Vsi NZ       | NZ    | Vsi PD               | PD    |
| 2 NZ in 1 ZD | NZ    | 2 PD in 1 NZ         | DB    |
| 2 NZ in 1 DB | ZD    | 2 PD in 1 ZD         | DB    |
| 2 NZ in 1 PD | ZD    | 2 PD in 1 DB         | PD    |
| 2 NZ in 1 OD | ZD    | 2 PD in 1 OD         | OD    |
| Vsi ZD       | ZD    | Vsi OD               | OD    |
| 2 ZD in 1 NZ | NZ    | 2 OD in 1 NZ         | DB    |
| 2 ZD in 1 DB | ZD    | 2 OD in 1 ZD         | PD    |
| 2 ZD in 1 PD | DB    | 2 OD in 1 DB         | OD    |
| 2 ZD in 1 OD | DB    | 2 OD in 1 PD         | OD    |
| Vsi DB       | DB    | 1 NZ in 1 ZD in 1 DB | ZD    |
| 2 DB in 1 NZ | NZ    | 1 NZ in 1 ZD in 1 PD | ZD    |
| 2 DB in 1 NZ | NZ    | 1 NZ in 1 ZD in 1 OD | ZD    |
| 2 DB in 1 PD | DB    | 1 NZ in 1 DB in 1 PD | DB    |
| 2 DB in 1 OD | PD    | 1 NZ in 1 DB in 1 OD | DB    |
|              |       | 1 NZ in 1 PD in 1 OD | DB    |
|              |       | 1 ZD in 1 DB in 1 PD | DB    |
|              |       | 1 ZD in 1 DB in 1 OD | DB    |
|              |       | 1 ZD in 1 PD in 1 PD | PD    |
|              |       | 1 DB in 1 PD in 1 OD | PD    |

NZ = nezadostno, ZD = zadostno, DB = dobro, PD = prav dobro, OD = odlično

Kadar operiramo z vsemi stopnjami delovanja BAT hkrati, dobimo visoko število pravil. To povzroča probleme, ne samo zaradi kompleksnosti sistema, temveč tudi zato, ker pravila postanejo težko razumljiva (Gentile in sodelavca, 2003). Za podindeks, sestavljen iz dveh kazalcev (vsak s 5 stopnjami delovanja in enako utežjo), dobimo 25 ( $5^2$ ) pravil. Kadar je podindeks sestavljen iz treh kazalcev s petimi stopnjami delovanja, se število pravil poveča na 125 ( $5^3$ ).



Slika 11–11. Vzorec mehkih pravil, vsebovanih v mehko-logičnem modelu (MLM).

Kot vidimo, je problem mehkih sistemov eksponentna rast pravil v višjih dimenzijah (Cornelissen in sodelavci, 2001). Velja, da je število vhodnih spremenljivk, ki jih človek še lahko obvlada, pet, število opisnih vrednosti pa sedem (Shaw, 1998). Zaradi tega je v našem primeru postopek izračuna indeksa BAT ( $I_{BAT}$ ) razdeljen na računske korake, ki so kaskadno organizirani. Delovanje podjetja oziroma tovarne je ocenjeno s poljubnim številom kazalcev, ki so razdeljeni v skupine po največ tri kazalce. Vsaka taka skupina kazalcev služi mehko-inferenčnemu procesorju pri izračunu podindeksa. Izračun je ponovljen za vsako skupino kazalcev. Dobljeni podindeksi nato predstavljajo nove vhodne podatke mehko-inferenčnemu procesorju, da končno izračunamo indeks BAT. Takšen pristop zahteva manjše število enostavnejših pravil, saj so le trije kazalci analizirani naenkrat. Izjema je le izračun indeksa BAT, pri katerem je baza mehkih

pravil razširjena in je indeks določen z največ štirimi podindeksi s petimi stopnjami delovanja BAT ( $5^4 = 625$  pravil). Fuzzy toolbox, ki je del programa Matlab (2001), lahko uporabimo kot mehko-inferenčni procesor, pri čemer je potrebno definirati parametre za vsako funkcijo pripadnosti in bazo pravil ČE–TEDAJ.

### 11.8.5 Mehki inferenčni stroj

Mehki inferenčni stroj kombinira stopnje delovanja BAT, ki predstavljajo rezultat vsakega mehkega pravila, v en združen mehki rezultat. V ta namen uporabimo Mamdanijev mehko-inferenčni sistem, ki vključuje sestavljalni operator 'minimum' kot konservativni odnos do primerjalnega ocenjevanja BAT. Princip Mamdanijevega mehko-inferenčnega sistema bomo prikazali na primeru (slika 11–12). Zaradi jasnosti primera, bomo vzeli tri osnovne kazalce  $I_A$ ,  $I_B$  in  $I_C$  z njihovimi funkcijami pripadnosti  $f_p(I_A)$ ,  $f_p(I_B)$  in  $f_p(I_C)$ , in bazo z dvema mehkim praviloma za tvorjenje podindeksa  $I_s$ :

Pravilo #1: ČE  $I_A$  je nezadostno IN  $I_B$  je nezadostno IN  $I_C$  je nezadostno, TEDAJ  $I_s$  je nezadostno.

