

# Možnosti odstranjevanja ogljikovega dioksida iz zraka

Darko Drev<sup>1</sup>, Duška Drev<sup>2</sup>, Boris Kompare<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IzVRS Inštitut za vode Republike Slovenije, Hajdrihova 28 c, 1000 Ljubljana, Slovenija, darko.drev@gmail.com

<sup>2</sup>Duška Drev, Psihiatrična bolnišnica Vojnik, Celjska cesta 37, 3212 Vojnik, Slovenija, duska.drev@guest.arnes.si

<sup>3</sup>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova c. 2, SI-1001 Ljubljana, Slovenija, boris.kompare@fgg.uni-lj.si

Previsoka vsebnost toplogrednih plinov v zraku predstavlja trenutno nerešljiv problem, ker jih narava ni sposobna tako hitro odstranjevati iz ozračja, kot se v ozračje sproščajo. Upravljanje z okoljem (eko-management) na političnem in gospodarskem nivoju se ukvarja s tem vprašanjem povsem enostransko. Poudarek je skoraj izključno na tem, kako zmanjšati emisije toplogrednih plinov v ozračje, skoraj popolnoma pa je zanemarjen vidik odstranjevanja le-teh iz ozračja. Posledično se predvsem podpira razvoj novih tehnologij, pri katerih nastanejo bistveno manjše emisije toplogrednih plinov. To so trenutne rešitve, za katere pa ni nujno, da bodo v prihodnosti tudi ekonomsko najučinkovitejše. V razvoju so namreč nove tehnologije, ki bodo odstranjevale odvečno količino toplogrednih plinov iz zraka, podobno kot to počnejo čistilne naprave z onesnaževali v vodi.

**Ključne besede:** ekologija, zrak, management, toplogredni plini, ogljikov dioksid

## 1 Uvod

V preteklosti je bila ekološka problematika tema lokalnega pomena, ki ji politika ni pripisovala kakšne posebne teže. V zadnjem času pa postaja ekologija svetovni problem in hkrati tudi prvorazredna politična tema. Razlogi zato so zelo velike klimatske spremembe in omejeni naravni viri. V tem članku se bomo omejili le na globalni problem onesnaževanja zraka s toplogrednimi plini in strateški eko-management pri tem.

CO<sub>2</sub> je glavno obremenjevanje med toplogrednimi plini (Ausfelder, 2008: 1-36). Posamezni plini imajo sicer večjo sposobnost tvorbe tople grede (metan, itd), vendar pa je njihov delež v ozračju bistveno manjši. Okoljska politika in ena izmed njenih nepogrešljivih vsebin eko – management, sta trenutno najbolj obremenjena s segrevanjem ozračja zaradi naraščanja CO<sub>2</sub> v zraku (Commission of the European communities, 2008: 1-56). Politika je sprejela celo vrsto predpisov, s katerimi poskuša zmanjšati izpuste CO<sub>2</sub> v ozračje. Te omejitve lahko razdelimo v več skupin:

- prepovedi
- takse
- finančne spodbude

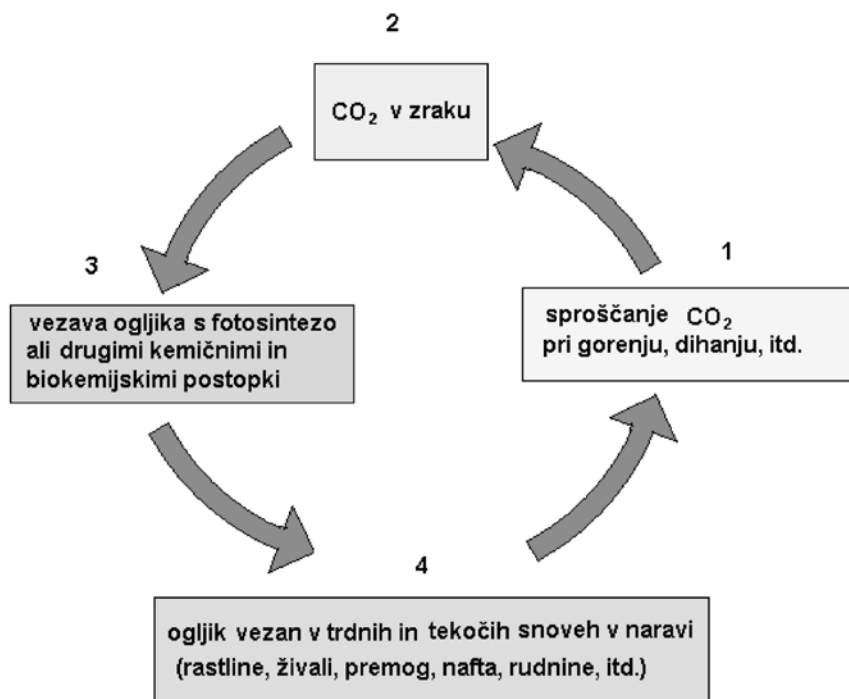
Vsi ti ukrepi morajo biti ustrezno vodeni, da lahko dosežejo zastavljene ekološke, politične in ekonomske cilje. Vodenje teh procesov je prav tako management, tako kot vodenje vseh ostalih procesov v industriji, kmetijstvu, bančništvu, turizmu, šolstvu, zdravstvu, itd. (Wuppertal Institut, 2007:

1-249). O managementu običajno ne govorimo pri vodenju globalnih procesov, temveč na podjetniški ravni.

Področje ekologije je težko omejiti le na nivo enega podjetja. Vendar pa je tudi to možno. Izvajanje mednarodnega standarda za ravnanje z okoljem ISO 14000 je tipična naloga eko-managmenta na nivoju gospodarske družbe. Tudi na nivoju določene gospodarske družbe je lahko prisoten problem onesnaževanja zraka s toplogrednimi plini. Vendar pa se problem emisije CO<sub>2</sub> obravnava običajno globalno. Tipičen primer takšne globalne obravnave problematike onesnaževanja s CO<sub>2</sub> je trgovanje s kuponi za onesnaževanje s toplogrednimi plini.

Pri normalnem ekološkem ravnotežju v naravi prihaja do kroženja CO<sub>2</sub> na ta način, da se v ozračju ne povečuje njegova vsebnost. CO<sub>2</sub> iz ozračja dovolj hitro vežejo rastline pri fotosintezi, pri čemer ga vgrajujejo v svojo sestavo v obliki celuloze, sladkorjev, itd.. Nastane pa O<sub>2</sub>, ki se vrača v ozračje. S krčenjem gozdov in onesnaževanjem oceanov se zmanjšuje sposobnost narave za vezanje CO<sub>2</sub> iz ozračja. Z industrijskim razvojem in povečevanjem prebivalstva se povečujejo emisije CO<sub>2</sub> v ozračje (promet, industrija, gospodinjstva, kmetijstvo, itd.). Rezultat takšnega stanja je povečanje koncentracije CO<sub>2</sub> v ozračju in nastanek tople grede. Ta cikel kroženja CO<sub>2</sub> v naravi je prikazan na sliki 1.

