

**»Mladi za napredek Maribora 2016«**

33. srečanje

**OCENA VPLIVA IZBRANEGA KEMIJSKEGA PROCESA NA OKOLJE PO METODI  
LCA**

Raziskovalno področje: Kemija

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: AJA BRECELJ KOLAR  
Mentor: LIDIJA ČUČEK  
Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, februar 2016

## **Kazalo vsebine**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PODROČJA IN PROBLEMA NALOGE.....	1
1.2 NAMEN IN CILJI .....	2
1.3 OPREDELITEV CILJEV IN HIPOTEZ NALOGE.....	2
1.4 METODE RAZISKOVANJA .....	3
<b>2. TEORETIČNO OZADJE RAZISKAVE</b> .....	<b>3</b>
2.1 LCA .....	3
2.2 POJEM OKOLJSKIH VPLIVOV .....	8
2.2.1 <i>Učinek tople grede</i> .....	9
2.2.2 <i>Razgradnja ozonskega sloja</i> .....	10
2.2.3 <i>Fotokemični smog</i> .....	12
2.2.4 <i>Evtrofikacija voda in zemlje</i> .....	13
2.2.5 <i>Kisel dež</i> .....	14
2.2.6 <i>Toksičnost snovi</i> .....	15
2.2.7 <i>Izčrpavanje neobnovljivih virov</i> .....	15
2.3 ŠTUDIJA PRIMERA.....	16
2.3.1 <i>Proizvodnja električne energije iz bioplina</i> .....	16
2.3.2 <i>Zemeljski plin</i> .....	16
<b>3. METODOLOGIJA PRAKTIČNEGA RAZISKOVANJA</b> .....	<b>17</b>

<b>4. REZULTATI OPRAVLJENIH PREIZKUSOV.....</b>	<b>18</b>
<b>5. REZULTATI IN INTERPRETACIJA .....</b>	<b>27</b>
<b>6. SKLEPI .....</b>	<b>33</b>
<b>7. DRUŽBENA KORIST .....</b>	<b>34</b>
<b>8. VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>37</b>
8.1 LITERATURA.....	37
8.2 VIRI.....	37

## **Seznam tabel**

Tabela 1: Izračunane količine surovin pri preizkusu 30G70S .....	19
Tabela 2: Izračunane količine produktov pri preizkusu 30G70S .....	19
Tabela 3: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 30G70S v primeru povprečnega transporta 20 km .....	20
Tabela 4: Izračunane količine surovin pri preizkusu 70G30S .....	22
Tabela 5: Izračunane količine produktov pri preizkusu 70G30S .....	22
Tabela 6: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 70G30S .....	23
Tabela 7: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 70G30S pri transportu s razdalje 100 km .	23
Tabela 8: Izračunane količine surovin pri preizkusu 30G30S30G110Ko .....	24
Tabela 9: Izračunane količine produktov pri preizkusu 30G30S30G110Ko .....	24
Tabela 10: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 30G30S30G110Ko .....	26
Tabela 11: Vplivi na okolje črpanja in transporta zemeljskega plina .....	26
Tabela 12: Potencial acidifikacije / kislega dežja .....	27
Tabela 13: Globalno segrevanje .....	28
Tabela 14: Potencial eutrofikacije .....	29
Tabela 15: Tanjšanje ozonske plasti .....	29
Tabela 16: Fotokemični potencial .....	30

## **Seznam grafov**

Graf 1: Prikaz elementov v odvisnosti glede na izpust ogljikovega dioksida pri proizvodnji bioplina 30G70S pri transportu s razdalje 20 km .....	21
Graf 2: Potencial evtrofikacije v odvisnosti elementov v proizvodnji bioplina 30G70S pri transportu s razdalje 20 km .....	21
Graf 3: Premerjava vseh vplivov na okolje .....	31

## **Seznam slik**

Slika 1: Shema metodologije življenjskega cikla .....	4
Slika 2: Shema procesa "od zibelke do vrat" in "od zibelke do groba" .....	5
Slika 3: Faze analize življenjskega cikla .....	7
Slika 4: Učinek tople grede .....	10
Slika 5: Zmanjševanje koncentracij ozona v stratosferi .....	12
Slika 6: Fotokemično nastajanje ozona .....	13
Slika 7: Evtrofikacija voda in zemlje .....	14
Slika 8: Shema proizvodnje bioplina iz silaže in gnoja .....	20
Slika 9: Shema proizvodnje bioplina bioplina iz koruzne silaže, gnoja, glicerola in klavničnih odpadkov .....	25

## **POVZETEK**

V nalogi smo z metodo analize življenjskega cikla (LCA) proizvodnje bioplina ocenili vplive na okolje. Ocenjevanje je zajelo cel življenjski cikel proizvodnje bioplina od pridobivanja surovin do uporabe izdelka. Okoljske vplive smo analizirali s programom OpenLCA. Izsledki raziskave so za družbo koristni, saj so nam zdaj na voljo podatki o vplivih proizvodnje bioplina v različnih možnostih. Ugotovili smo, da je okolju najbolj prijazna proizvodnja bioplina iz 70% prašičjega gnoja in 30% koruzne silaže. Predlagamo aktivnosti, ki bodo spodbujale proizvodnjo in uporabo okolju najprimernejših načinov proizvodnje bioplina (bioplin 70G30S, bioplin 30G70S in bioplin 30G30S30G110Ko) oz. uporabo zemeljskega plina v okoliščinah, kjer je to primerneje (transport surovin bioplina nad 20 km). Naloga prispeva k naporom za zmanjšanje neustreznih vplivov na okolje, ki jih izzovejo izbrani proizvodni procesi in surovine v celotnem življenjskem ciklu.

## **ZAHVALA**

Mentorici in profesorici kemije se iskreno zahvaljujem za spodbudo, vodenje, nasvete in kritike pri nastajanju raziskovalne naloge. Zahvala tudi staršem za podporo in nasvete, ki so izboljšali nalogo.

## 1. UVOD

### 1.1 OPREDELITEV PODROČJA IN PROBLEMA NALOGE

Eden glavnih okoljevarstvenih problemov današnje družbe je nenehno naraščajoča proizvodnja in kopičenje odpadkov. V številnih državah postaja izraba, preprečevanje nastajanja in zmanjševanje količine odpadkov družbena prioriteta in pomemben del občega truda za zmanjševanje onesnaževanja okolja, toplogrednih emisij in ublažitev globalnih klimatskih sprememb (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Nekoč-običajno nenadzorovano odlaganje odpadkov danes ni več sprejemljivo. Tudi nadzorovano odlaganje na za to namenjeno zemljišče ali sežiganje organskih odpadkov, nista najustreznejši rešitvi. Danes so pričakovani standardi ravnanja z okoljem mnogo strožji in pričakuje se rekuperacija energije ter recikliranje hranilnih in organskih snovi. Proizvodnja bioplina z anaerobno digestijo<sup>1</sup> je s te plati zelo primerna. Ta proizvodnja namreč omogoča ravnanje s celo vrsto organskih odpadkov, s pretvorbo le-teh v obnovljiv vir energije in tudi proizvodnjo ekološko sprejemljivega stranskega proizvoda organskega gnojila (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Anaerobna digestija je najbolj funkcionalen proces stabilizacije odplak, medtem ko se organska snov preoblikuje v bioplin. Slaba stran običajne anaerobne digestije je počasna razgradnja gošče (Mudhod, 2012, str. 91).

Postavlja se vprašanje, kako lahko najbolj gospodarno<sup>2</sup> pridelamo bioplin: kakšne vplive bo imela proizvodnja bioplina na okolje v odvisnosti od surovin za ta produkt in kakšne vplive

---

<sup>1</sup> Anaerobna digestija je biokemični proces, med katerim različne vrste mikroorganizmov ob odsotnosti kisika, razkrajajo kompleksne organske substrate (zelena biomasa in odpadki, živalska gnojevka in blato, organski odpadki in odplake, kanalizacijska gošča) v bioplin in presnovljeni bioplin (Al Seadi in drugi, 2010, str. 17).

<sup>2</sup> Ekonomičnost oz. gospodarnost, načelo gospodarjenja, ki zahteva, da se ustvari določen rezultat z najmanjšo porabo elementov produkcijskega procesa, tj. materiala, sredstev za delo in delovne sile (Leksikon, 1973, 219). Gospodarjenje je proces, kjer želimo z čim nižjim vložkom (inputi) prigrisodariti maksimalne koristi - izločke (outpute); merilo gospodarnosti so lahko denarno vrednostne kategorije, kvantitativne merske ali kvalitativne (opisne ocene) (Leksikon, 1973, 219).



bo imela proizvodnja bioplina v primerjavi z zemeljskim plinom, ter ali lahko bioplin in zemeljski plin optimiramo iz vidika okoljskih vplivov. Po pregledu razpoložljivih dostopnih virov nismo našli znanstveno podprtih odgovorov na zastavljena vprašanja, ki bi nas zadovoljili. Na podlagi naših zastavljenih odprtih vprašanj in znanstvene radovednosti opredeljujemo problem raziskave. Ta se glasi: »Kakšni so obremenilni in razbremenilni vplivi na okolje pri proizvodnji bioplina v odvisnosti od surovin za ta produkt ter kakšna je primerjava teh vplivov v primerjavi z zemeljskim plinom?«

## **1.2 NAMEN IN CILJI**

Cilj raziskovalne naloge je analizirati okoljske vplive proizvodnje bioplina s primerjanjem različnih surovin (koruzna silaža, gnoj, glicerol, klavnični odpadki) in razmerij surovin ter primerjati okoljske vplive proizvodnje bioplina s vplivi proizvodnje zemeljskega plina.

Namen raziskovalne naloge je prispevati k naporom za zmanjšanje vplivov na okolje, ki jih izzovejo izbrani proizvodni procesi in surovine v celotnem življenjskem ciklu. Želimo tudi spodbuditi razmišljanje odgovornih deležnikov, da sprejmejo ustrezne stimulative ukrepe za spodbujanje aktivnosti, ki bodo v največji meri pospešile proizvodnjo in uporabo okolju najprimernejših izdelkov.