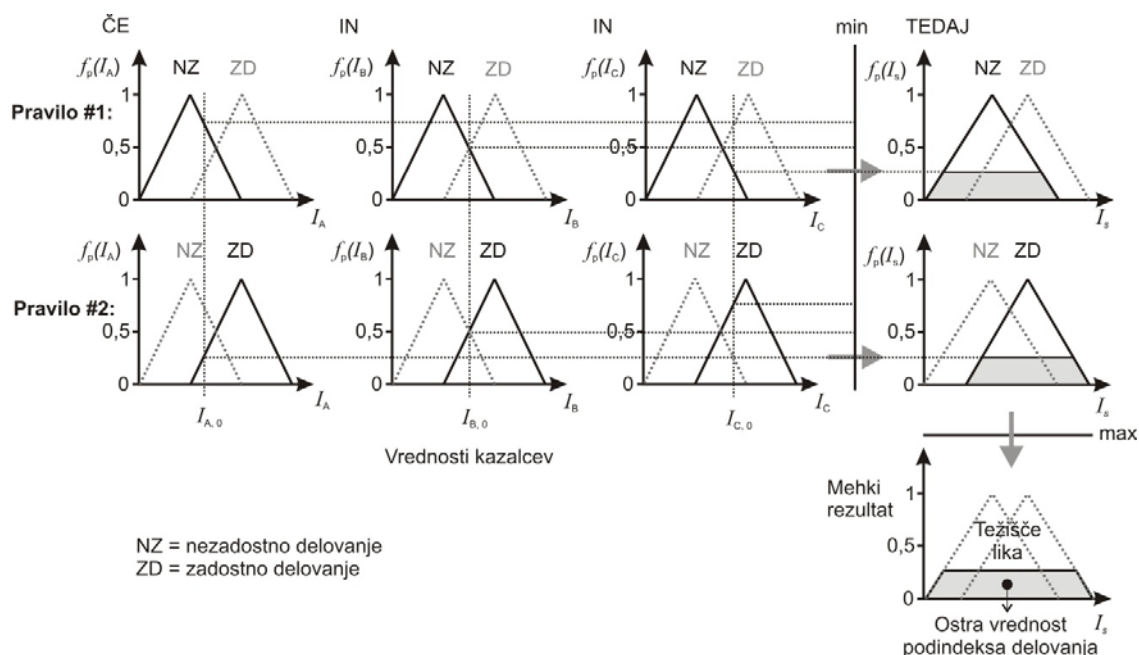
Pravilo #2: ČE  $I_A$  je zadostno IN  $I_B$  je zadostno IN  $I_C$  je zadostno, TEDAJ  $I_s$  je zadostno.

Funkcija pripadnosti  $f_p(I_s)$  podindeksa  $I_s$  za vsako pravilo bo minimalna vrednost treh funkcij pripadnosti kazalcev A, B in C (prikazano z osenčenimi področji v četrtem stolpcu na sliki 11–12).

$$\begin{aligned} \text{Pravilo \#1: } f_p(I_A) = 0,75 \wedge f_p(I_B) = 0,50 \wedge f_p(I_C) = 0,25 &\Rightarrow \\ \min \{0,75, 0,50, 0,25\} &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pravilo \#2: } f_p(I_A) = 0,25 \wedge f_p(I_B) = 0,50 \wedge f_p(I_C) = 0,75 &\Rightarrow \\ \min \{0,25, 0,50, 0,75\} &= 0,25 \end{aligned}$$

Unija osenčenih področij v tretji vrstici na sliki 11–12 predstavlja mehki rezultat. Da pretvorimo mehki rezultat v končni rezultat, je potrebno izvesti še ostrenje.



Slika 11–12. Primer Mamdanijevega mehko–infernčnega sistema s tremi kazalci in dvema lingvističnima mehkim praviloma za tvorjenje podindeksa.

### 11.8.6 Ostrenje

V modelu MLM za ostrenje uporabljamo težiščno metodo, s katero so končni rezultati za izhodne podindekse in indeks BAT določeni z iskanjem gravitacijskega centra pripadnostne funkcije za mehki rezultat (osenčeno področje v tretji vrsti na sliki 11–12). Izračuni, potrebni za ostrenje z uporabo težiščne metode, so rahlo zamudni, če jih opravljamo ročno. V ta namen so na voljo specialni programi, kot je na primer Matlab (2001).

## 11.9 Kontroliranje ter notranje in zunanje poročanje rezultatov ocenjevanja trajnostnega razvoja

Naslednja stopnja predlagane metodologije za merjeno doseganje trajnostnega razvoja podjetij vključuje kontroliranje in poročanje o rezultatih ocenjevanja trajnostnega razvoja podjetja. Da bi podjetje dosegalo nepretrgan napredek, mora periodično meriti, izračunavati in sporočati rezultate uporabe kazalcev. Priporočljivo je vzpostaviti sistem za redno izračunavanje, interpretiranje in predstavljanje rezultatov zaposlenim in drugim deležnikom (vladi, potrošnikom,

skupnosti idr.). Učinkovito komuniciranje je pomembno za promoviranje koncepta trajnostnega razvoja podjetja in dosežkov podjetja v tej smeri. Podjetje lahko s procesom izračunavanj in poročanj o svojem napredovanju k zastavljenim ciljem občutno izboljša svojo javno podobo in pridobi zaupanje potrošnikov.

Kot smo že omenili, ima notranje poročanje o dosežkih velik vpliv na trajnostno kulturo podjetja. Na primer, podjetje lahko zahteva od poslovodij, da v njihova redna letna poročila vključijo navedbo o doseganju ciljev trajnostnega razvoja, zastavljenih za določeno časovno obdobje. Povzetek napredka podjetja bi morali sporočati tudi vsem zaposlenim v določenih časovnih intervalih.

Poleg notranjega poročanja veliko podjetij izdaja tudi zunanja letna poročila o trajnostnem razvoju. Trajnostno poročanje omogoča transparentnost delovanja podjetja za deležnike. Podjetja, ki izdajajo trajnostna poročila, lahko to izkoristijo tudi kot eno izmed marketinških orodij.

### **11.10 Pregled dosedanjega delovanja in napredka, nadaljnji ukrepi za izboljšanje delovanja in delovanje v skladu z dobljenimi rezultati**

Da bi ugotovili, če so zastavljeni cilji in naloge podjetja doseženi, je v zadnjo stopnjo predlagane metodologije za merjeno doseganje trajnostnega razvoja podjetja vključen pregled dosedanjega delovanja podjetja na osnovi rezultatov merjenja trajnostnih kazalcev. Časovni intervali pregledovanj so različni, od treh mesecev do enega leta. Če podjetje ni doseglo zastavljenih ciljev, je potrebno ugotoviti vzroke neuspeha in pripraviti ustrezen akcijski načrt. Alternativno lahko podjetje prilagodi zastavljene cilje in naloge, da postanejo realno dosegljivi.

V primeru, da so bili cilji doseženi in dosežki jasno izraženi, se začne proces znova pri stopnji novega definiranja strategije podjetja za doseganje trajnostnega razvoja. Pregled dosedanjega delovanja podjetja zagotavlja stalno izboljševanje delovanja in napredovanje v smeri trajnostnega razvoja. Prav tako omogoča podjetju, da si odgovori na praktična vprašanja o potrebnih ukrepih in naporih za izboljšanje delovanja podjetja na določenem področju.