Če pregledamo politične ukrepe za zaščito zraka pred povečano vsebnostjo CO<sub>2</sub>, lahko ugotovimo, da je težišče na zmanjšanju izpusta CO<sub>2</sub> v ozračje (R.S., 2009, OP TG – 1). V tem smislu so naravnane prepovedi, takse in finančne spodbude. Iz slike 1 pa je razvidno, da lahko dosežemo zmanjšano

Slika 1: Kroženje CO<sub>2</sub> v naravi

vsebnost CO<sub>2</sub> v ozračju tudi s povečano hitrostjo vezanja CO<sub>2</sub> iz zraku. Povečano hitrost vezanja CO<sub>2</sub> iz zraku je možno zagotoviti na več načinov:

- povečanje zelenih površin (ozelenitev puščav, itd.)
- zmanjšanja zazidanih površin (zgradbe, ceste, železnice, itd.)
- pogozdovanje (gozdovi vežejo več CO<sub>2</sub> kot travnate površine)
- ustrezna kmetijska proizvodnja (izbira rastlin glede na sposobnost vezanja CO<sub>2</sub>)
- novi tehnološki postopki (biokemijski, kemijski)
- itd.

K zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub> v ozračje lahko prispeva vsak posameznik s svojim ravnanjem. Če seštejemo deleže vseh posameznikov, dobimo zelo velik učinek. To je vsekakor prava pot, ki mora biti ustrezno podprta s strani držav (predpisi, vzgoja, itd.). Približno takšen delež onesnaževanja, kot ga povzroči prebivalstvo, pa nastane iz gospodarske dejavnosti (termoelektrarne, industrija, kmetijstvo, promet, itd.). Tudi za gospodarsko dejavnost so potrebne ustrezne prepovedi in spodbude za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> na državnem in mednarodnem nivoju. Če bo politikom uspelo zmanjšati emisije CO<sub>2</sub> v okolje, ne bodo več potrebne posebne tehnološke rešitve. Vendar pa dvomimo, da bo politikom to resnično uspelo. Dvomimo tudi, da bo politikom uspelo bistveno povečati zelene površine, pogozdovati travnate površine in omejiti ali zelo zmanjšati zazidane površine. Glavni razlog za to je porušeno ravnotežje je v rojevanju in smrti prebivalstva. Večje število prebivalstva ima večje potrebe po hrani, prostoru, vodi, zraku, tehnoloških pridobitvah, itd. Obstoječi tehnološki razvoj in

s tem povezano povečanje izobilja povečuje vsebnost CO<sub>2</sub> v zraku, kar je prikazano na sliki 2 (Keith 2005, 1-29).

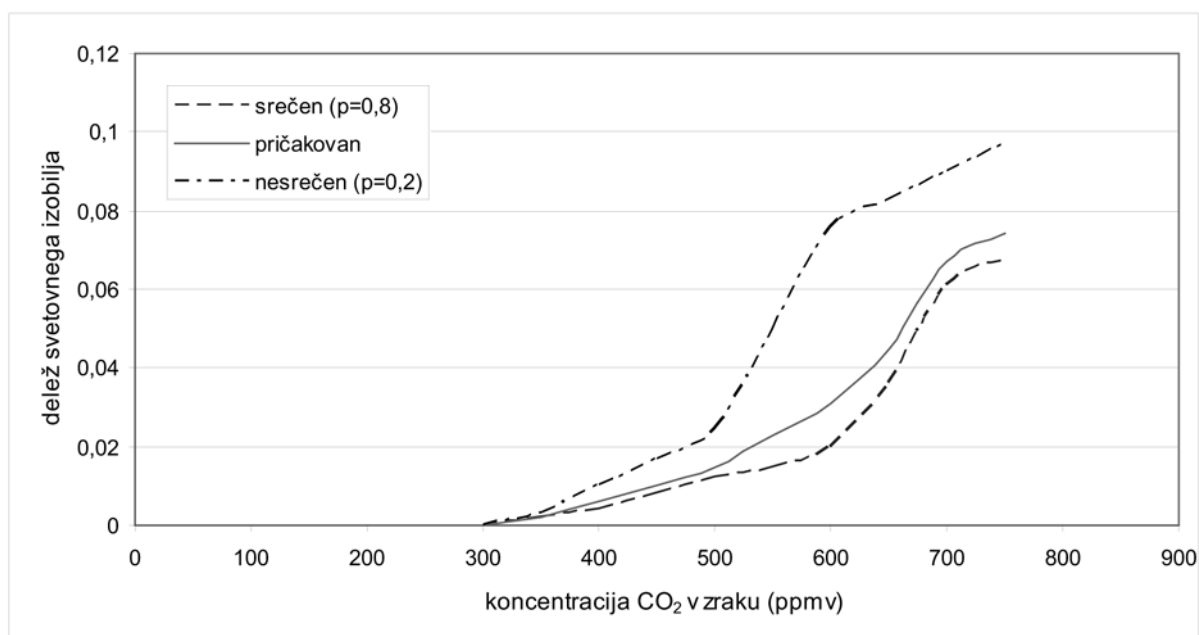
Izobilje, ki ga prikazuje slika 2, je mišljeno predvsem kot tehnološki napredek prebivalstva (stanovanja, avtomobili, TV, računalniki, oblačila, itd.). Izobilje ne pomeni istočasno tudi kvalitete življenja. Indijanec iz pragozdov Amazonke živi morda kvalitetnejše življenje od prebivalca Londona, kljub temu, da nima obleke, hiše, avta, računalnika, telefona, itd.

V prihodnosti bodo verjetno reševali problem obremenjevanja s CO<sub>2</sub> s političnimi in tehnološkimi rešitvami. Obstaja pa tudi tretja alternativa, da narava sama očisti ozračje in vzpostavi novo ekološko ravnotežje. Takšna naravna rešitev pa po vsej verjetnosti pomeni ekološko katastrofo, ki bo bistveno zmanjšala število ljudi in zavrla gospodarski razvoj. Nastala bo kriza, pri kateri bo prišlo tudi do vojn zaradi boja za naravne vire (voda, zemlja).