## **1.3 OPREDELITEV CILJEV IN HIPOTEZ NALOGE**

Cilj raziskovalne naloge je poiskati odgovore na prej predstavljena vprašanja in s tem rešiti zastavljen problem naloge.

Na osnovi postavljenega problema in ciljev naloge postavljamo naslednje hipoteze naloge:

**H1:** Proizvodnja bioplina je okoljsko boljša alternativa kot raba zemeljskega plina.

**H2:** Bioplin je okolju prijaznejši, če je proizveden iz glicerola, klavničnih odpadkov, koruzne silaže in gnoja kot le iz gnoja in koruzne silaže.

**H3:** Proizvodnja bioplina je okolju prijaznejša, če surovina vsebuje več gnoja (70% gnoja in 30% silaže) v primerjavi s bioplinom, ki vsebuje več silaže (30% gnoja in 70% silaže).

**H4:** V primeru dolgih razdalj (transport surovin do bioplinarne) je okoljsko bolj prijazno uporabljati zemeljski plin kot bioplin.

## **1.4 METODE RAZISKOVANJA**

Raziskavo sestavlja priprava teoretične podlage za izvedbo praktičnih preizkusov, s katerimi iščemo odgovore na zastavljena vprašanja naloge. Teoretične podlage za praktični del preizkusa smo pripravili s pomočjo metode kompilacije in sinteze ugotovitev zapisov različnih virov in avtorjev. Praktični del raziskave je delno zajemal preizkuse izpeljane v laboratoriju. Testi in izračuni so opravljeni s pomočjo računalniškega programa OpenLCA (dostopno na URL naslovu: [http://www.openlca.org/download\\_page](http://www.openlca.org/download_page) [20.11.2015] ), uporaba je predstavljena v nadaljevanju naloge.

## **2. TEORETIČNO OZADJE RAZISKAVE**

Raziskava išče odgovore glede vplivov na okolje pri proizvodnji bioplina v odvisnosti od surovin za ta produkt. Najprej opredeljujemo pojmovno plat temeljnih raziskovalnih pojmov.

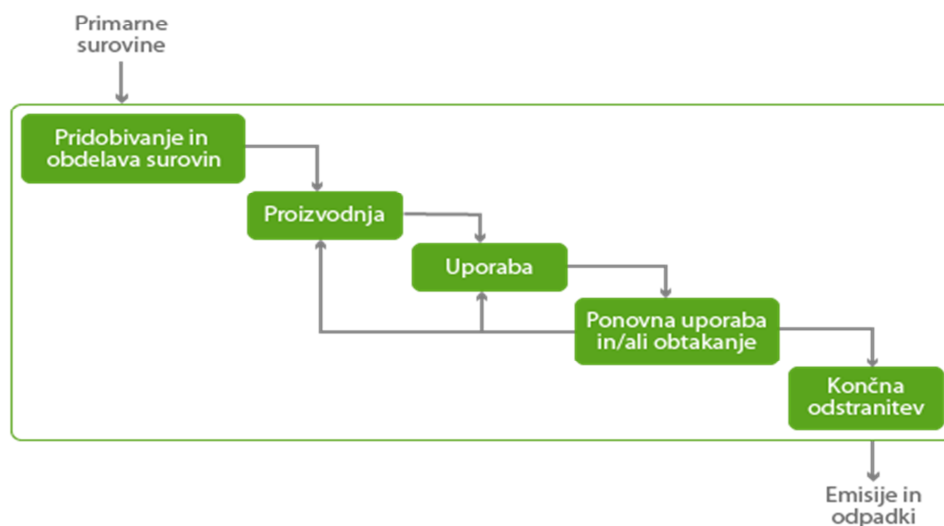
### **2.1 LCA**

Koncept življenjskega cikla izdelka je poznan že vrsto let, tako pri teoretikih kot pri praktikih na področju planiranja in marketinga. (Završnik, 1990, str. 7). LCA (Life Cycle Assessment, v nadaljevanju LCA) ali po slovensko analiza življenjskega cikla, je metoda za ovrednotenje masnih in energijskih vtokov ter iztokov ter njihovega vpliva na življenjsko okolje pri proizvodnji določenega produkta ali opravljanju določene storitve (Likon, Analiza življenjskega cikla)

LCA omogoča vrednotenje vplivov na okolje, ki nastajajo v celotnem življenjskem ciklu proizvoda (storitve, procesa, sistema ...) na transparenten način. S pomočjo LCA lahko ocenimo okoljske vplive novo razvitega proizvoda (storitve, procesa, sistema ...) in ga primerjamo s konkurenčnimi proizvodi ter identificiramo ključne stopnje, v katerih bi spremembe znižale vplive na okolje. Na rezultatih LCA analiz temeljijo deklaracije za okoljske proizvode. Komunikacija s kupci in drugimi zunanji deležniki je z deljenjem podatkov iz LCA analize bolj prepričljiva in uspešna. Izdelki se tržno diferencirajo, na voljo

so informacije o stroških celotnega življenjskega cikla proizvoda, ki imajo pomemben vpliv na ekonomski vidik trajnostnega razvoja. Postopek LCA analize je potrjen tudi v ISO, seriji standardov 14000 (Povzeto po: <http://www.zelenaslovenija.si> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <http://www.zelenaslovenija.si/kaj-nudimo/trajnostno-svetovanje/lca-in-lcca-analiza> [20.1.2016]).

Življenjski cikel proizvoda (krajše ŽCP) obsega naslednje glavne faze: pridobivanje in priprava surovin, proizvodnja, distribucija, transport, poraba ali uporaba ter odstranitev proizvoda. Osnovne faze življenjskega cikla so prikazane na sliki 1. V obravnavanje življenjskega cikla izbranega proizvoda je vedno potrebno vključiti tudi pridobivanje energije, potrebne za pridobivanje surovin, za njegovo predelavo, proizvodnjo, transport, distribucijo, uporabo itn., ki se začne prav tako s pridobivanjem potrebnih energetskega virov. Takšna zasnova ŽCP in LCA je ključnega pomena za izboljšanje okoljskih profilov materialov in izdelkov, saj omogoča okoljske intervencije ter izboljšanje vzdolž celotnega sistema (Radonjič, 2008, str. 164).



**Slika 1: Shema metodologije življenjskega cikla** (Vir: spletna stran: <http://www.zelenaslovenija.si/kaj-nudimo/trajnostno-svetovanje/lca-in-lcca-analiza> [20.1.2016])

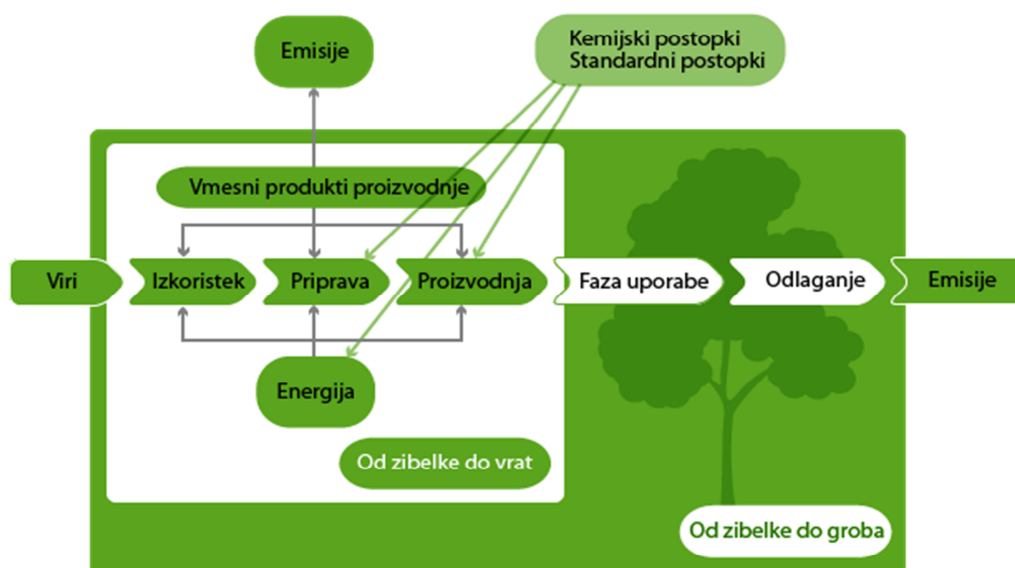
Življenjski cikli izdelkov oz. proizvodov se med seboj razlikujejo, tako poznamo (Capuder, 2012, str. 33):

- »cradle-to-grave« (od zibelke do groba)

→ Zajet je celotni ŽCP in LCA analiza od pridobivanja surovin, proizvodnje, preko uporabe izdelka do njegove končne odstranitve (smetišče, sežigalnica). Tak cikel je prikazan na sliki 2.

- »cradle-to-gate« (od zibelke do vrat)

→ LCA analiza zajame del ŽCP od pridobivanja surovin, proizvodnje do vrat tovarne, torej do trenutka, tik preden se izdelek dostavi do uporabnika. Ta različica LCA analize je uporabna za primerjavo okoljske učinkovitosti proizvodov in služi kot osnova za okoljsko deklaracijo proizvoda (angl. environmental product declarations – EPD). Tak cikel je prikazan na sliki 2.



**Slika 2: Shema procesa »od zibelke do vrat« in »od zibelke do groba«** (Vir: spletna stran: <http://www.zelenaslovenija.si/kaj-nudimo/trajnostno-svetovanje/lca-in-lcca-analiza>

[20.1.2016])

- »cradle-to-cradle« (od zibelke do zibelke)

→ Posebna vrsta LCA analize od zibelke do groba, kjer proces končne odstranitve izdelka zamenja proces 100% recikliranja, ki omogoča ponovno uporabo izdelka kot surovino v novem proizvodnem procesu.

- »gate-to-gate« (od vrat do vrat)

→ Delna LCA analiza ŽCP, kjer proizvodno verigo razdelimo na več proizvodnih procesov in je vsak predmet presoje.