Delovanje v skladu z dobljenimi rezultati je kritična stopnja v procesu uporabe kazalcev. Tudi osnovni namen merjenja s kazalci je ta, da podjetje spremlja svoj razvoj in v skladu z rezultati deluje. V tej stopnji poslovodstvo opravi izboljševalne meritve in se zavzame za nenehno izboljšanje okoljske, gospodarske in družbene slike organizacije. Preprečevanje onesnaževanja in čistejša proizvodnja sta dva izmed uspešnih načinov razvoja konkretnih rešitev.

V tej stopnji se izvede tudi ponovni pregled kazalcev, nalog in politike podjetja. Ta stopnja daje osnovo postavljanju novih nalog in ciljev ter seveda novih kazalcev. Izločitev kazalca je enako pomembna kot izbira novega kazalca trajnostnega razvoja. Samo s pregledom in popravki nalog, ciljev in kazalcev je mogoče doseči nepretrgan napredek.

Med vključevanjem in ugotavljanjem uspešnosti kazalcev so pomembna naslednja vprašanja (Veleva in Ellenbecker, 2001):

- Imamo dovolj podatkov za izračun kazalcev? Kateri podatki nam manjkajo?
- Je število kazalcev preveliko ali premajhno, da bi zaobsegli vse pomembne vidike trajnostnega razvoja?
- Imamo potrebno znanje in izkušnje, da lahko sami razvijemo kazalce?
- So navodila za vključitev kazalcev zadostna? Če niso, katere napotke je treba dodati?
- Kateri kazalci dobro delujejo in katere je potrebno spremeniti ali odstraniti?
- Kakšno je tipično obdobje merjenja kazalcev?
- Katere so glavne ovire pri vključevanju metodologije uporabe kazalcev?
- Kakšna je celotna uporabnost kazalcev trajnostnega razvoja?



## 12 Reference

---

- AccountAbility, 2004. The Accountability Rating 2004 – Encoding Accountability. Dosegljivo na spletu: <http://www.accountability.org.uk> (12. 7. 2004).
- AIChE – American Institute of Chemical Engineers, 2004. Center for Waste Reduction Technologies (CWRT), Focus Area: Sustainability Metrics. Dosegljivo na spletu: <http://www.aiche.org/cwrt/pdf/BaselineMetrics.pdf> (1. 9. 2004).
- Alexander B., Barton G., Petrie J., Romagnoli J., 2000. Process synthesis and optimisation tools for environmental design: methodology and structure. *Comput. Chem. Eng.* 24 (2–7): 1195–1200.
- Allen D. T., Shonnard D. R., 2002. *Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Anderlei J., Beer G., 1998. Beet and cane harvesting. V: Poel P. W. van der, Schiweck H., Schwartz T. (ur.): *Sugar technology*. Verlag Dr. A. Bartens, Berlin, str. 239–250.
- Aspen Plus, 2001. *Aspen Plus 11.1 Unit Operation Models*. Aspen Technology, Cambridge, MA, str. 24.
- Aspen Plus, 2003. *Version 12*, Aspen Technology, Cambridge, MA.
- Auty R. M., Brown K., 1997. *Approaches to Sustainable Development*. Pinter, London.
- Azapagic A., 1999. Life cycle assessment and its application to process selection design and optimisation. *Chem. Eng. J.* 73 (1): 1–21.
- Azapagic A., 2003. Systems approach to corporate sustainability – A general Management Framework. *Trans IChemE* 81 (B): 303–316.
- Azapagic A., 2004. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *J. Clean. Prod.* 12 (6): 639–662.
- Azapagic A., Clift R., 1999a. Linear programming as a tool in life cycle assessment. *Int. J. Life Cycle Ass.* 4 (6): 305–316.
- Azapagic A., Clift R., 1999b. Allocation of environmental burdens in multiple-function systems. *J. Clean. Prod.* 7 (2): 101–119.
- Azapagic A., Clift R., 1999c. The application of life cycle assessment to process optimisation. *Comput. Chem. Eng.* 23 (10): 1509–1526.
- Azapagic A., Clift R., 1999d. Life cycle assessment as tool for improving process performance: a case study on boron products. *Int. J. Life Cycle Ass.* 4 (3): 133–142.
- Azapagic A., Clift R., 1999e. Allocation of environmental burdens in multiple function systems. *J. Clean. Prod.* 9 (2): 101–119.
- Azapagic A., Perdan S., 2000. Indicators of sustainable development for industry: A general framework. *Trans IChemE (Proc. Safety Envir. Prot.)* 78 (B4): 243–261.
- Bajić D., Veza I., Jerčić I., 1995. Analytic Hierarchical Process in product desing. International conference Desing to manufacture in modern industry, Bled. Proceedings, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering.
- Bakshi B. R., 2002. A thermodynamic framework for ecologically conscious process systems engineering. *Comput. Chem. Eng.* 26 (2): 269–282.
-