## 2 Metodologija raziskave

Naša raziskava ne obravnava problematike onesnaževanja zraka s CO<sub>2</sub> iz vidika ovrednotenja okoljskih vplivov na podlagi EMAS sheme temveč bistveno širše. V raziskavi smo upoštevali realno stanje glede onesnaževanja zraka s CO<sub>2</sub> in s tem povezano politiko varstva okolja. Težišče raziskave je omejeno na možne nove tehnologije za odstranjevanje CO<sub>2</sub> iz zraka iz vidika eko – managementa.

Raziskave, ki potekajo na tem področju, še niso prišle do te stopnje, da bi lahko tehnološke rešitve ocenjevali z vidika realne opcije za rešitev problema onesnaževanja zraka s CO<sub>2</sub>. Do teh tehnoloških rešitev se trenutno tako obnaša tudi politika na globalnem in lokalnem nivoju.

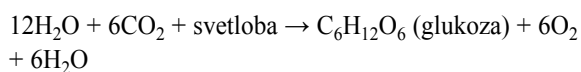


Slika 2: Vpliv izobilja na povečano koncentracijo  $CO_2$  v ozračju (2000 = 0) (Keith, 2005)

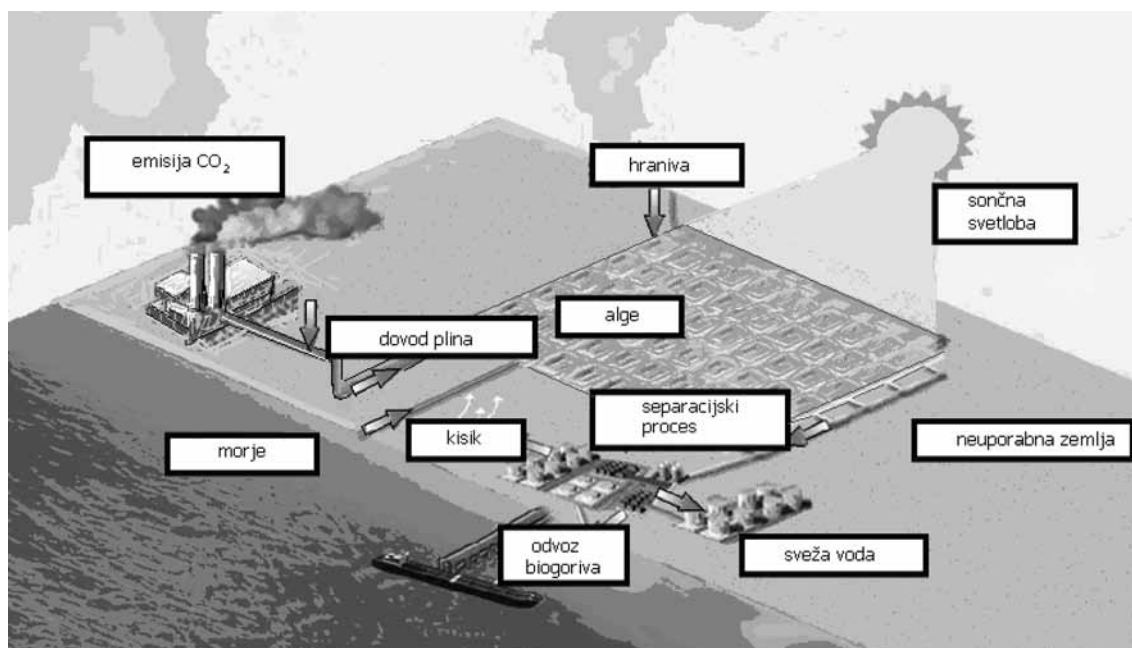
### 3 Pregled tehnologije

#### 3.1 Pregled najnovejših tehnoloških postopkov za odstranjevanje $CO_2$ iz zraka

Narava ima zelo dober postopek za odstranjevanje  $CO_2$  iz zraka (Lucius, 2005). To je fotosinteza, ki poteka pri rastlinah. Pri fotosintezi lahko iz vode in ogljikovega dioksida nastane sladkor, škrob, celuloza, itd..



Žal je človeštvo porušilo naravno ravnotežje, pri katerem rastline dovolj učinkovito odstranjujejo  $CO_2$  iz zraka. Pri tem se lahko vprašamo, zakaj ne bi razvili tehnološkega postopka, ki bi po vzoru naravnih procesov bistveno pospešil vezavo  $CO_2$  iz zraka. Zelo spodbudni rezultati raziskav se kažejo pri uporabi alg, ki zelo učinkovito vežejo  $CO_2$  iz zraka (Power



Slika 3: Prikaz možne tehnologije za odstranjevanje  $CO_2$  iz zraka s končnima produktoma biogorivo in sveža voda

Plant Emissions to Biofuels, 2008). Kot končni produkti so lahko strateške surovine bioalkohol ali biodizel.

Poskusi pridelave kmetijskih pridelkov za bioalkohol ali biodizel so po našem mnenju neustrezna rešitev, saj s tem po nepotrebnem zmanjšujemo razpoložljive površine polj za pridelavo hrane. Če bomo želeli imeti v prihodnosti ekološko pridelavo hrane, bomo omejeni z razpoložljivimi površinami polj. Poleg tega pa se še ni ustavil svetovni trend rasti prebivalstva in s tem tudi potrebe po povečani količini hrane.

Prikazana shema obrata za čiščenje  $\text{CO}_2$  iz zraka (slika 3) s končnima produktoma biogorivo in sveža voda je v tem trenutku še futuristična tehnologija, ki se morda ne bo uresničila. Vendar pa rezultati različnih laboratorijskih in pilotnih raziskav kažejo na to, da obstaja velika verjetnost, da bodo v bližnji prihodnosti takšni obrati resnično obstajali.

Izvajajo se tudi razne druge raziskave odstranjevanja  $\text{CO}_2$  iz zraka na ta način, da se le ta veže na vodo v podtalnico in zemeljske plasti (Freese, 2008). Takšne in podobne rešitve so tehnološko izvedljive, vendar pa so zaenkrat še ekonomsko nesprejemljive. Posebno velja to za Slovenijo, kjer je že v naravi veliko izvirov termalnih voda s povečano vsebnostjo  $\text{CO}_2$ .

Maksimalna količina  $\text{CO}_2$ , ki se lahko raztopi, je določena s Henryevim zakonom. Henryjev zakon pravi, da je pri dani temperaturi količina plina, ki se raztopi v tekočini, premo sorazmerna njegovemu tlaku (slika 4).