Priprava ocene LCA lahko odigra zelo pomembno vlogo med snovanjem novih in izboljšanjem obstoječih izdelkov in/ali storitev. Izkušnje kažejo, da je v tej fazi možno določiti preko 80% okoljskih učinkov, ki jih bo imel proizvod (izdelek ali storitev) na podlagi izbora surovine skozi proizvodnjo ter uporabo do končnega ravnanja, ko pristane med odpadki. (Povzeto po: <https://www.gzs.si/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: [https://www.gzs.si/skupne\\_naloge/varstvo\\_okolja/vsebina/Podnebne-spremembe/Energetska-zasnova-izdelkov-LCA](https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Podnebne-spremembe/Energetska-zasnova-izdelkov-LCA) [5.1.2016]).

V praksi se podjetja velikokrat osredotočajo le na en del ŽCP, kot je na primer ravnanje z odpadki in vpliv na okolje (na primer emisije CO<sub>2</sub>), saj so prav ti širši javnosti tudi najbolj izpostavljeni. Vendar predstavlja ravnanje z odpadki v okviru obravnave ocenjevanje okoljskega vpliva ŽCP le eno od faz. Osredotočenost le na eno fazo, ločeno v povezavi z drugimi, lahko povzroči, da se medtem v drugi fazi vrši mnogo resnejše obremenjevanje okolja, kot je nastanek trdnih odpadkov. S holističnim pristopom<sup>3</sup>, ki zajema in obravnava celoten ŽCP, se lahko izognemo prestavljanju okoljskih problemov iz ene faze v drugo ali iz enega sistema v drugega. Poleg tega lahko tudi ugotovljamo, kako sprememba v eni fazi (npr. prehod na novi material) vpliva na druge faze v ŽCP. S tem je LCA metoda analiziranja ŽCP postala pomembno metodološko orodje za okoljsko optimiranje izdelkov. Metoda LCA ponuja možnost za razširitev meja obstoječih okoljskih politik podjetij, tj. takšnih, ki na

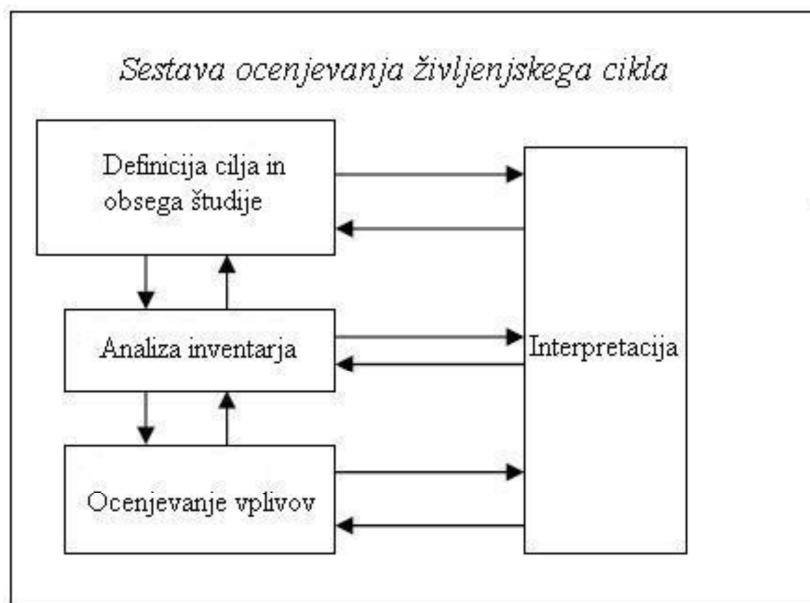
---

<sup>3</sup> Predmet opazovanja je celoten problem in ne posamezni deli ali vidiki (Vir: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/holistic> [20.1.2016]).

primer temeljijo predvsem na kontroli emisij, zniževanju porabe energije in količine nastalih odpadkov k bolj inovativnim rešitvam (Radonjič, 2008, str. 166).

V splošnem gre za poskus povezati pridobljene podatke o vrstah in količinah snovi iz predhodne faze z njihovimi škodljivimi učinki na okolje. Značilnost metode LCA je namreč tako kvantitativno kot tudi kvalitativno ovrednotenje vplivov na okolje. To ovrednotenje temelji na znanstvenih spoznanjih o vplivih škodljivih emisij v okolju in na zdravje. Po standardu ISO 14040 temelji ovrednotenje po naslednjih korakih (koraki so predstavljeni na sliki 3) (Radonjič, 2008, str. 172 in Balajc, 2010, str. 19):

1. definiranje namena in ciljev
2. analiza inventarja<sup>4</sup>
3. ocenjevanje vplivov na okolje
4. interpretacija.



**Slika 3: Faze analize življenjskega cikla** (Vir: Matelič, 2006, str. 36)

---

<sup>4</sup> Inventar - skupek stvari, ki sestavljajo zaokroženo enoto (SSKJ).

## 2.2 POJEM OKOLJSKIH VPLIVOV

Izraz okoljski vpliv se sestoji iz dveh pojmov: okolje in vpliv. Okolje se nanaša na fizični ekosistem v prvinski obliki (narava) ter družbeni (kakovost življenja, zdravje) in ekonomski razsežnosti (gospodarjenje z viri, biološka raznovrstnost). Beseda vpliv pa predstavlja neko posledico, ki jo okolju nek dejavnik predstavlja. Najpogosteje imamo z vplivi na okolje v mislih težave zaradi negativnega vpliva človeštva na okolje (onesnaženost, nezdravo življenjsko okolje, hrup, izumiranje živalskih in rastlinskih vrst itd.). Pogosto se z okoljskimi vplivi veže še pojem okoljska politika. Izraz okoljska politika tudi sestoji iz dveh pojmov: naravno okolje in politika (Concise Oxford Dictionary, 1995).

Namen okoljske politike je predvsem zmanjšanje onesnaženosti zraka, vode in tal, skrbno ravnanje z odpadki, upravljanje z ekosistemom, varstvo biološke raznovrstnosti in naravnih virov, divjine in ogroženih vrst ter ohranjanje vseh naštetih naravnih vrednot za prihodnje rodove. Okoljska politika je tesno povezana z obveščanjem o okoljskih vprašanjih in reševanjem okoljskih vplivov. (Mathur, 2009, str. 119)

Najpogosteje se upoštevajo naslednje kategorije okoljskih vplivov (Radonjič, 2008, str. 172):

- učinek tople grede
- razgradnja ozonskega sloja
- fotokemični smog
- evtrofikacija voda in zemlje
- kisli dež / acidifikacija tal
- toksičnost snovi
- izčrpavanje neobnovljivih virov.

Vsaka kategorija povezuje podatke iz faze inventarizacije s potencialnimi vplivi na okolje, natančneje z zgoraj naštetimi kategorijami vplivov v okolju. V ta namen je treba zbrane podatke o onesnaževalcih ustrezno grupirati ter uvrstiti v tiste kategorije vplivov, ki jih onesnaževalci povzročajo (npr. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> so uvrščeni kategorijo učinka tople grede)(ibidem).

Praviloma iste količine različnih snovi nimajo enakega škodljivega vpliva na okolje in zdravje živih bitij. Zato ni zadostno kar preprosto sešteti količine različnih emisij, saj so ene bolj, druge manj škodljive. Z drugimi besedami, izdelek, ki ima največjo skupno maso emitiranih snovi, ugotovljeno pri popisu v predhodni fazi LCA, ni nujno tudi okoljsko najbolj problematičen. Relativno škodljivost snovi je zaradi objektivnosti rezultatov treba upoštevati pri končnem rezultatu, kar je tudi glavni cilj te faze LCA (ibidem).

V nadaljevanju naloge bomo opisali nekaj najpogostejših kategorij vplivov na okolje.

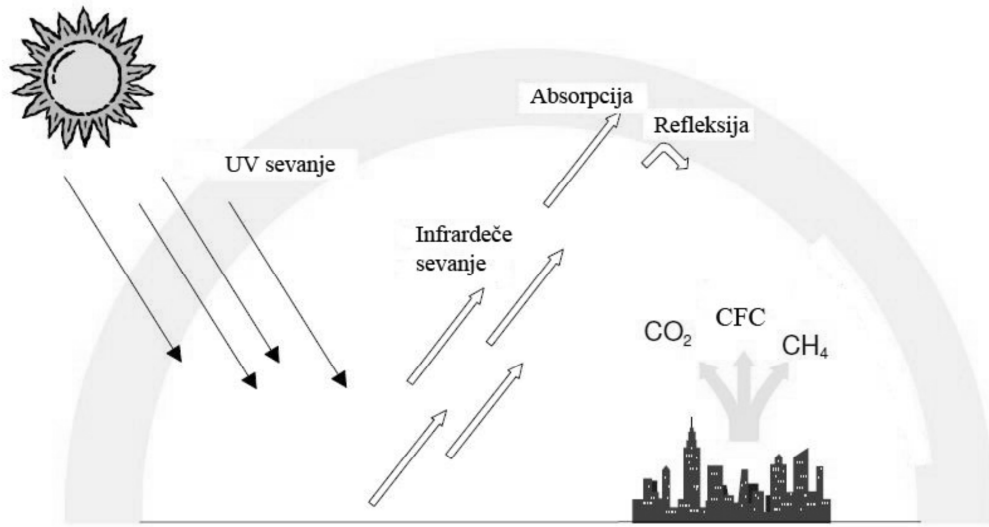
### *2.2.1 Učinek tople grede (kg CO<sub>2</sub> ekvivalent):*

Učinek tople grede je naraven pojav, ko nekateri plini v atmosferi zadržujejo toploto, ki bi drugače ušla v vesolje (slikovno je predstavljen na sliki 4). Zaradi tega so povprečne temperature Zemljinega površja višje. Učinek tople grede je izraz za otoplitev Zemljine površine in površja kot posledice emisij toplogrednih plinov zaradi uporabe fosilnih goriv in drugih človekovih dejavnosti. Atmosfera absorbira IR-sevanja, ki ga oddaja površina Zemlje potem ko je absorbirala pretežno kratkovalovne (UV) sevanje Sonca. Atmosfera deluje kot toplotni izolacijski plašč (Povzeto po: <https://kolednik.wordpress.com/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/ucinek-tople-grede/> [5.1.2016]).