- Batterham R. J., 2003. Ten years of sustainability: Where do we go from here? *Process Saf. Environ.* 81 (B5): 283–294.
- Batterham R. J., 2006. Sustainability – The next chapter. *Chem. Eng. Sci.* 61 (13): 4188–4193.
- Biegler L. T., Grossmann I. E., Westerberg A. W., 1997. *Systematic methods of chemical process design*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Borštnik Pribaković A., 2004. Shema okoljskega vodenja in presojanja – EMAS. *Standardizacija* 11: 5–10.
- Borštnik Pribaković A., Zornik M., Žagar T., 2004. *Odgovorno okoljsko delovanje – Sistemi ravnanja z okoljem*. Ljubljana: Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje.
- BP, 2003. *Defining our path – Sustainability Report 2003*. Dosegljivo na spletu: <http://www.bp.com/> (24. 3. 2004).
- Braat L., 1991. The predictive meaning of sustainability indicators. V: Kuik O., Verbruggen H. (ur.), *In Search of Indicators of Sustainable Development*. Kluwer, Dordrecht, str. 57–70.
- Brand J., Redclift M., 1989. *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*, London, Routledge.
- British Sugar, 2004. Dosegljivo na spletu: <http://www.britishsugar.co.uk/> (1. 10. 2004).
- Cabezas H., Goddard H., 2000. Forum on sustainability. *Clean Products and Processes* 2: 67–70.
- CAETS – Council of Academies of Engineering and Technological Sciences, 1996. *The Role of Technology in Environmentally Sustainable Development*, Royal Academy of Engineering, London.
- Cano-Ruiz J. A., McRae G. J., 1998. Environmentally conscious chemical process design. *Annu. Rev. Energ. Env.* 23: 499–536.
- CEFIC – The European Chemical Industry Council, 2006. *Responsible Care Program*. Dosegljivo na spletu: <http://www.responsiblecare.org/> (12. 5. 2006)
- Chemical Market Reporter, 2005. *Chemical Prices* 267 (10), March 7, 2005. ICIS Publication.
- Chen H., Shonnard D. R., 2004. Systematic framework for environmentally conscious chemical process design: Early and detailed design stages. *Ind. Eng. Chem. Res.* 43 (2): 535–552.
- Chen H., Wen Y., Waters M. D., Shonnard D. R., 2002. Design Guidance for Chemical Processes Using Environmental and Economic Assessments. *Ind. Eng. Chem. Res.* 41 (18): 4503–4513.
- Chen J. J. J., 1987. Comments on improvements on a replacement for the logarithmic mean. *Chem. Eng. Sci.* 42 (10): 2488.
- Clark P. A., Westerberg A. W., 1983. Optimization for design problems having more than one objective. *Comput. Chem. Eng.* 7 (4): 259–278.
- Clayton M. H., Radcliffe N. J., 1996. *Sustainability – A System Approach*, 258 Earthscan Publications, London.
- COM, 2002. 551 final. Commission of the European Communities. *Structural indicators – Communication from the Commission*, Brussels, 16.10.2002. Dosegljivo na spletu: [http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/cnc/2002/com2002\\_0551en01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/cnc/2002/com2002_0551en01.pdf) (1. 6. 2006).
- Cornelissen A. M. G., van den Berg J., Koops W. J., Grossman M., Udo H. M. J., 2001. Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory. *Agr. Ecosyst. Environ.* 86 (2): 173–185.
- Cziner K., Tuomaala M., Hurme M., 2005. Multicriteria decision making in process integration. *J. Clean. Prod.* 13 (5): 475–483.
- Daly H., Cobb J., 1989. *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. Beacon Press, Boston, Massachusetts, USA.

- de Ron J., 1998. Sustainable production: The ultimate result of a continuous improvement. *Int. J. Production Economics* 56–57: 99–110.
- Deb K., 2001. *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Derwent R. G., Jenkin M. E., Saunders S. M., Pilling M. J., 1998. Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in Northwest Europe calculated with a master chemical mechanism. *Atmos. Environ.* 32 (14–15): 2429–2441.
- Dimian A. C., 2003. *Integrated Design and Simulation of Chemical Processes*. Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands.
- Diwekar U., 2005. Green process design, industrial ecology, and sustainability: A systems analysis perspective. *Resour. Conserv. Recy.* 44 (3): 215–235.
- DJSI – Dow Jones Sustainability Indexes, 2003. Corporate Sustainability Sector Overview – DJSI Industry Group: Oil, Gas and Coal Companies. Dosegljivo na spletu: <http://www.sustainability-index.com/> (29. 9. 2004).
- Douglas J. M., 1988. *Conceptual design of chemical processes*. New York, McGraw-Hill.
- Douglas J. M., 1992. Process Synthesis for Waste Minimization. *Ind. Eng. Chem. Res.* 31 (1): 238–243.
- Dow Chemical Company, 1987. *DOW's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide*. 6th ed. New York: American Institute of Chemical Engineers.
- EC – European Commission, 2001. Communication from the Commission Concerning Corporate Social Responsibility: A Business Contribution to Sustainable Development. COM 2002, 347 Final, 2. 7. 2002, Brussels.
- Edwards D. W., Lawrence D., 1993. Assessing the inherent safety of chemical process routes – Is there a relation between plant costs and inherent safety. *Process Saf. Environ.* 71 (B4): 252–258.
- EEA – European Environmental Agency, 2004. European Pollutant Emission Register (EPER). Dosegljivo na spletu: <http://www.eper.ec.eu.int/eper/> (19. 2. 2006)
- EEC – European Environmental Commission, 1992. *Towards Sustainability*, 23, Vol. II. Environmental technology cluster, How environmental measures stimulate process innovation – Looking for sustainable alternatives.
- EFMA – European Fertilizer Manufacturers' Association, 2000. Best Available techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry – Booklet No. 1 of 8: Production of Ammonia. Brussels, Belgium. Dosegljivo na spletu: <http://www.efma.org/> (20. 4. 2004).
- Energy Agency of the Republic of Slovenia, 2003. Report on the Energy Sector 2003. Maribor, Slovenia. Dosegljivo na spletu: <http://www.agen-rs.si/eng/docs/Energy2003.pdf> (12. 11. 2005).
- European Committee for Standardization. 1996-08-21. "Environmental management systems – Specification with guidance for use (ISO 14001:1996)." Ref. Nr. EN ISO 14001:1996. European Committee for Standardization, Central Secretariat: rue de Stassart 36, B-1050 BRUSSELS.
- European IPPC Bureau (2006) *Integrated Pollution Prevention and Control: Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry*. European Commission: Technologies for Sustainable Development. Dosegljivo na spletu: <http://eippcb.jrc.es/> (8. 5. 2006)
- European IPPC Bureau, 2004. IPPC BREF Outline and Guide. Dosegljivo na spletu: <http://eippcb.jrc.es> (1. 9. 2005).
- Finnveden G., Johansson J., Lind P., Moberg A., 2005. Life cycle assessment of energy from solid waste – part 1: general methodology and results. *J. Clean. Prod.* 13 (3): 213–229.