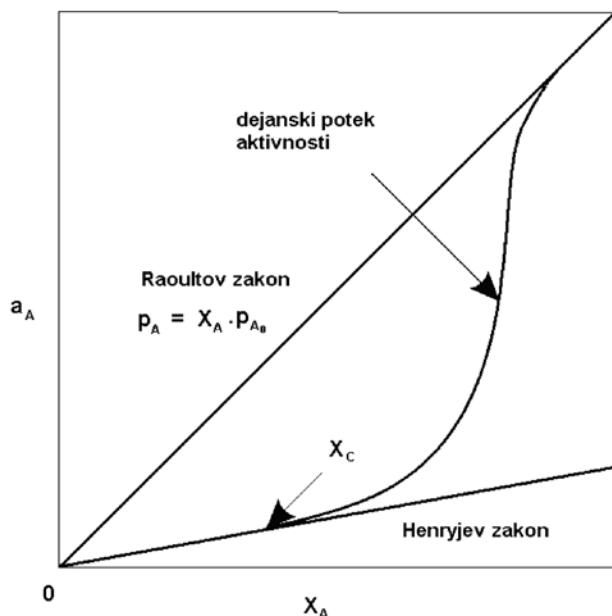
$$p_i = K_i x_i$$

Tu pomenijo:

$x_i$  - količina plina, ki se raztopi v tekočini [ $\text{mol}/\text{m}^3$ ]

$K_i$  - konstanta Henryjevega zakona [ $\text{mol}/\text{Pa} \cdot \text{m}^3$ ]

$p_i$  - parcialni tlak plina [ $\text{Pa}$ ]



Slika 4: Prikaz topnosti plina ( $\text{CO}_2$ ) v vodi po Henryjevem zakonu in primerjava topnosti za idealne raztopine po Raoultovem zakonu

Takšen postopek raztapljanja  $\text{CO}_2$  v vodi bi bil ekonomsko povsem nesprejemljiv, razen v primeru, da bi povečana

koncentracija povzročila večjo hitrosti fotosinteze alg v vodi, pri čemer bi se izločal ogljik iz vode v obliki koristnega proizvoda (bioetanol, biodizel, itd.). Tehnološki postopki, ki bi izločali  $\text{CO}_2$  iz zraka in ustvarjali koristne proizvode (bioalkohol, biodizel), imajo veliko bodočnost. Žal današnje stanje tehnike teh procesov še ne obvladuje bolje od zelenih rastlin. Če bi imeli v bližini velikih izpustov  $\text{CO}_2$  (termoelektrarne, toplarne) ustrezne industrijske obrate, v katerih bi predelali  $\text{CO}_2$  v koristen proizvod, bi bistveno zmanjšali onesnaženost zraka s toplogrednimi plini.

Za odstranjevanje  $\text{CO}_2$  iz zraka pa ni nujno, da se uporabijo izključno biološki tehnološki procesi (Jitaru, 2007: 333-344). Lahko gre za povsem kemijske postopke, ki so prikazani v tabeli 2 in na sliki 5, ali pa za kombinirane fizikalne, kemijske in biokemijske postopke, ki so prikazani na sliki 6. Pri takšnih in podobnih postopkih je pomembna pozitivna energetska bilanca in ekonomska sprejemljivost. Zelo visoke takse za obremenjevanje zraka s  $\text{CO}_2$  bodo aktualizirale tovrstne tehnologije. Če pa bodo prisotne še ustrezne finančne spodbude, je izgradnja takšnih obratov zelo verjetna. Gre torej za izvajanje ustreznega eko-managementa na državnem in podjetniškem nivoju.

Iz slike 6 je razvidno, da so možne različne kemijske vezave  $\text{CO}_2$  iz zraka, pri čemer lahko nastanejo tudi uporabni proizvodi. V shemi sta prikazani dve glavni skupini tehnoloških postopkov vezave  $\text{CO}_2$  iz zraka: biokemijski (fotosinteza) in kemijski (Jitaru, 2007, 334). Tudi tehnološki postopek, ki je prikazan na sliki št. 3, je vključen v to shemo v skupini fotosinteze. Manjka samo fizikalno vezanje  $\text{CO}_2$  v vodo, ki je prav tako ena izmed možnih tehnoloških rešitev. Vode je na Zemlji relativno veliko. Večina vodnih teles (morja, reke, jezera) nima raztopljenih takšne količine  $\text{CO}_2$ , ki bi povzročala negativne vplive na okolje. Če bi raztapljali  $\text{CO}_2$  v vode iz vodnih teles z velikimi akumulacijskimi sposobnostmi, bi ne nastale znatne negativne posledice za ta vodna telesa (Pörtner, 2006: 1-68). Pri povečani vsebnosti  $\text{CO}_2$  in ustreznih količinah hranil bi nastalo precej alg. Ker so alge sestavni del prehranske verige v naravi, bi za njihovo odstranjevanje poskrbele ustrezne živalske vrste. V primeru, da bi bili omejeni na relativno majhno vodno telo, bi morali odstranjevati odvečne alge iz procesa. S tem bi se približali tehnološkemu procesu, ki je prikazan na sliki št. 3.

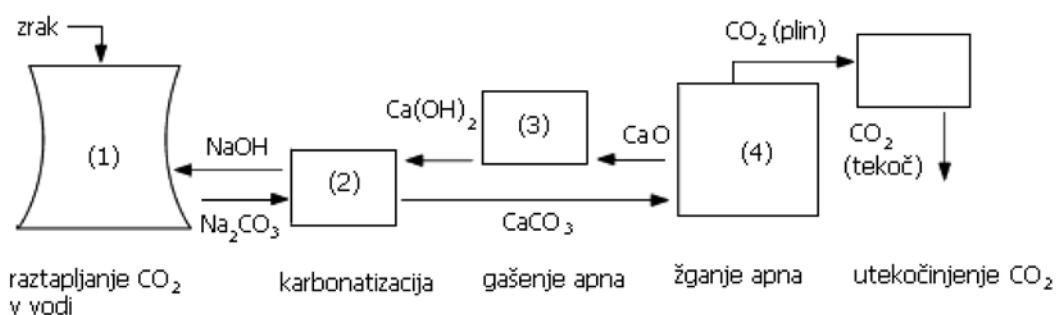
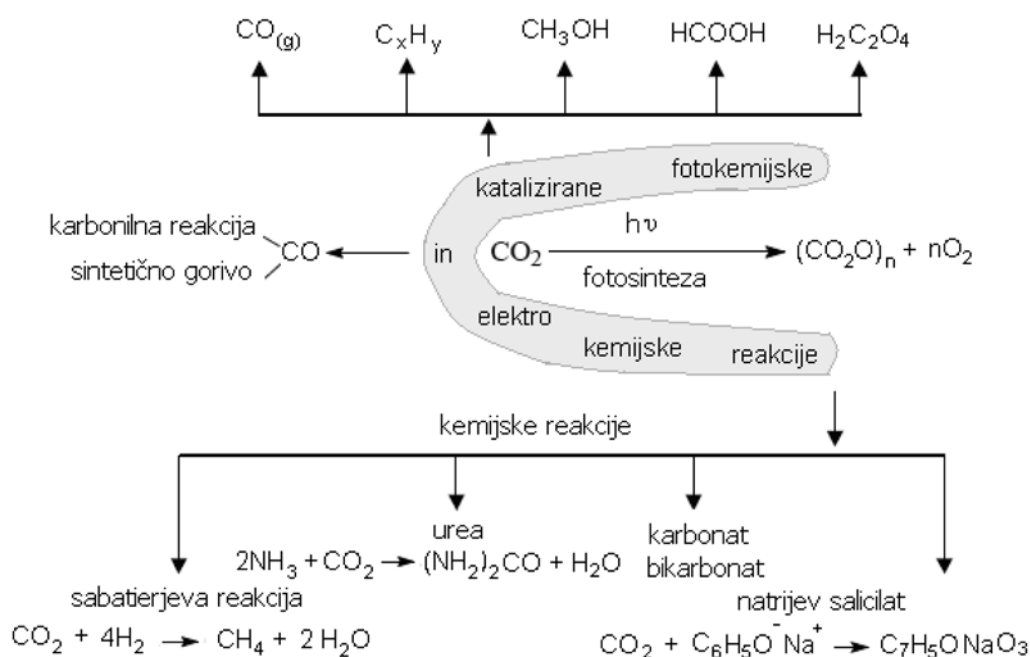
Prikazana tehnološka shema na sliki 7 ne predstavlja kakšnega futurističnega obrata, saj gre za povsem običajne kemijsko – fizikalne procese (Stolaroff, 2008: 2728-2735). Če bodo ustrezne politično – ekonomske razmere, lahko takšne obrate pričakujemo že v bližnji prihodnosti (Rubin, 2008: 311-317).