Toplogredni plini prepuščajo kratkovalovno sevanje Sonca, glavni vir toplote Zemlje. Vendar pa vsrkavajo del infrardeče svetlobe večje valovne dolžine, ki jo oddaja Zemlja, ter s tem zmanjšujejo ohlajevanje oziroma oddajanje toplote, s čemer pripomorejo k segrevanju Zemlje. Kakšen vpliv imajo na segrevanje, je razvidno iz njihove zmožnosti globalnega segrevanja (ibidem).

Toplogredni plini so: vodna para (H<sub>2</sub>O), ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), didušikov oksid (N<sub>2</sub>O), kloro fluoro ogljikovodiki (CFC), SF<sub>6</sub>, triflorometan (HFC-23) in drugi toplogredni plini se merijo v ekvivalentu CO<sub>2</sub>. Količnik segrevanja ozračja metana je 25-krat, didušikovega oksida pa 298-krat večji od ogljikovega dioksida. (ibidem).





**Slika 4: Učinek tople grede** (Vir: Capuder, 2012, str. 46)

Posledice učinka tople grede so (ibidem):

- rahlo povišanje letne temperature
- ekstremna vremenska stanja: sušna obdobja, nevihte in poplave
- zaradi koncentracije klorofluorogljikov in žveplovega dioksida se ozonska luknja v stratosferi še vedno širi
- dvigovanje gladine morja
- taljenje ledenikov
- hitrejše vračanje in odhajanje ptic selivk.

### 2.2.2 Razgradnja ozonskega sloja (kg CFC-11 ekvivalent)

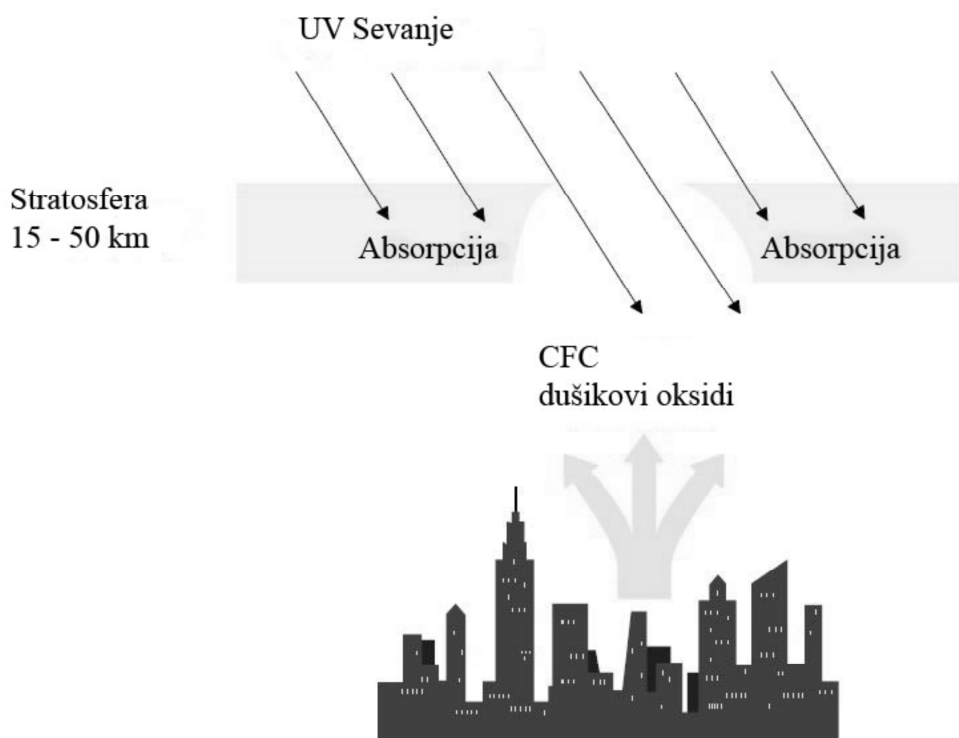
Ozon je plast v stratosferski atmosferi (plinasto območje, ki obdaja zemljo in se razteza do 50km nad zemljo), ki nas varuje pred škodljivim UV-sevanjem. Je posebna oblika kisika, ki je sestavljen iz treh kisikovih atomov –  $O_3$ . Čeprav ga je zelo malo, je v ozračju bistven, saj predstavlja naravno zaščito pred najkrajšim ultravijoličnim sevanjem.

Ozonski sloj je vitalen zaščitni plašč okrog Zemlje, ki nastaja med 10. in 50. km nad njeno površino, največjo gostoto pa doseže pri višini 25 km nad morskno gladino. Ker je ozon v

ozračju redek, bi za dva do štiri milimetre debelo ozonsko plast, merjeno na površini morske gladine pri temperaturi 0<sup>0</sup>C, morali zbrati ves ozon iz ozračja. Vendar je njegova vloga za življenje na Zemlji izredno pomembna. Stratosferski ozon ima varovalen učinek na vsa živa bitja na Zemlji, ker nas varuje pred nevarnimi sončnimi žarki, pred genetskimi poškodbami, kožnim rakom in slepoto.

V zadnjih desetletjih so znanstveniki opazili hitro zniževanje količine ozona v atmosferi. Ta pojav imenujemo »ozonska luknja«. Pojem ozonska luknja je prišel v veljavo šele v osemdesetih letih dvajsetega stoletja, ko so znanstveniki prvič opozorili na porajajočo tegobo. Poprej tega pojma in z njim povezanega pojava sploh niso poznali, saj je bilo dejavnikov, ki povzročajo propad ozona, veliko manj. Z večanjem števila prebivalstva in števila tovarn ter s porastom industrializacije je postajal problem ozonske luknje čedalje opaznejši. Sprva so bile posledice majhne, v devetdesetih letih pa se je začela luknja močno večati, kar je povzročilo vedno večjo zaskrbljenost med znanstveniki ter nasploh med širšo javnostjo (Povzeto po: <https://kolednik.wordpress.com/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/ozon-in-nastanek-ozonske-luknje/> [5.1.2016]).

Snovi, ki povzročajo razpadanje ozona, lahko razdelimo na dve skupini: CFC plini in dušikovi oksidi (CCl<sub>3</sub>F –CFC-11, CF<sub>3</sub>CHFBr – Halon 2401, C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub> – HCFC-140, CBrF<sub>3</sub> – Halon 1201 in drugi). Slika 5 prikazuje bistvene elemente ozonskega razkroja. Glavni učinek razkroja ozona je segrevanje zemeljskega površja. Upoštevati pa je potrebno tudi vpliv UV-B in UV-A sevanja, ki ga imajo sončni žarki na ljudi, živali in rastline. Nekatere izmed posledic so sprememba rasti, zmanjšanje pridelkov (motnja fotosinteze), nastanek tumorja (kožni tumor), draženje oči in sluznice zgornjih dihal ter zmanjševanje morskega planktona, kar povzroča posledice v prehranjevalni verigi. V okviru klasičnega koncepta preračuna potenciala za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi kontroliramo predvsem halogeniran ogljikovodik, ki lahko kot katalizatorska molekula uniči veliko molekul ozona. Iz rezultatov izračuna modela za različne snovi, ki so pomembne za ozon, nastane potencial za zmanjšanje koncentracije ozona v stratosferi (ODP), izražen v CFC11 ekvivalentu. Razgradnja ozonskega sloja je prikazana na sliki 5 (Capuder, 2012, str. 46,47).

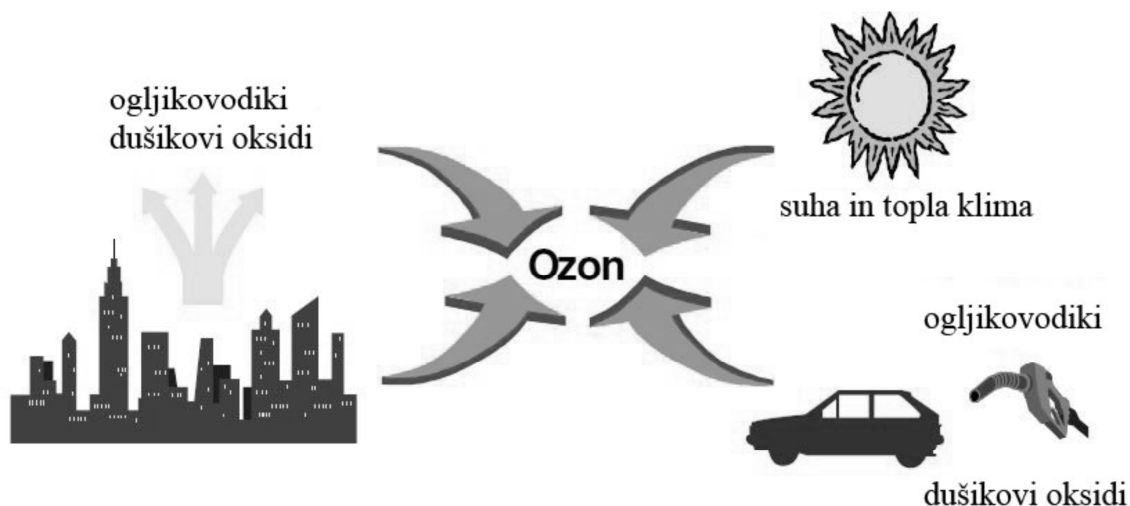


**Slika 5: Zmanjševanje koncentracij ozona v stratosferi** (Vir: Capuder, 2012, str. 47)

### 2.2.3 Fotokemični smog ( $kg\ C_2H_4$ ekvivalent)

V nasprotju z varovalno funkcijo, ki jo ozon opravlja v stratosferi, je njegova prisotnost v plasteh blizu zemeljskega površja škodljiva. Fotokemično nastajanje ozona v troposferi, imenovano tudi poletni smog, naj bi bilo krivo za vegetacijsko in materialno škodo. Višje koncentracije ozona so za ljudi strupene. Fotokemični smog nastaja iz dušikovih oksidov (plini  $NO_x$ ) in emisij ogljikovodikov pod vplivom sončnega sevanja preko kompleksnih kemijskih reakcij. Tako nastajajo agresivni reakcijski produkti pri čemer je najpomembnejši reakcijski produkt ozon. Dušikovi oksidi sami po sebi ne povzročajo višanja koncentracije ozona. Fotokemični smog vsebuje slednje elemente: alkane (metan, etan, propan), alkene (eten, propen), alkine (etin), aromatske spojine (benzen, toluen), ogljikovodike, alkohole (metanol, etanol), aldehide (formaldehid, acetaldehid) in ketone (acetone). Emisije ogljikovodikov nastajajo pri nepopolnem izgorovanju, ravnanju s pogonskimi gorivi (skladiščenje, prevažanje, tankanje, itd.) in ravnanju s topili. Visoka koncentracija ozona