- Finnveden G., 1997. Valuation Methods Within LCA – Where are the Values? *Int. J. Life Cycle Ass.* 2 (3): 163–169.
- Frankovič Ana, 2001. Računovodstvo ekologije. Diplomsko delo. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 40 str.
- Gaines L., Stodolsky A., 1997. Lifecycle analysis: uses and pitfalls. Air and waste management association's 90th annual meeting and exhibition, Toronto, Ontario, Canada.
- Gallopin G., 1997. Indicators and their use: information for decision-making. Moldan B. (ur.), Billharz S. (ur.), Sustainability indicators: Report of the project on indicators of sustainable development. John Wiley and Sons, Chichester.
- GEMI – Global Environmental Management Initiative, 1994. Environmental Reporting in a Total Quality Management Framework. Dosegljivo na spletu: [http://www.gemi.org/REP\\_105.pdf](http://www.gemi.org/REP_105.pdf) (9. 6. 2006).
- Gentile M., Rogers W. J., Mannan M. S., 2003. Development of an Inherent Safety Index Based on Fuzzy Logic. *AIChE J.* 49 (4): 959–968.
- Goedkoop M., 1995. The eco-indicator 95 – weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale. Novem, Amersfoort, the Netherlands. Dosegljivo na spletu: <http://www.pre.nl/> (29. 4. 2006).
- Graedel T. E., Allenby B. R., 1995. Industrial ecology. Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey.
- GRI – Global Reporting Initiative, 2002a. The Global Reporting Initiative – An Overview. Global Reporting Initiative, Boston, USA. Dosegljivo na spletu: <http://www.globalreporting.org/> (3. 12. 2004).
- GRI – Global Reporting Initiative, 2002b. Sustainability Reporting Guidelines 2002 on Economic, Environmental and Social Performance. Global Reporting Initiative, Boston, USA. Dosegljivo na spletu: <http://www.globalreporting.org/> (3. 12. 2004).
- Gronemeyer S., Dippel M., 1992. Legal aspects of beet soil disposal in Germany. *Zuckerindustrie* 117 (7): 543–547.
- Guimaraes A. C. F., Lapa C. M. F., 2004. Nuclear transient phase ranking table using fuzzy inference system. *Ann. Nucl. Energy* 31 (15): 1803–1812.
- Hafeez K., Zhang Y. B., Malak N., 2002. Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *Int. J. Prod. Econ.* 76 (1): 39–51.
- Hamner, B. 1997. "A Strategic Approach to ISO 14001."
- Harland J. I., 1993. V: Cooke D. A., Scott R. K. (ur.): The sugar beet crop. Chapman & Hall, London, str. 627–632.
- Hauschild M., Wenzel H., 1998. Environmental Assessment of products. Volume 2: Scientific background. Chapman & Hall, London, UK.
- Heijungs R., Guinée J., Huppes G., Lankreijer R. M., Udo de Haes H. A., Wegener Sleeswijk A., Ansems A. M. M., Eggels P. G., van Duin R., de Goede H. P., 1992. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML, Leiden University, Leiden.
- Heikkila A. M., 1999. Inherent safety in process plant design. D. Tech. Thesis, VTT Publications 384. Espoo: Technical Research Centre of Finland. Dosegljivo na spletu: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/publications/1999/P384.pdf> (24. 3. 2006)
- Heikkila, A. M., Hurme M., Jarvelainen M., 1996. Safety considerations in process synthesis. *Comput. Chem. Eng.* 20 (A): 115–120.
- Heinzle E., Weirich D., Brogli F., Hoffmann V. H., Koller G., Verduyn M. A., Hungerbuhler K., 1998. Ecological and Economic Objective Functions for Screening in Integrated Development of Fine Chemical Processes. 1. Flexible and Expandable Framework Using Indices. *Ind. Eng. Chem. Res.* 37 (8): 3395–3407.

- Henkel, 2004. Sustainability Report 2004. Dosegljivo na spletu: <http://www.sd.henkel.com> (15. 8. 2005).
- Hersh M., 2006. Mathematical Modelling for Sustainable Development. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Hiyama T., Miyazaki K., Satoh H., 1996. A fuzzy logic excitation system for stability enhancement of power systems with multi-mode oscillations. *IEEE T. Energy Conver.* 11 (2): 449–454.
- Hoffmann V. H., Hungerbuhler K., McRae G. J., 2001. Multiobjective Screening and Evaluation of Chemical Process Technologies. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40 (21): 4513–4524.
- Hofstetter P., 1998. Perspectives in life cycle impact assessment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Horvath A., Hendrickson C. T., Lave L. B., McMichael F. C., Wu T. S., 1995. Toxic Emissions Indexes for Green Design and Inventory. *Environ. Sci. Technol.* 29 (2): A86–A90.
- Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden P. J., Xiaosu D., 2001. IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Huijbregts M. A. J., 1999. Priority assessment of toxic substances in LCA. Development and application of the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. IVAM environmental research, University of Amsterdam, Amsterdam.
- Huijbregts M. A. J., 2000. Priority Assessment of Toxic Substances in the frame of LCA. Time horizon dependency of toxicity potentials calculated with the multi-media fate, exposure and effects model USES-LCA. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands. Dosegljivo na spletu: <http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/lca2/> (17. 7. 2004).
- IChemE – Institution of Chemical Engineers, 2002. Sustainable Development Progress Metrics Recommended for use in the Process Industries. Dosegljivo na spletu: <http://www.icheme.org/sustainability/metrics.pdf> (15. 10. 2004).
- ICI, 1985. The Mond Index. 2nd ed. Imperial Chemical Industries plc, Explosion Hazard Section, Technical department, Winnington, Nortwich, Cheshire CW8 4DJ.
- IEA – International Energy Agency, 2001. CO2 emissions from fuel combustion 1971–1999, Paris.
- IISD – International Institute for Sustainable Development, 1992. Business Strategy for Sustainable Development: Leadership and Accountability for the 90s.
- IISD – International Institute for Sustainable Development, WBCDS – World Business Council for Sustainable Development, 2002. Mining, Minerals and Sustainable Development Project. Dosegljivo na spletu: <http://www.iiied.org/mmsd> (4. 3. 2002).
- IPPC Directive, 1996. EU Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 Concerning Integrated Pollution Prevention and Control. *Official Journal L 257*, 10/10/1996, str. 26–40.
- ISO – International Organization for Standardization, 1993. ISO Standards Handbook: ISO 31 – Quantities and Units. International Organization for Standardization, Genève.
- ISO – International Organization for Standardization, 1997. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040. International Organization for Standardization, Genève.
- ISO – International Organization for Standardization, 1998. Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis. ISO 14041. International Organization for Standardization, Genève.