Tehnologijo s slike 7 bi lahko uporabili tudi v motornih vozilih in s tem praktično eliminirali emisije  $\text{CO}_2$  iz vozil, saj bi  $\text{CO}_2$  ulovili v  $\text{NaOH}$  ali  $\text{LiOH}$ , ki bi ga nato na bencinski črpalki izčrpali in odpeljali v tovarno, kjer bi izplenili  $\text{CO}_2$  ter ga porabili za produkcijo biodizla ali bioalkohola. Na ta način bi bil krog  $\text{CO}_2$  popolnoma sklenjen brez prehoda v atmosfero.

Poleg zgoraj naštetih idejnih tehnoloških rešitev odstranjevanja  $\text{CO}_2$  iz zraka obstaja še vrsta drugih tehnoloških možnosti in idej – nekatere so realne, druge pa verjetno neuresničljive (Power Plant Emissions to Biofuels, 2008). V zadnjem delu tega članka navajamo nekatere »teoretične«

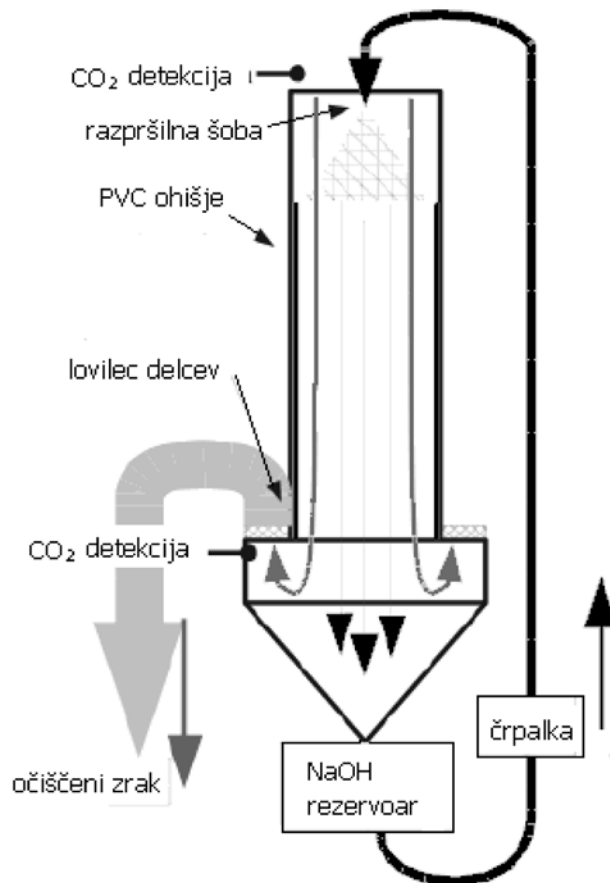
Tabela 1: Prikaz kemičnih reakcij vezave CO<sub>2</sub> iz zraka

reakcije		ΔH	
		kJ/mol-C	GJ/t-C
1	$\text{CO}_2 \text{ (plin)} + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$	-110	-9
2	$\text{CO}_3^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 \text{ (trden)}$	12	1
3	$\text{CaO (trden)} + \text{H}_2\text{O (tekoč)} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$	-82	-7
4	$\text{CaCO}_3 \text{ (trden)} \rightarrow \text{CaO (trden)} + \text{CO}_2 \text{ (plin)}$	179	15

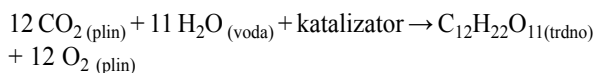
Slika 5: Primer tehnološkega postopka odstranjevanja CO<sub>2</sub> iz zraka (Keith 2005, 21)Slika 6: Prikaz možnih kemijskih pretvorb CO<sub>2</sub> iz zraka v koristne proizvode (Jitaru 2007: 334)

možnosti eko – tehnologij, ki jih še teorija v celoti ne dopušča. Navajamo jih le zato, ker so lahko zelo poenostavljene »bližnjice« v eko-tehnoloških postopkih. Vendar pa takšnih tehnoloških postopkov zaenkrat še niso razvili. Zelo zanimiv

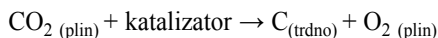
tehnološki postopek bi bil tisti, ki bi posnemal fotosintezo v industrijskem obratu. Na primer nastanek sladkorja z vezavo ogljikovega dioksida in vode ob prisotnosti ustreznega katalizatorja .



Slika 7: Na sliki je prikazana pilotna naprava, na kateri se izvajajo preskusi odstranjevanja CO<sub>2</sub> iz zraka ( J.Stoloroff in Carnegie Mellon)



Takšen postopek zaenkrat obvladajo le rastline, znanstveniki in tehnologi pa žal še ne. Naslednji teoretični postopek je lahko razgradnja ogljikovega dioksida v ogljik in kisik.