nastopi ob močnem sončnem sevanju, nizki vlažnosti zraka, nizki izmenjavi zraka in visoki koncentraciji ogljikovodikov. Prisotnost CO (povečini iz prometa), ki ozon razdeli na CO<sub>2</sub> in O<sub>2</sub>, povzroči, da v neposredni bližini izvira emisij koncentracija ozona ni največja. Ta nastopi prej v okolju s čistim zrakom (npr. gozdovi), kjer UV sevanje sonca ni zaščiteno preko plasti prahu in je koncentracija CO zelo nizka (shematičen prikaz na sliki 6) (Capuder, 2012, str. 50).



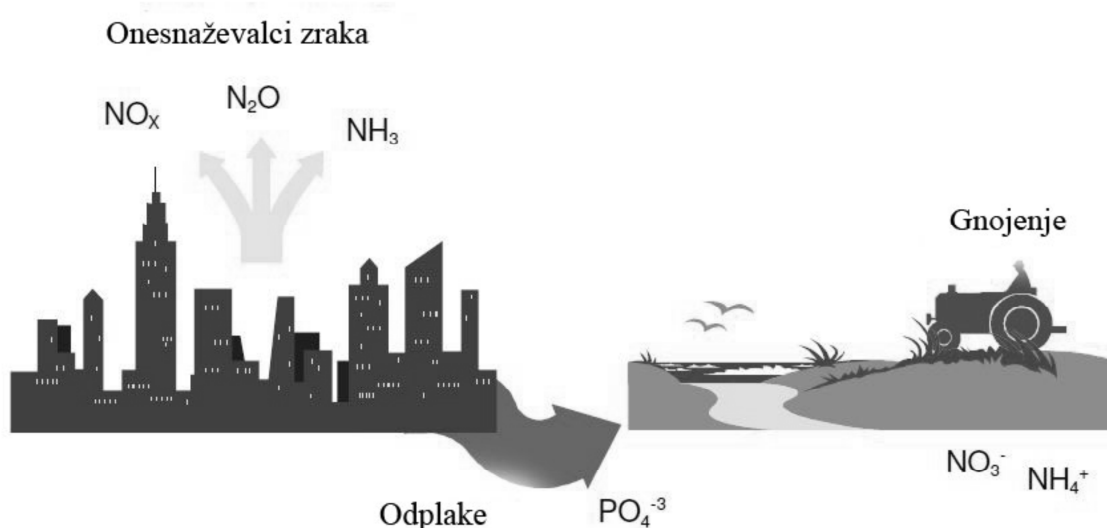
**Slika 6: Fotokemično nastajanje ozona** (Vir: Capuder, 2012, str. 50)

#### 2.2.4 Evtrofikacija voda in zemlje ( $\text{kg PO}_4^{2-}$ ekvivalent)

Evtrofikacija oziroma vnos hranilnih snovi pomeni kopičenje hranilnih snovi na določenem mestu. Razlikujemo med vodnim in zemeljskim vnosom hranilnih snovi. Glavni izvori evtrofikacije so onesnaževalci zraka, kanalizacija in gnojenje v kmetijstvu. Posledica za vodovje je povečana rast alg. Zaradi tega nižje vodne plasti ne dobijo dovolj sončne svetlobe, kar vodi k zmanjšani fotosintezi in posledično manjši proizvodnji kisika. Prav tako se kisik porablja za razgradnjo odmrlih alg. Oba učinka povzročata zmanjšanje koncentracije kisika v vodi, kar povzroča umiranje rib in anaerobno razpadanje. Pri tem nastaja vodikov sulfid in metan. Lahko govorimo o ti. umiranju voda. Evtrofikacijo povzročajo:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4^3$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  in drugi, prikazani so na sliki 6 (Capuder, 2012, str. 48).

Na evtroficirani zemlji se lahko pri rastlinah opazi večja neodpornost na bolezni in škodljivce ter oslabitev tkiva. Previsok vnos hranilnih snovi vodi preko procesa izpiranja tal do povečane

vsebnosti nitrata v podtalnici, kar pomeni tudi v pitno vodo. Nitrati so v majhnih količinah toksično neoporečni (Capuder, 2012, str. 48).



**Slika 7: Evtrofikacija voda in zemlje** (Vir: Capuder, 2012, str. 49)

### 2.2.5 Kisel dež (kg SO<sub>2</sub> ekvivalent)

Nastane pri zgorevanju fosilnih goriv, ki vsebujejo žveplo in pri izpušnih plinih avtomobilov, ki vsebujejo dušikove okside. Največ žvepla vsebuje premog, ki se uporablja pri kurjenju v termoelektrarnah in tovarnah. Ob zgorevanju premoga in nafte se tvori strupen žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>). Ko se žveplov dioksid in dušikovi oksidi v zraku pomešajo z vodo (H<sub>2</sub>O), se stopijo in tvorijo dušikovo in žvepleno kislino (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Tako postane vlaga v zraku 1000-krat bolj kislota kot običajno. Dušikove in žveplene kisline skupaj z nekaterimi drugimi kemičnimi snovmi padejo na zemljo kot kisle padavine oziroma kisli dež. Veter vodne kapljice raznaša po zraku in kisel dež lahko pada na območja daleč stran od nastanka onesnaženja ter s svojimi padavinami ogroža okolje in zdravje prebivalcev (Povzeto po: <https://kolednik.wordpress.com/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/kisel-dez/> [5.1.2016]).

Kislost merimo s pH lestvico, pH vrednost narašča od 0 do 14 in vrednost 0 pomeni popolnoma kisle tekočine in 14 tiste, ki so močno bazične (alkalne). Čim manjša je vrednost,

tem bolj je snov kislila oz. čim višja je vrednost pH, tem bolj je snov bazična. Deževnica je sama po sebi rahlo kislila zato, ker vsebuje nekaj raztopljenega ogljikovega dioksida iz zraka. Ogljikov dioksid prihaja v ozračje iz naravnih virov in zaradi delovanja človeka pri procesih gnetja, dihanja, gorenju fosilnih gorivih (požari, termoelektrarne, promet itd.) (ibidem).

Posledice kislega dežja se kažejo v številnih primerih in sicer (ibidem):

- Kisel dež uničuje gozdove, razjeda rastline kar je vzrok za izgubo listov in zatp je posledično manj žuželk, s katerimi se ptice hranijo, več nevarnosti plenilcev in spremembe v navadah parjenja in gnezdenja.
- Tla so zaradi zakisanja zelo revna s hranilnimi snovmi, zato postanejo bolj občutljiva na zmrzal, sušo in različne bolezni.
- Zakisa vodo v jezerih, rekah, kjer nastanejo nove življenjske razmere. Nanje se živali in rastline ne morejo prilagoditi, zato poginejo.
- Kisel dež razjeda zgradbe in kovinske strukture, uničuje stavbe in kipe, kar označujemo kot kemijska korozija.

#### 2.2.6 Toksičnost snovi (kg 1,4-diklorobenzen ekvivalent)

Toksične imenujemo snovi, ki negativno vplivajo na biološke organizme. Meri se s tem, kakšne učinke ima na organizme. (Povzeto po: <http://www.kemija.org/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/196-toksinost-snovi-1-del> [30.1.2016]).

#### 2.2.7 Izčrpavanje neobnovljivih virov

Večina neobnovljivih virov energije so fosilna goriva. Skupaj predstavljajo skoraj 65% od skupno proizvedene energije. Mednje uvrščamo premog, zemeljski plin in nafto in nastajajo veliko počasneje, kot jih porabljamo. Zaradi tega jih imenujemo neobnovljivi viri energije. Z uporabo jih bomo izčrpali, hkrati pa z njihovo uporabo povzročamo onesnaženost okolja. Neobnovljive vire delimo na dve kategoriji: izčrpavanje fosilnih energetskega virov (izraženo v MJ) in izčrpavanje kovin in mineralov (v kg antimon ekvivalent). (Povzeto po: <https://kolednik.wordpress.com/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/neobnovljivi-viri-energije/> [30.1.2016]).

## 2.3 ŠTUDIJA PRIMERA

### 2.3.1 *Proizvodnja električne energije iz bioplina*

Proizvodnja in zajem bioplina iz biološkega procesa sta bila prvič dokumentirana v Veliki Britaniji leta 1895 (Metcalf in Eddy, 1979). Od tedaj se postopek razvija in se na splošno uporablja za ravnanje z odpadnimi vodami ter stabilizacijo blata. Energetska kriza v zgodnjih 70. letih je prinesla ponovno zavedanje o pomenu uporabe obnovljivih goriv, vključujoč bioplin iz procesa anaerobne digestije. Zanimanje za bioplin se do danes povečuje. Tako zaradi globalnega prizadevanja nadomeščanja fosilnih goriv z obnovljivimi viri pri proizvodnji energije kot tudi zaradi nuje po okoljsko sprejemljivih rešitvah pri ravnanju in recikliranju živinskega gnoja ter organskih odpadkov iz kmetijstva, prehranske industrije in družbe na sploh (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Bioplin je vnetljiv plin, ki vsebuje 60-65% metana, 30-35% ogljikovega dioksida ter manjše količine drugih plinov in elemente v sledih (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Za proizvodnjo bioplina se lahko uporabljajo različni substrati. Tradicionalno so se bioplinske proizvodnje naprave postavljale v bližini živinorejskih kmetij, kjer so za substrat uporabljali živalsko gnojevko. Poleg gnojevke se danes uporabljajo še drugi substrati, predvsem zelena biomasa s polj (npr. koruzna in travna silaža) in t.i. sofermentati (različni organski ostanki, npr. komunalni organski odpadki ter ostanki iz živilsko-predelovalne industrije) (Borzen, 2010, str. 11).