- ISO – International Organization for Standardization, 2000a. Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment. ISO 14042. International Organization for Standardization, Genève.
- ISO – International Organization for Standardization, 2000b. Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation. ISO 14043. International Organization for Standardization, Genève.
- ISO – International Organization for Standardization, 2004. The ISO 14000 family of standards, guides and technical reports – including drafts. International Organization for Standardization, Genève. Dosegljivo na spletu: <http://www.iso.org/iso/en/prods-services/otherpubs/iso14000/family.pdf/> (12. 10. 2004).
- IUCN, UNEP, WWF, 1980. World Conservation Strategy – Living Resource Conservation for Sustainable Development, Gland.
- James P., Bennett M., 1999. Sustainable Measures: Evaluation and Reporting of Environmental and Social Performance. Sheffield UK: Greenleaf Publishing.
- Jang J. S. R., Sun C. T., Mizutani E., 1997. Neuro-Fuzzy and SOFT Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Javanmardi J., Nasrifar K., Najibi S. H., Moshfeghian M., 2005. Economic evaluation of natural gas hydrate as an alternative for natural gas transportation. *Appl. Therm. Eng.* 25 (11–12): 1708–1723.
- Jenkin M. E., Hayman G. D., 1999. Photochemical ozone creation potentials for oxygenated volatile organic compounds: sensitivity to variations in kinetic and mechanistic parameters. *Atmos. Environ.* 33 (8): 1275–1293.
- Johansson J., 1999. A monetary valuation weighting method for life cycle assessment based on environmental taxes and fees. Stockholm, Sweden: Department of Systems Ecology, Stockholm University.
- JRC – Joint Research Center, 2002. Internal Market Index 2002: Technical details of the methodology. Institute for the Protection and Security of the Citizen, Technological and Economic Risk Management, Applied Statistics Group, Dosegljivo na spletu: <http://www.jrc.cec.eu.int/> (8. 12. 2004).
- Khan F. I., Amyotte P. R., 2004. Integrated inherent safety index (I2SI): A tool for inherent safety evaluation. *Process Saf. Prog.* 23 (2): 136–148.
- Kletz T. A., 1992. HAZOP and HAZAN – Identifying and Assessing Process Industry Hazards (3rd Ed.). Rugby: IChemE.
- Kniel G. E., Delmarco K., Petrie J. G., 1996. Life cycle assessment applied to process design: Environmental and economic analysis and optimization of a nitric acid plant. *Environ. Prog.* 15 (4): 221–228.
- Koller G., Fischer U., Hungerbuhler K., 2000. Assessing safety, health, and environmental impact early during process development. *Ind. Eng. Chem. Res.* 39 (4): 960–972.
- Koller G., Fischer U., Hungerbuhler K., 2001. Comparison of methods suitable for assessing the hazard potential of chemical processes during early design phases. *Process Saf. Environ.* 79(B3): 157–166.
- Koroneos C., Dompros A., Roumbas G., Moussiopoulos N., 2004. Life cycle assessment of hydrogen fuel production processes. *Int. J. Hydrogen Energ.* 29 (14): 1443–1450.
- Kraft R. L., 1992. Incorporate Environmental Reviews into Facility Design. *Chem. Eng. Prog.* 88 (8): 46–52.
- Krajnc D., Glavič P., 2003. Indicators of Sustainable Production. *Clean Technol. Environ. Policy* 5: 279–288.



- Krajnc D., Glavič P., 2004. Designing sustainable processes using environmental and economic assessment. 14th Annual international symposium INCOSE 2004, 4th European systems engineering conference, Toulouse, France.
- Krajnc D., Glavič P., 2005. A model for integrated assessment of sustainable development. *Resour. Conserv. Recycl.* 43 (2): 189–208.
- Kumar N. V., Ganesh L. S., 1996. An empirical analysis of the use of the Analytic Hierarchy Process for estimating membership values in a fuzzy set. *Fuzzy Set Syst.* 82 (1): 1–16.
- Lababidi H. M. S., Alatiqi I. M., Nayfeh L. J., 2000. Energy retrofit study of an ammonia plant. *Appl. Therm. Eng.* 20 (15–16): 1495 – 1503.
- Lah A., 2002. Okoljski pojavi in pojmi. Okoljsko izrazje v slovenskem in tujih jezikih z vsebinskimi pojasnili. Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, zbirka Usklajeno in sonaravno, številka 8/2002. Ljubljana.
- Lawrence D., 1996. Quantifying inherent safety of chemical process routes, Ph.D. Thesis. Loughborough University, Loughborough, United Kingdom.
- LCSP – Lowell Center for Sustainable Production, 1998. Sustainable Production: A Working Definition. Informal Meeting of the Committee Members.
- Lenz R., Malkina-Pykh G. I., Pykh Y., 2000. Index 98 Workshop – Introduction and overview. *Ecol. Model.* 130 (1–3): 1–11.
- Lichts F. O., 2004. International highlights. *International Sugar and Sweetener Report* 136 (18): 319.
- Linnhoff B., Hindmarsh E., 1983. The pinch design method for heat-exchanger networks. *Chem. Eng. Sci.* 38 (5): 745–763.
- Matlab, 2001. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. The MathWorks, Natick, MA.
- Merkel J., 2004. Reduction of energy consumption by the Austrian sugar factories (1990–2002). Conference on Energy efficiency in IPPC installations, Vienna. Dosegljivo na spletu: <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/industrie/branche/konferenz/> (15. 12. 2005).
- Miettinen K., 1999. Nonlinear multiobjective optimization. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Moldan B., Billharz S., Matravers R., 1997. Sustainability Indicators: A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development. Chichester: John Wiley and Sons.
- Muhlack E., 1988. Problems with tare in the sugar industry. *Zuckerindustrie* 113 (5): 400–402.
- Mulholland K. L., Dyer J. A., 2001. Process Analysis via Waste Minimization: Using DuPont's Methodology to Identify Process Improvement Opportunities. *Environ. Prog.* 20 (2): 75–79.
- Murray C. J. L., Lauer J., Tandon A., Frenk J., 2001. Overall health system achievement for 191 countries. Global Programme on Evidence for Health Policy Discussion Paper Series: No. 28, World Health Organization (WHO), dosegljivo na spletu: [http://www3.who.int/whosis/discussion\\_papers/pdf/paper28.pdf](http://www3.who.int/whosis/discussion_papers/pdf/paper28.pdf) (17. 10. 2004).
- Nähle C., 1995. Report on the current state of beet soil utilization. *Zuckerindustrie* 120 (9): 770–776.
- National Sanitation Foundation (NSF) International (NSF International). 2001. "Environmental Management Systems: An Implementation Guide for Small and Medium-Sized Organisations." 2nd Edition, Michigan. 201 pp.
- Nilsson M., Bjorklund A., Finnveden G., Johansson J., 2005. Testing a SEA methodology for the energy sector: a waste incineration tax proposal. *Environ. Impact Asses.* 25 (1): 1–32.
- NRTEE – National Round Table on the Environment and the Economy, 2001. Calculating Eco-efficiency Indicators: A Workbook for Industry. Dosegljivo na spletu: [http://www.nrtee-trnee.ca/Publications/PDF/Eco-efficiency\\_Workbook\\_e.pdf](http://www.nrtee-trnee.ca/Publications/PDF/Eco-efficiency_Workbook_e.pdf) (9. 5. 2006).