Pod izjemnimi pogoji je takšna reakcija sicer možna, ni pa še razvitega ustreznega tehnološkega postopka, ki bi bil uporaben za odstranjevanje CO<sub>2</sub> iz zraka. Morda ne bodo nikoli razvili takšnih in podobnih tehnoloških postopkov, ki bi bili uporabni v praksi.

V zadnjem času se pojavljajo na področju okoljskih tehnologij določena spoznanja, ki lahko bistveno zamajajo obstoječe poglede na procese čiščenja (Shao 2009). Različne raziskave biokemijskih procesov v živih organizmih dopuščajo možnost, da Lavoisierjeva teorija ne drži v celoti. Obstoji domneva, da je možna transformacija atomov tudi pri normalnih pogojih. Takšne transformacije bi naj bili sposobnost nekateri živi organizmi (rastline, mikroorganizmi). Znanost še

nima ustreznih dokazov, da so takšne transformacije možne pod normalnimi pogoji.

Ker veliko ekoloških tehnologij še ni razvitih do te stopnje, da bi jih lahko uporabili v praksi, mora eko-managment upoštevati razvoj novih tehnologij. Približno tako je zastavljen eko-managment pri onesnaževanju voda. »Operativni program odvajanja in čiščenja odpadnih voda« temelji predvsem na izgradnji kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav in ne govori o prepovedih emisij snovi v vode. Zaradi zaščite voda prav tako veljajo omejitve in takse, vendar pa je povsem enakovredna opcija omejevanju tudi izgradnja kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav. Važno je, da so na koncu vodna telesa čista (podtalnice, reke, jezera, morje). Na primer »Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov«, ki predstavlja državni eko-managment na področju onesnaževanja ozračja s CO<sub>2</sub>, pa ne obravnava kompletnega ciklusa kroženja CO<sub>2</sub>, temveč se omejuje la na emisije. Ustrezen eko-managment mora obravnavati kompletni cikel kroženja CO<sub>2</sub> v ozračju in ne le eno polovico. V takšnem programu manjkajo spodbude za razvoj novih tehnologij vezanja CO<sub>2</sub> iz izpušnih plinov, ter tudi spodbude za povečanje zelenih površin ali vodnih površin z algami, ki odstranjujejo CO<sub>2</sub> iz zraka.

## 3.2 Pregled normativnih aktov za zmanjšanje toplogrednih plinov

### Normativni akti na nivoju Evropske unije

Evropska unija je vzpostavila mehanizem, ki redno spremlja obseg izpustov toplogrednih plinov in njihovo absorpcijo. Kot del prizadevanj za zmanjšanje izpustov je uvedla sistem trgovanja z izpusti toplogrednih plinov in sprejela pravila o fluoriranih toplogrednih plinih:

- Direktiva 2009/29/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o spremembi Direktive 2003/87/ES z namenom izboljšanja in razširitve sistema Skupnosti za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov (1) (Uradni list L 140/63)
- 2006/944/ES: Odločba Komisije z dne 14. decembra 2006 o določitvi ravnih emisij, ki se dodelijo Skupnosti in vsaki od njenih držav članic v okviru Kjotskega protokola v skladu z Odločbo Sveta 2002/358/ES (notificirano pod dokumentarno številko C(2006) 6468) (Uradni list L 358, 16/12/2006 str. 0087 – 0089)
- 2006/780/ES: Odločba Komisije z dne 13. novembra 2006 o izogitvi dvojnemu štetju zmanjšanja emisij toplogrednih plinov v okviru sistema Skupnosti za trgovanje z emisijami za projektne dejavnosti iz Kjotskega protokola v skladu z Direktivo 2003/87/ES Evropskega parlamenta in Sveta (notificirano pod dokumentarno številko C(2006) 5362) (Besedilo velja za EGP) (Uradni list L 316, 16/11/2006 str. 0012 – 0017)
- Odločba št. 280/2004/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 11. februarja 2004 o mehanizmu za spremljanje emisij toplogrednih plinov v Skupnosti in o izvajanju Kjotskega protokola (Uradni list L 049 , 19/02/2004 str. 0001 - 0008, posebna izdaja v slovenščini poglavje 15 zvezek 08 str. 57 – 64)
- Direktiva 2004/101/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. oktobra 2004 o spremembah Direktive 2003/87/ES o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov v Skupnosti glede na projektne mehanizme iz Kjotskega protokola. Besedilo velja za EGP (Uradni list L 338 , 13/11/2004 str. 0018 – 0023)
- Priloga 1 Kjotski protokol k okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (Uradni list L 130, 15/05/2002 str. 0004 – 0020, posebna izdaja v slovenščini poglavje 11 zvezek 42 str. 27 – 43)
- Odločba Sveta z dne 25. aprila 2002 o odobritvi Kjotskega protokola k Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja v imenu Evropske skupnosti in skupnega izpolnjevanja iz njega izhajajočih obveznosti (Uradni list L 130 , 15/05/2002 str. 0001 – 0003, posebna izdaja v slovenščini poglavje 11 zvezek 42 str. 24 – 26)
- 2006/780/ES: Odločba Komisije z dne 13. novembra 2006 o izogitvi dvojnemu štetju zmanjšanja emisij toplogrednih plinov v okviru sistema Skupnosti za trgovanje z emisijami za projektne dejavnosti iz Kjotskega protokola v skladu z Direktivo 2003/87/ES Evropskega parlamenta in Sveta (notificirano pod dokumentarno številko C(2006) 5362) (Besedilo velja za EGP) (Uradni list L 316, 16/11/2006 str. 0012 – 0017)
- Uredba (ES) št. 842/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. maja 2006 o določenih fluoriranih toplogrednih plinih (Besedilo velja za EGP) (Uradni list L 161, 14/06/2006 str. 0001 – 0011)
- 2005/381/ES: Odločba Komisije z dne 4. maja 2005 o uvedbi vprašalnika za poročanje o uporabi Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2003/87/ES o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov v Skupnosti in o spremembi Direktive Sveta 96/61/ES (notificirano pod dokumentarno številko K(2005) 1359) (Besedilo velja za EGP) (Uradni list L 126, 19/05/2005 str. 0043 – 0054)
- 2005/166/ES: Odločba Komisije z dne 10. februarja 2005 o določitvi pravil za izvajanje Odločbe št. 280/2004/ES Evropskega parlamenta in Sveta o mehanizmu za spremljanje emisij toplogrednih plinov Skupnosti in o izvajanju Kjotskega protokola (notificirana pod dokumentarno številko K(2005) 247) (Uradni list L 055 , 01/03/2005 str. 0057 – 0091)
- Odločba Komisije z dne 29. januarja 2004 o določitvi smernic za spremljanje in poročanje o emisijah toplogrednih plinov v skladu z direktivo 2003/87/ES Evropskega parlamenta in Sveta (notificirano pod dokumentarno številko C(2004)130)Besedilo velja za EGP. (Uradni list L 059, 26/02/2004 str. 0001 – 0074, posebna izdaja v slovenščini poglavje 15 zvezek 08 str. 100 – 173)
- Direktiva 2003/87/ES evropskega parlamenta in Sveta z dne 13. oktobra 2003 o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov v Skupnosti in o spremembi Direktive Sveta 96/61/ES, Besedilo velja za EGP.(Uradni list L 275, 25/10/2003 str. 0032 – 0046, posebna izdaja v slovenščini poglavje 15 zvezek 07 str. 631 – 646)
- 93/389/EEC: Council Decision of 24 June 1993 for a monitoring mechanism of Community CO<sub>2</sub> and other greenhouse gas emissions (Uradni list L 167, 09/07/1993 str. 0031 – 0033)
- Council Resolution of 21 June 1989 on the greenhouse effect and the Community (Uradni list C 183 , 20/07/1989 str. 0004 – 0005)