Bioplin uporabljamo predvsem za proizvodnjo električne energije in toplote, lahko ga kot energent dovajamo v omrežje za oskrbo s plinom ali ga uporabljamo kot gorivo za vozila z gorivnimi celicami (Borzen, 2010, str. 11).

### 2.3.2. *Zemeljski plin*

Zemeljski plin je gorivo fosilnega izvora in je produkt organskih snovi. Je zmes plinastih ogljikovodikov. Po kemijski sestavi je povprečna sestava zemeljskega plina sledeča (Povzeto po: <https://kolednik.wordpress.com/> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/neobnovljivi-viri-energije/zemeljski-plin/> [5.1.2016]):

- metan (CH<sub>4</sub>) 98,2 %,
- etan (C<sub>2</sub> H<sub>6</sub>) 0,6 %, drugi ogljikovodiki 0,2 %,
- ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) 0,1 %,
- dušik (N<sub>2</sub>) 0,9 %,
- vsebuje še žlahtne pline, idr.

Zemeljski plin je najbolj čisto gorivo fosilnega izvora, saj se pri zgorevanju sprošča toplota (energija), kot stranska produkta pa nastajata le vodna para (H<sub>2</sub>O) in ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). Svetovna poraba zemeljskega plina je v stalnem porastu in je posledica njegove razpoložljivosti ter energijskih, ekonomskih in ekoloških prednosti pred ostalimi fosilnimi gorivi. Tudi v Sloveniji lahko realno pričakujemo, da bo delež zemeljskega plina v primerjavi z ostalimi gorivi v energetske bilanci Slovenije naraščal, kar je v skladu s strateškimi odločitvami rabe in oskrbe Slovenije z energijo (ibidem).

### 3. METODOLOGIJA PRAKTIČNEGA RAZISKOVANJA

Preverbe postavljenih hipotez smo se lotili s preizkusi, ki smo jih opravljali s pomočjo računalniškega programa OpenLCA. Program ima dostop do podatkovnih baz s celotnega sveta, tako smo imeli na izbiro široko paleto surovin za produkt (bioplin). Sicer je uporaba samega programa lahko zelo zapletena, ker vsebuje veliko različnih možnosti, vendar smo s pomočjo strokovnega vodenja mentorice prišli do uporabe relevantnih podatkov.

OpenLCA je profesionalno orodje za zbiranje, analiziranje in spremljanje okoljskega delovanja proizvodov in storitev. Omogoča modeliranje in analiziranje kompleksnih življenjskih ciklov na sistematičen in pregleden način (Povzeto po: <http://www.openlca.org/web/guest> [Spletni vir] Dostopno na URL naslovu: <http://www.openlca.org/about-openlca> [30.1.2016]) .

OpenLCA je v prvi vrsti zasnovan, da bi zagotovil strokovnim uporabnikom, ki so usposobljeni za ocenjevanje življenjskega cikla (LCA) zmogljivost za upravljanje podatkov in izvajanje izračunov (Povzeto po: <http://www.greendelta.com/Home.56.0.html> [Spletni vir]



Dostopno na URL naslovu: <http://www.greendelta.com/openLCA-NEXUS-I-functionality.248.0.html> [30.1.2016] .

V program smo vstavljali podatke, ki smo jih dobili iz različnih virov in jih preračunali v količine, ki so potrebne za določeno proizvodnjo bioplina. Spreminjali smo razdalje transporta, količine surovin in surovine. Količina proizvedenega bioplina se ni spreminjala. Dobljene podatke iz LCA smo nato primerjali med seboj in ugotavljali kateri izbrani primer ŽCP ima večje vplive na okolje (pozitivne ali negativne).

#### **4. REZULTATI OPRAVLJENIH PREIZKUSOV**

Za potrebe preverbe postavljenih hipotez in dosego ciljev raziskovalne naloge smo opravili več preizkusov. Ugotovitve in razpravo o tem predstavljamo v nadaljevanju.

Pri prvem preizkusu smo računali vpliv na okolje pri proizvodnji bioplina iz koruzne silaže in gnoja, v razmerju 30:70. Preizkus je potekal tako, da smo naprej poiskali potrebne podatke za surovine. Za silažo smo privzeli donos 216 m<sup>3</sup> na tono mokre snovi, za gnoj smo privzeli donos 20 m<sup>3</sup>/t (OriginGreenPlatform, 2015, slide 13). Privzeli smo tudi, da silažo sestavlja 33,33% suhe snovi, gnoj pa 2% suhe snovi (Drobež in drugi, 2009, str. 8). Privzetek o letni proizvodnji bioplina je znašal 3.333.000 m<sup>3</sup> (Biogas Regions Shinig Example, 2008, str. 15), energijska vrednost bioplina iz anaerobne digestije znaša 6,5 kWh/m<sup>3</sup> (Swedish gas Centre: Basic Data on Biogas, 2012, str. 7). Preračunani podatki so predstavljeni v tabeli 1 in tabeli 2.

**Tabela 1: Izračunane količine surovin pri preizkusu 30G70S<sup>5</sup> (Vir: lastna raziskava 2016)**

Razmerje surovin (%)	Surovina	Količina ( t/a <sup>6</sup> )
30	Prašičji gnoj	94.011
70	Silaža	13.162

**Tabela 2: Izračunane količine produktov pri preizkusu 30G70S (Vir: lastna raziskava 2016)**

Produkt	Količina ( t/a )
Bioplin	3.706,296
Digestat	103.467,564

Preizkus smo nadaljevali v programu OpenLCA, kjer smo izbrali inpute<sup>7</sup> (gnoj, organska koruzna silaža, transport). Pri prvem preizkusu je razdalja transporta znašala 20 km. Nato smo definirali količino outputov<sup>8</sup> (bioplin in digestat) in energijo potrebno za izdelavo le-tega. Definirati smo morali tudi učinkovitost<sup>9</sup> proizvodnje bioplina, torej kakšna bi naj bila sestava proizvoda. Ta je sestavljena iz 45% toplote, 20% izgub in 35% elektrike. Nato smo ukazali programu OpenLCA računanje vplivov na okolje v danem primeru. Na sliki 8 so prikazani vsi postopki v procesu proizvodnje bioplina, vse od pridobivanja surovin, dobave in transporta

---

<sup>5</sup> 30G70S – Bioplin proizveden iz gnoja in koruzne silaže, katerih razmerje je 30:70.

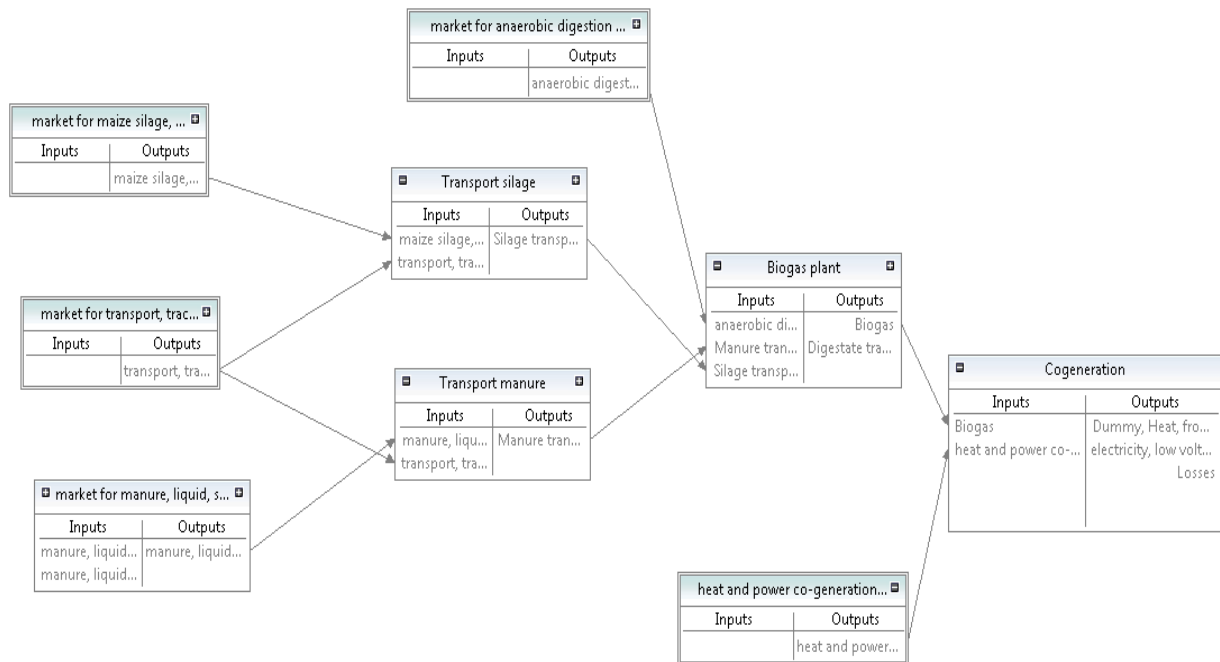
<sup>6</sup> Ton/na leto.

<sup>7</sup> Količina, ki se dovaja ali vlaga; vložek (ang.-slo. slovar).

<sup>8</sup> Proizvodnja, produkcija (ang.-slo. slovar).