- O'Brien C., 1999. Sustainable production – a new paradigm for a new millennium, *Int. J. Prod. Econ.* 60–61: 1–7.
- OECD – Organization for Economic Co-operation and Development, 2002. An Update of the OECD Composite Leading Indicators. Short-term Economic Statistics Division, Statistics Directorate/OECD. Dosegljivo na spletu: <http://www.oecd.org> (10. 9. 2004).
- OMAFRA – Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 1999. Hazardous Gases. Dosegljivo na spletu: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/99-001.htm#ammonia> (9. 6. 2006).
- Palaniappan C., 2002. Expert system for design of inherently safer chemical processes. M. Eng Thesis, Department of Chemical and Environmental Engineering, National University of Singapore, Kent Ridge Crescent, Singapore.
- Palaniappan C., Srinivasan R., Halim I., 2002. A material-centric methodology for developing inherently safer environmentally benign processes. *Comput. Chem. Eng.* 26 (4–5): 757–774.
- Palaniappan C., Srinivasan R., Tan R., 2004. Selection of inherently safer process routes: a case study. *Chem. Eng. Process.* 43 (5): 641–647.
- Pauli G., 1996. Breakthroughs. Haslemere, Surrey: Epsilon Press Limited.
- Poel P. W., Schiweck H., Schwartz T., 1998. Sugar Technology – Beet and Cane Sugar Manufacture. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Pojasek R. B., 2000. Forum on sustainability. *Clean Products and Processes* 2: 67–70.
- Pré Consultants, 2001. The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life cycle Impact Assessment. Methodology Report. Dosegljivo na spletu: <http://www.pre.nl/> (1. 3. 2006).
- Prescott-Allen R., 1997. Barometer of sustainability: Measuring and communicating well-being and sustainable development. In IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources), An approach to assessing progress toward sustainability: Tools and training series for institutions, field teams and collaborating agencies. Gland: IUCN.
- Romero-Hernandez O., Pistikopoulos E. N., Livingston A. G., 1998. Waste treatment and optimal degree of pollution abatement. *Environ. Prog.* 17 (4): 270–277.
- Rossiter A. P., Spriggs H. D., Klee H., 1993. Apply Process Integration to Waste Minimization. *Chem. Eng. Prog.* 89 (1): 30–36.
- Saaty T. L., 1980. Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill.
- Saaty T. L., 1995. Decision making for leaders: The Analytic Hierarchy Process in a Complex World. Pittsburgh: RWS Publications.
- Schiweck H., 1994. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th Ed., Vol. A 25. Weinheim: VCH, 351.
- SEI – Stockholm Environment Institute, 2003. Indicators of Environment and Sustainable Development. Dosegljivo na spletu: <http://www.sei.se/policy/INDIC.pdf> (31. 5. 2006).
- Seider W. D., Seader J. D., Lewin D. R., 1998. Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation. New York: John Wiley & Sons.
- Seljak J., 2001. Sustainable Development Indicators (v slovenščini). Ljubljana: Institute of Macroeconomic Analysis and Development (IMAD).
- SETAC – Society for Environmental Toxicology and Chemistry, 1993. Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice". Pensacola, FL.
- Sharratt P., 1999. Environmental Criteria in Design. *Comput. Chem. Eng.* 23 (10): 1469–1475.