Če pregledamo navedene predpise, lahko ugotovimo, da so usmerjeni le v zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v ozračje. To pomeni, da ne podpirajo kompletnega ciklusa kroženja CO<sub>2</sub> v naravi in zato ne zagotavljajo pogojev za optimalni eko-management.

### Normativni akti na nivoju Slovenije

- Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012 (sprejet na seji vlade RS, 30.7.2009)
- Operativni program zmanjševanj emisij snovi v zrak iz velikih kurilnih naprav (sklep vlade RS sprejet 9.2.2006)
- Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012 (sklep vlade RS sprejet 3.7.2008)
- Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanjega zraka /Revizija operativnega programa doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij

onesnaževal zunanje zraka iz leta 2005 (sklep vlade RS sprejet 4.1.2007)

- Sklep o določitvi cene za enoto obremenitve okolja z emisijo ogljikovega dioksida za leto 2009 (Uradni list RS, št. 16/09)
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 81/07)
- *Uredba o spremembi Uredbe o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja* (Uradni list RS, št. 61/09)
- *Uredba o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav* (Uradni list RS, št. 34/07)

Če pregledamo navedene predpise, lahko ugotovimo, da so usmerjeni le v zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v ozračje. Ker ne podpirajo kompletnega ciklusa kroženja CO<sub>2</sub> v naravi, ne zagotavljajo ustreznih pogojev za optimalni eko-management.

### 3.3 Pregled podpornega okolja za eko-management na nivoju gospodarskih družb in gospodarskih združenj

Izraz eko-management zasledimo najpogosteje v Evropi kot EMAS - the Eco-Management and Audit Scheme. EMAS je orodje za upravljanje podjetij in drugih organizacij, z namenom, da ocenijo poročila in izboljšajo svojo okoljsko uspešnost. Shema je bila najprej na voljo sodelujočim podjetjem v projektu. Od leta 2001 pa je EMAS odprt za vse gospodarske sektorje, ki vključujejo javne in zasebne storitve. V EMAS sistemu se ocenjujejo okoljski vplivi na način, ki je prikazan v tabeli 1 (Regulation of the European parliament and of the council on the voluntary participation by organisation in a Community eco-management and audit scheme). Poleg EMAS združenja je na nivoju Evropske unije še več drugih strokovnih združenj, ki so namenjene za podporo gospodarskim družbam na področju eko-managementa.

Mednarodni tehnični odbor ISO/TC 207 (Environmental Management, 2009) se ukvarja s standardizacijo na področju sistemov ravnanja z okoljem in z orodji za pomoč pri trajnostnem razvoju (ISO 14000). To so standardi s področja eko-managementa. Ne pripravljajo pa standardov na naslednjih področjih:

- preskusne metode za merjenje onesnaženja, ki jih pripravljajo drugi tehnični odbori (ISO/TC 146 kakovost zraka, ISO/TC 147 kakovost vode, ISO/TC 190 kakovost tal in ISO/TC 43 akustika),
- ne postavlja mejnih vrednosti onesnaževalcev okolja,
- ne postavlja stopenj učinkov ravnanja z okoljem in
- ne pripravljajo standardov za proizvode.

Mednarodni standardi skupine ISO 14000 za ravnanje z okoljem obravnavajo organizacijo z vidika upravljanja z okoljem v gospodarskih družbah, javnih zavodih in drugih organizacijah. So relativno novi v primerjavi z drugimi standardi za vzorčenje, preskušanje in analitske metode za spremljanje in nadzor posebnih okoljskih vidikov. Standardi za ravnanje z

okoljem so uporabni za vse organizacije. Vsem organizacijam bi naj 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.

Mednarodni tehnični odbor ISO/TC 207 tesno sodeluje s tehničnim odborom ISO/TC 176, ki pripravlja standarde skupine ISO 9000. To sodelovanje je sedaj zelo intenzivno pri pripravi novih izdaj ISO 9000 in ISO 14000.

Evropski tehnični odbor CEN/SS S26 za ravnanje z okoljem aktivno spremlja delo mednarodnega tehničnega odbora ISO/TC 207 za ravnanje z okoljem. Pri standardih, ki so pomembni tudi za evropsko okolje sodeluje v paralelnih ISO/CEN javnih obravnavah in paralelnih ISO/CEN glasovanjih. Ne pripravljajo pa lastnih standardov.

Na nivoju Slovenije imamo prav tako določeno podporno okolje za optimalnejši eko-management. Od tega podpornega okolja imata verjetno največjo vlogo GZS in Eko sklad.

## 4 Zaključki in sklepi

Reševanje problematike onesnaževanja ozračja s prekomernimi količinami CO<sub>2</sub> je potrebno obravnavati celovito v smislu eko – managementa in ne le ozko, glede na trenutno aktualno politiko. Prav neupoštevanje naravnega ravnatežja je povzročilo prekomerno vsebnost CO<sub>2</sub> v ozračju. Pri tem je potrebno v veliko večji meri računati na nove tehnološke rešitve, ki lahko spremenijo politične in ekonomske probleme celo v ekonomske koristi. Takšne ekonomske koristi pa lahko nastanejo le pri razvoju učinkovitih tehnoloških rešitev za odstranjevanje CO<sub>2</sub> iz zraka. Glavna naloga eko – managementa na tem področju je organizacija vseh ekoloških, političnih, ekonomskih in tehnoloških potencialov. Eko-management naj omogoči tehnologom, da bodo imeli na razpolago ustrezne možnosti za razvoj novih tehnologij za odstranjevanje CO<sub>2</sub>. Tehnologije za odstranjevanje prekomernih količin CO<sub>2</sub> iz zraka naj bodo ena izmed glavnih prioritete znanstvenega in tehnološkega razvoja. Žal tudi novi predlog »Operativnega programa zmanjševanja toplogrednih plinov« v ničemer ne podpira razvoja novih tehnologij za odstranjevanje CO<sub>2</sub> iz onesnaženih plinov. »Operativni program za zmanjšanje toplogrednih plinov« ne zasleduje ciljev iz kompletnega ciklusa kroženja CO<sub>2</sub> v naravi, temveč se omejuje le na desno polovico ciklusa, ki je prikazan na sliki št. 1. Vendar pa tudi na desni strani ciklusa ne upošteva dovolj virov nastajanja toplogrednih plinov iz kmetijske proizvodnje.