<sup>9</sup> Učinkovitost pomeni doseganje zelenih ciljev, nekaj deluje tako kot se pričakuje (SSKJ).

surovin, same proizvodnje do produkta- bioplina in stranskega produkta-digestata. V tabeli 3 so prikazani vplivi na okolje v danem primeru.



**Slika 8: Shema proizvodnje bioplina iz silaže in gnoja (Vir: lastna raziskava 2016)**

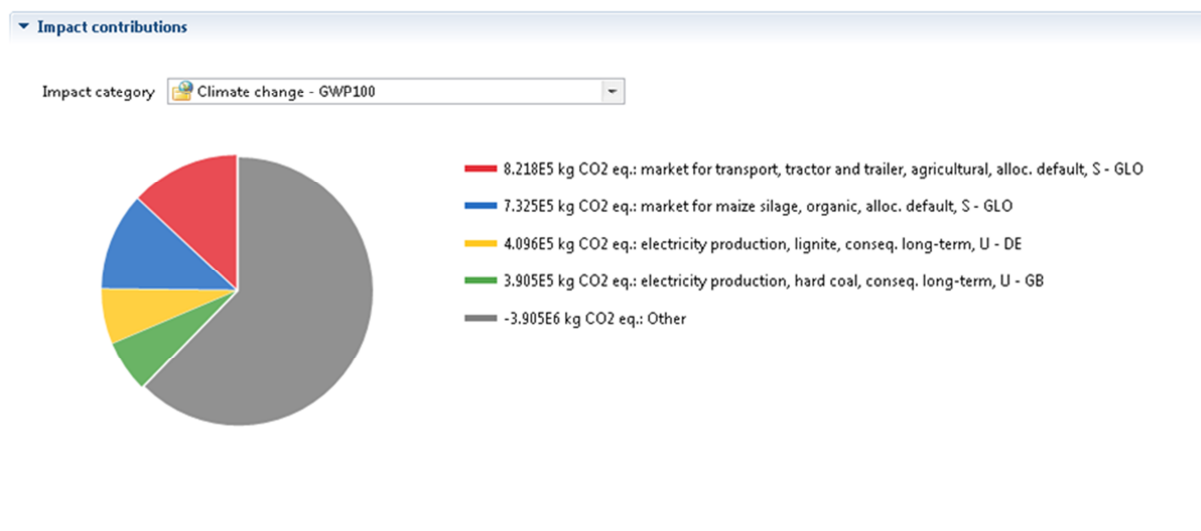
**Tabela 3: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 30G70S v primeru povprečnega transporta 20 km (Vir: lastna raziskava 2016)**

## LCIA Results

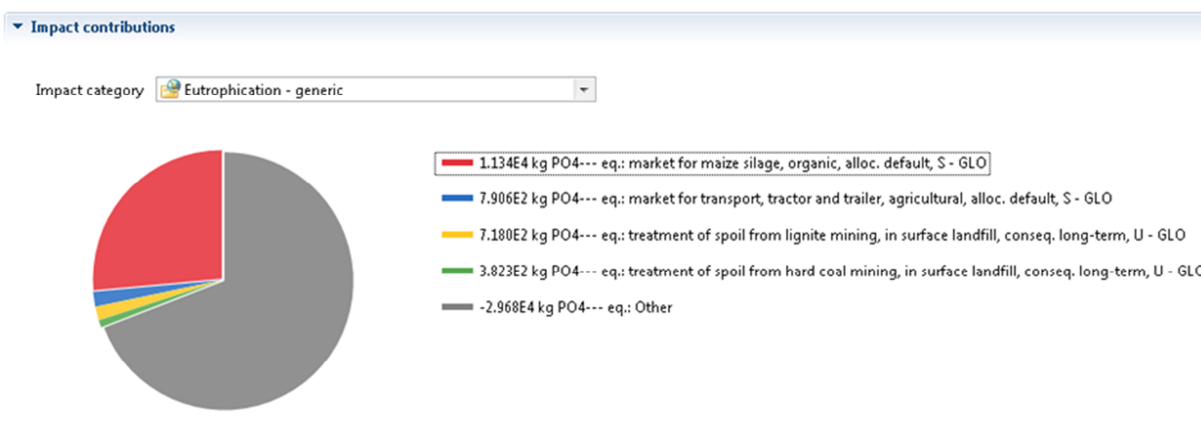
### LCIA Results

Impact category	Result	Reference unit
Acidification potential - average Europe	9983.13056	kg SO2 eq.
Climate change - GWP100	-1.55056E6	kg CO2 eq.
Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	31.51000	kg antimony eq.
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	-2.28813E7	MJ
Eutrophication - generic	-1.64510E4	kg PO4-- eq.
Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf	-4.36403E4	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Human toxicity - HTP inf	-5.00386E5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Marine aquatic ecotoxicity - MAETP inf	4.31732E9	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Ozone layer depletion - ODP steady state	0.65185	kg CFC-11 eq.
Photochemical oxidation - high Nox	482.14413	kg ethylene eq.
Terrestrial ecotoxicity - TETP inf	1763.68690	kg 1,4-dichlorobenzene eq.

Dobili smo tudi rezultate, kateri člen v proizvodnji bioplina najbolj neugodno vpliva na okolje. Rezultati izpustov ogljikovega dioksida so prikazani na grafu 1, na grafu 2 razberemo kateri člen ima največji vpliv na eutrofikacijo. Največji vpliv na globalno segrevanje in eutrofikacijo ima gnoj in drugi členi prisotni pri proizvodnji, velik vpliv imata tudi transport in koruzna silaža, vendar je ta vpliv veliko manjši.



**Graf 1: Prikaz členov proizvodnje bioplina 30G70S pri transportu 20 km v odvisnosti na izpust CO<sub>2</sub> (Vir: lastna raziskava 2016)**



**Graf 2: Potencial eutrofikacije v odvisnosti elementov v proizvodnji bioplina 30G70S pri transportu s razdalje 20 km (Vir: lastna raziskava 2016)**

Pri drugem preizkusu smo spremenili razmerje surovin, in sicer je tokrat predstavljal gnoj 70% in koruzna silaža 30%. Privzetki so ostali enaki, le količine surovin so se spremenile, podatki so v tabeli 4. Transportna razdalja je ostala 20 km tako kot pri prvem preizkusu.

**Tabela 4: Izračunane količine surovin pri preizkusu 70G30S<sup>10</sup>** (Vir: lastna raziskava 2016)

Razmerje surovin (%)	Surovina	Količina (t/a)
70	Prašičji gnoj	278.927,84
30	Koruzna silaža	7.173,52

**Tabela 5: Izračunane količine produktov pri preizkusu 70G30S** (Vir: lastna raziskava 2016)

Produkt	Količina (t/a)
Bioplin	3.706,296
Digestat	282.395,06

Podatke smo vstavili v program, rezultate izračunov so predstavljeni v tabeli 6.

---

<sup>10</sup> 70G30S - Bioplin proizveden iz gnoja in koruzne silaže, katerih razmerje je 70:30.

**Tabela 6: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 70G30S (Vir: lastna raziskava 2016)**

LCIA Results

Impact category	Result	Reference unit
Acidification potential - average Europe	-1.27144E4	kg SO2 eq.
Climate change - GWP100	-6.66978E6	kg CO2 eq.
Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	81.61009	kg antimony eq.
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	-6.98243E7	MJ
Eutrophication - generic	-7.65325E4	kg PO4--- eq.
Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf	-1.42477E5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Human toxicity - HTP inf	-1.94564E6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Marine aquatic ecotoxicity - MAETP inf	1.18772E10	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Ozone layer depletion - ODP steady state	1.78664	kg CFC-11 eq.
Photochemical oxidation - high Nox	1009.50981	kg ethylene eq.
Terrestrial ecotoxicity - TETP inf	4850.07622	kg 1,4-dichlorobenzene eq.

Pri tretjem preizkusu smo v programu OpenLCA spremenili samo transportno razdaljo bioplina iz 70% gnoja in 30% koruzne silaže, in sicer iz 20 km na 100 km. Podatke so predstavljeni v tabeli 7.

**Tabela 7: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 70G30S pri transportu z razdalje 100 km (Vir: lastna raziskava 2016)**

LCIA Results

Impact category	Result	Reference unit
Acidification potential - average Europe	4.77129E4	kg SO2 eq.
Climate change - GWP100	2.10536E6	kg CO2 eq.
Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	169.87642	kg antimony eq.
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	-5.63551E7	MJ
Eutrophication - generic	-6.80900E4	kg PO4--- eq.
Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf	-1.07129E5	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Human toxicity - HTP inf	1.26765E6	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Marine aquatic ecotoxicity - MAETP inf	2.83763E10	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Ozone layer depletion - ODP steady state	2.79754	kg CFC-11 eq.
Photochemical oxidation - high Nox	4398.93443	kg ethylene eq.
Terrestrial ecotoxicity - TETP inf	6827.46705	kg 1,4-dichlorobenzene eq.

Pri četrtem preizkusu smo spremenili surovine za proizvodnjo bioplina, zato smo ponovno morali zračunati količine željenih surovin. Za le-te smo uporabili glicerol, klavnične ostanke, gnoj in koruzno silažo. Privzetki za silažo in gnoj so ostali enaki. Za klavnične odpadke smo privzeli, da je njihov donos 60m<sup>3</sup> na tono mokre snovi in da je 15% suhe snovi (OriginGreenPlatform, 2015, slide 13). Privzeli smo, da glicerol sestavlja 80% suhe snovi na 700m<sup>3</sup> mokre snovi (The Official Information Portal on Anaerobic Digestion, 2006). Razmerje med surovinami je bilo naslednje: 30% gnoja, 30% koruzne silaže, 30% glicerola in 10% klavničnih odpadkov. Izračunane količine surovin in produktov so predstavljene v tabelah 8 in 9.