- Shaw I. S., 1998. Fuzzy control of industrial systems. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Shell, 2003. Royal Dutch/Shell Group of Companies Annual Reports 2003. Dosegljivo na spletu: <http://www.shell.com/annualreport/> (26. 11. 2004).
- Shonnard D. R., Hiew D. S., 2000. Comparative environmental assessments of VOC recovery and recycle design alternatives for a gaseous waste stream. *Environ. Sci. Technol.* 34 (24): 5222–5228.
- Sii H. S., Ruxton T., Wang J., 2001. A fuzzy-logic-based approach to qualitative safety modeling for marine systems. *Reliab. Eng. Syst. Safe.* 73 (1): 19–34.
- Sikdar S. K., 2003. Sustainable development and sustainability metrics. *AIChE J.* 49 (8): 1928–1932.
- SimaPro, 2005. Life Cycle Software, Version 6.0 Demo. Dosegljivo na spletu: <http://www.pre.nl/> (16. 12. 2005).
- Smith R., 2005. Chemical Process Design and Integration. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Spath P. L., Mann M. K., 2001. Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via natural Gas Steam Reforming. National renewable Energy Laboratory, US Department of Energy Laboratory, Contract No. DE–AC36–99–GO10337. Dosegljivo na spletu: <http://www.doe.gov/bridge/> (14. 9. 2005).
- Statistics Finland, 2003. Index of Environmental Friendliness. Dosegljivo na spletu: [http://www.stat.fi/tk/yr/ye22\\_en.html](http://www.stat.fi/tk/yr/ye22_en.html) (29. 8. 2005).
- Stefanis S. K., Livingston A. G., Pistikopoulos E. N., 1995. Minimizing the environmental impact of process plants – a process systems methodology. *Comput. Chem. Eng.* 19: S39–S44.
- Super Pro Designer, 2005. Intelligen's simulation and design tool, Version 5.5 (Academic Site Ed.).
- Šušić S., 1980. Priručnik za industriju šećera: druga knjiga. Beograd: Savez hemičara i tehnologa Jugoslavije.
- Takagi T., Sugeno M., 1985. Fuzzy Identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Trans. Syst. Man. & Cybern.* 15 (1): 116–132.
- Tapas K. D., 2005. Toward Zero Discharge: Innovative Methodology and Technologies for Process Pollution Prevention. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Ten Brink B. J. E., Hosper S. H., Colijn F., 1991. A quantitative method for description and assessment of ecosystems: The AMEBA-approach. *Mar. Pollut. Bull.* 23: 265–270.
- The Engineering Tool Box, 2005. Gases - Explosive and Flammability Concentration Limits. Dosegljivo na spletu: [http://www.engineeringtoolbox.com/explosive-concentration-limits-9\\_423.html](http://www.engineeringtoolbox.com/explosive-concentration-limits-9_423.html) (4. 6. 2005).
- Tiwari D. N., Loof R., Paudyal G. N., 1999. Environmental–economic decision-making in lowland irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques. *Agr. Syst.* 60 (2): 99–112.
- Turton R., Bailie R. C., Whiting W. B., Shaeiwitz J. A., 1998. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. New Jersey: Prentice Hall.
- Ullmann F., 1985. Amines, Aliphatic to Antibiotics. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A 2. Weinheim: VCH: 143–242.
- Ullmann F., 2001. Starch and Other Polysaccharides to Surfactants. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A 25. Weinheim: VCH: 345–412.
- UN Publications, 2002. Report of the World Summit on Sustainable Development Johannesburg, South Africa, 26 August – 4 September 2002. A/CONF.199/20\*, New York. Dosegljivo na spletu: <http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/93/PDF/N0263693.pdf?OpenElement/> (15. 2. 2006).
- UN Sustainable Development, 2001. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Dosegljivo na spletu: <http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm/> (14. 10. 2003).

- UNDP – United Nations Development Programme, various years (1990–2003). Human Development Report. New York: Oxford University Press. Dosegljivo na spletu: <http://hdr.undp.org/> (17. 5. 2004).
- UNEP – United Nations Environment Programme, 1998. Environmental effects of ozone depletion, 1998 assessment. *Journal of Photochemistry & Photobiology B: Biology*, Vol 46.
- UNEP – United Nations Environment Programme, 2000. The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Nairobi: UNEP Ozone Secretariat, Kenya.
- United Nations Environmental Programme (UNEP)/International Chamber of Commerce (ICC)/International Federation of Consulting Engineers (FIDIC). (UNEP/ICC/FIDIC) June 2001. *“Environmental Management System Training Resource Kit,”* 2nd Edition, 334 pp
- United Nations, 1992. Agenda 21: The United Nations Programme of Action From Rio. United Nations, New York.
- Urbaniec K., 1989. Modern energy economy in beet sugar factories. Amsterdam: Elsevier.
- Urbaniec K., 2004. The evolution of evaporator stations in the beet-sugar industry. *J. Food Eng.* 61 (4): 505–508.
- Vaccari G., Tamburini E., Sgualdino G., Urbaniec K., Klemes J., 2005. Overview of the environmental problems in beet sugar processing: possible solutions. *J. Clean. Prod.* 13 (5): 499–507.
- Velva V., Ellenbecker M., 2001. Indicators of sustainable production: framework and methodology, *J. Clean Prod.* 9: 519–549.
- Voß C., Wieting J., 2004. Innovative examples of energy efficiency in the German sugar industry – Drying process for beet chips. Conference on Energy efficiency in IPPC installations, Vienna. Dosegljivo na spletu: <http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/industrie/branche/konferenz/> (7. 10. 2005).
- WBCSD - World Business Council for Sustainable Development, 1997. Signals of Change: Business Progress Toward sustainable Development. Genève, Switzerland.
- WCED – World Commission on Environment and Development, 1987. Our Common Future. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Wenzel H., Hauschild M. Z., Alting L., 1997. Environmental Assessment of Products. Vol. 1 – Methodology, tools, techniques and case studies in product development. Chapman & Hall, United Kingdom.
- Wuebbles D.J., 1988. An executive summary of relative effects on stratospheric ozone of halogenated methanes and ethanes of social and industrial interest. United Nations Environment Programme, Lawrence Livermore National Laboratory report UCRL–99842.
- Würsch H., Fankhauser H. R., 1994. The Swiss sugar industry – special case or model for Europe. Beet soil disposal in conditions of land scarcity – problems and opportunities. *Zuckerindustrie* 119 (9): 757–761.
- WVU – West Virginia University, 2002. ChE 456 – Ethylene Oxide Production. Department of Chemical Engineering, Virginia. Dosegljivo na spletu: <http://www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/ethylene/eo3.pdf/> (15. 4. 2003).
- Yadav O. P., Singh N., Chinnam R. B., Goel P. S., 2003. A fuzzy logic based approach to reliability improvement estimation during product development. *Reliab. Eng. Syst. Safe.* 80 (1): 63–74.
- Young D. M., Scharp R., Cabezas H., 2000. The waste reduction (WAR) algorithm: environmental impacts, energy consumption and engineering economics. *Waste Manage.* 20 (8): 605–615.
- Zadeh L. A., 1965. Fuzzy sets. *Inform. Control.* 8: 338–352.

Zadeh L. A., 1975. The Concept of Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning. Inform. Sciences 8: 199–249.

Zelene strani. Okoljski standardi po podjetjih. Standard ISO 14001. [URL: <http://umanotera.doyen.si/?action=standard1>], 10. 8. 2002.

---