Eko – management mora dati veliko večjo težo levi polovici ciklusa kroženja CO<sub>2</sub> v naravi. Zgoraj opisane možne tehnološke rešitve so lahko pri tem velika pomoč pri vzpostavitvi ugodnejšega naravnega ravnatežja z bistveno manjšo vsebnostjo CO<sub>2</sub> v zraku. Verjetno obstajajo velike možnosti tudi za spodbujanje povečane naravne sposobnosti vezanja CO<sub>2</sub>. Takšne možnosti so na primer: povečanje zelenih površin, povečanje alg v vodnih telesih, itd. Na zazidanih površinah bi lahko bilo veliko več rastlinja, ki odstranjuje CO<sub>2</sub> (zelena parkirišča, zelene strehe, itd.). Morda je možno razviti takšne rastline, ki bodo namenjene



učinkovitemu odstranjevanju CO<sub>2</sub> iz zraka in ne le konkretnim drugim gospodarskim koristim – pridelku. Rezultati določenih raziskav, ki so v teku, potrjujejo to možnost. Iz vidika strategije zmanjšanja toplogrednih plinov je potrebno realno ovrednotiti tudi rastlinske in živalske vrste in se ne omejevati le na izpuste iz industrijskih virov, kurišč in transportnih sredstev. Poznano je, da goveja živina povzroča bistveno večje emisije toplogrednih plinov na kilogram priraje mesa kot nekatere druge živali (desna stran ravnotežnega diagrama). Še bistveno večja razlika obstaja pri vezavi CO<sub>2</sub> na različne rastline, ki so posajene na hektarju površine (leva stran ravnotežnega diagrama).

## 5 Viri in literatura

- Ausfelder, F. & Bazzanella, A. (2008). *Verwertung und Speicherung von CO<sub>2</sub>*, Dechema: 1-36.
- Commission of the European communities, Brussels, sec. 2008, 2121. Regulation of the European parliament and of the council on the voluntary participation by organisation in a Community eco-management and audit scheme (EMS): 1 – 56.
- Freese, B., Clemmer, S. & Noguee, A. (2008). *Coal Power in a Warming World, Union of Concerned Scientists, Oktober 2008*.
- ISO/TR 14032:1999. Environmental Management — Examples of environmental performance evaluation (EPE) (e-standard).
- ISO/TC 207 N932, Environmental Management, July 20, 2009. Standard Council of Canada (SCC).
- Jitaru, M. (2007). Electrochemical Carbondioxide Reduction – Fundamental and Applied Topics, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 42: 333-344.
- Keith, D.W., Duong, M.H. & Stolaroff, J.K. (2005). Climate Strategy with CO<sub>2</sub> Capture from the Air, *Climatic Change*, Springer: 1-29.
- Lucius, E.R., Bayrhuber, H., Hildebrandt, K., Lochte, K., Peinert, R., Quesser, C., Parchmann, I., Schüter, K. & Starke, K.H. (2005). Der Kohlenstoffkreislauf, Modul 9, Bundesministerium für Bildung und Forschung: 1-129.
- Operativni program zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do leta 2012, OP TG – 1, R.S., št. 35405 – 2/2009/9.
- Pörtner, H.O. (2006). Auswirkung von Temperaturerhöhung und CO<sub>2</sub> – Eintrag auf die Biosphere, Externe Expertise für das WBGU – Sondergutachtung »Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauber«, Berlin.
- Power Plant Emissions to Biofuels, US DOE/NETL Contract No: DE – FC26-06NT 42759, 2008, *Arizona Public Service*.
- Rubin, E.S. (2008). CO<sub>2</sub> Capture and Transport, *Elements*, 4: 311-317.
- Stolaroff, J.K., Keith, D.W. & Lowry, G.V. (2008). *Carbon Dioxide Capture from Atmospheric Air Using Sodium Hydroxide Spray*, *Environ. Sci. Technol.*, 42: 2728 – 2735.
- Shao, R. & Stangeland, A. (2009). *Amines Used in CO<sub>2</sub> Capture – Health and Environmental Impacts*, *Bellona Report*.
- Wuppertal Institut (2007). Strukturell - ökonomisch – ökologischer vergleich regenerativer Energie – technologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

**Darko Drev** je na Univerzi v Ljubljani sem diplomiral iz kemijske tehnologije. Iz istega področja je čez nekaj let tudi magistriral. Na polovici službene kariere se je preusmeril na ekološko inženirstvo in na UL FG iz te problematike tudi doktoriral. Svojo službeno pot je začel v gospodarstvu, kjer je bil zaposlen 16 let. V gospodarstvu je delal kot tehnolog, vodja proizvodnje, vodja razvoja ter kot tehnični direktor. Svojo službeno pot je nato nadaljeval v javnih zavodih, kjer je delal kot ekspertni vodja, v.d. direktor, raziskovalec in delno tudi kot učitelj.

**Duška Drev** je leta 1977 končala Višjo šolo s področja zdravstvene nege, 1990 pa je diplomirana na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za organizacijske vede v Kranju. Je absolventka magistrskega študija s področja managementa na UP Fakulteti za management v Kopru. Zaposlena je bila v zdravstvu in šolstvu, od tega največ na področju organizacije. Trenutno je pomočnica direktorja bolnišnice za področje zdravstvene nege ter predavateljica na Visoki zdravstveni šoli v Celju.

**Boris Kompare** je redni profesor za Okoljsko inženirstvo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, kjer je predstojnik Oddelka za okoljsko gradbeništvo. Njegovo raziskovalno delo obsega najnovejše razvojne tehnologije čiščenja odpadne vode, odstranjevanja ksenobiotikov iz pitne in odpadne vode, ekološke manipulacije in ekoremediacije, matematično modeliranje, hibridno modeliranje z uporabo umetne inteligence, itd. Trenutno je predsednik Slovenskega društva za zaščito voda.