**Tabela 8: Izračunane količine surovin pri preizkusu 30G30S30G110Ko<sup>11</sup>** (Vir: lastna raziskava 2016)

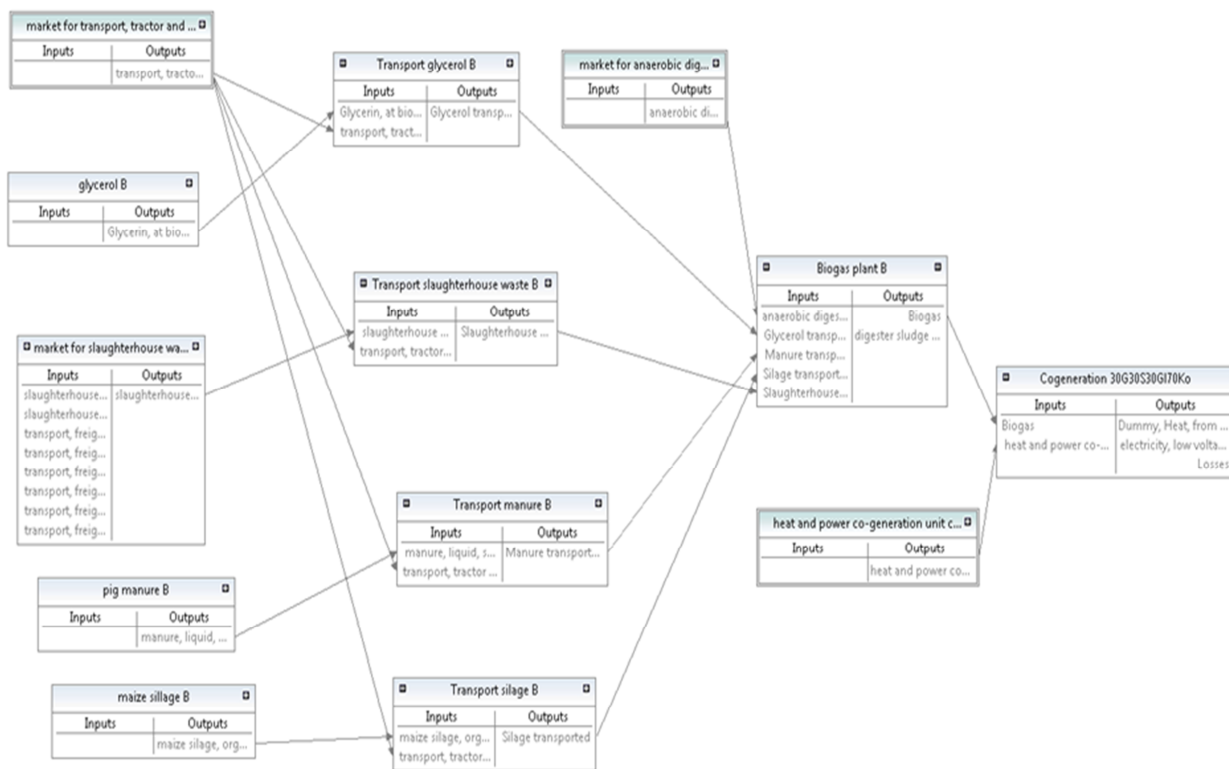
Razmerje surovin (%)	Surovina	Količina (t/a)
30	Prašičji gnoj	85.092
30	Koruzna silaža	5.106,03
30	Glicerol	2.127,30
10	Klavnični odpadki	3.781,87

**Tabela 9: Izračunane količine produktov pri preizkusu 30G30S30G110Ko** (Vir: lastna raziskava 2016)

Produkt	Količina (t/a)
Bioplin	3.706,29
Digestat	92.400,94

<sup>11</sup> Bioplin proizveden iz gnoja, koruzne silaže, glicerola in klavničnih odpadkov, katerih razmerje je 30:30:30:10.

Nato smo kot vhodni tok navedli mase vseh snovi, kot iztok smo spet izbrali bioplina in digestat. Razdalja transporta je bila ponovno nastavljena na 20 km. Nato nam je program izračunal vrednosti proizvodnih tokov. Tokrat se je razlikovala tudi shema proizvodnje bioplina, zato na sliki 9 ponovno prikazujemo postopke v procesu proizvodnje bioplina.



**Slika 9: Shema proizvodnje bioplina iz koruzne silaže, gnoja, glicerola in klavničnih odpadkov (Vir: lastna raziskava 2016)**

V tabeli 10 prikazani vplivi na okolje v danem preizkusu proizvodnje bioplina.



**Tabela 10: Vplivi na okolje proizvodnje bioplina 30G30S30G110Ko (Vir: lastna raziskava 2016)**

LCIA Results	
▼ LCIA Results	
Impact category	Result
Acidification potential - average Europe	9836.00048
Climate change - GWP100	1.88355E6
Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	19.66110
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	6.38928E6
Eutrophication - generic	6568.67602
Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf	8.21961E4
Human toxicity - HTP inf	7.31789E5
Marine aquatic ecotoxicity - MAETP inf	2.09284E9
Ozone layer depletion - ODP steady state	0.11884
Photochemical oxidation - high Nox	695.45510
Terrestrial ecotoxicity - TETP inf	3.48958E4

Za peti preizkus smo kot surovino in produkt navedli zemeljski plin. Rezultati so predstavljeni v tabeli 11.

**Tabela 11: Vplivi na okolje črpanja in transporta zemeljskega plina (Vir: lastna raziskava 2016)**

▼ LCIA Results		
Impact category	Result	Reference unit
Acidification potential - average Europe	1.77982E4	kg SO2 eq.
Climate change - GWP100	4.54038E6	kg CO2 eq.
Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves	0.29271	kg antimony eq.
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	7.68288E7	MJ
Eutrophication - generic	595.26077	kg PO4--- eq.
Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf	841.57057	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Human toxicity - HTP inf	4.04552E4	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Marine aquatic ecotoxicity - MAETP inf	4.76282E7	kg 1,4-dichlorobenzene eq.
Ozone layer depletion - ODP steady state	0.12419	kg CFC-11 eq.
Photochemical oxidation - high Nox	876.03407	kg ethylene eq.
Terrestrial ecotoxicity - TETP inf	69.70363	kg 1,4-dichlorobenzene eq.

## 5. REZULTATI IN INTERPRETACIJA

V tem delu podajamo sintezo dobljenih ugotovitev na podlagi podatkov (predstavljenih v prejšnjem poglavju) iz preizkusov različnih možnosti proizvodnje bioplina. Prva ugotovitev je, da ima proizvodnja bioplina iz različnih surovin in razmerij različen vpliv na okolje. Zato bomo to ugotovitev prikazali še tabelarno. Pozornost je posvečena vprašanju, katere surovine in katero razmerje pri proizvodnji bioplina je za okolje najbolj škodljivo in katero najmanj.

Potencial acidifikacije povzroča dušikov dioksid, dušikovi oksidi in njihove kisline. Podatki opravljene analize, ki so v tabeli 12 kažejo, da največji potencial povzroča proizvodnja bioplina iz gnoja in koruzne silaže v razmerju 70:30, katerega surovine so bile transportirane s 100 km. Najboljša možnost glede na acidifikacije je bioplin, katerega surovini gnoj in silaža sta v razmerju 70:30, transporta razdalja je 20 km. Druga najboljše možnost je bioplin 30G30S30G110Ko, tretja najboljše možnost je bioplin 30G70S, na četrtem mestu je zemeljski plin.

**Tabela 12: Potencial acidifikacije / kislega dežja** (Vir: lastna raziskava 2016)

Primer	Količina (kg SO <sub>2</sub> -ekv.)
Zemeljski plin	17.800
Bioplin (30G70S) 20km	9.983
Bioplin (70G30S) 100km	47.000
Bioplin (70G30S) 20km	-12.700
Bioplin (30G30S30G110Ko) 20 km	9.836

Globalno segrevanje povzročajo fosilna goriva in izpusti ogljikovega dioksida, metana in drugih toplogrednih plinov v ozračje. Analiza (glej tabelo 13) kaže, da največji vpliv na globalno segrevanje povzroča raba zemeljskega plina. Zemeljskemu plinu sledi proizvodnja bioplina iz gnoja in koruzne silaže v razmerju 70:30 s transportno razdaljo 100 km. Okolju

najprijaznejši z vidika globalnega segrevanja je bioplin 70G30S, drugi je bioplin 30G70S, na tretjem mestu je bioplin 30G30S30G110Ko.

**Tabela 13: Globalno segrevanje** (Vir: lastna raziskava 2016)

Primer	Količina (kg CO <sub>2</sub> -ekv.)
Zemeljski plin	4.500.000
Bioplin (30G70S) 20km	-1.550.000
Bioplin (70G30S) 100km	2.110.000
Bioplin (70G30S) 20km	-6.670.000
Bioplin (30G30S30G110Ko) 20km	1,88

Evtrofikacija pomeni povečanje koncentracije anorganskih hranil v ekosistemu v tolikšni meri, da se to odraža v povečanju primerne produkcije. Analiza tabele 14 kaže, da največji potencial evtrofikacije povzroča proizvodnja bioplina 30G30S30G110Ko, najboljša možnost proizvodnje v odvisnosti od surovin in razmerij glede na evtrofikacijo je bioplin 70G30S s transportno razdaljo 20 km. Druga najboljša možnost je proizvodnja bioplina iz gnoja in koruzne silaže v razmerju 70:30 s transportno razdaljo 100 km, temu sledi bioplin 30G70S, na četrtem mestu je zemeljski plin.

**Tabela 14: Potencial evtrofikacije** (Vir: lastna raziskava 2016)

Primer	Količina (kg fosfat-ekv.)
Zemeljski plin	595,26
Bioplin (30G70S) 20km	-16.500
Bioplin (70G30S) 100km	-68.100
Bioplin (70G30S) 20km	-76.500
Bioplin (30G30S30G110Ko) 20km	6.568,68

Tanjšanje ozonske plasti povzroča proizvodnja freonov (CFC plini) in dušikovih oksidov. Analiza dobljenih podatkov (glej tabelo 15) kaže, da ima proizvodnja bioplina iz gnoja in koruzne silaže v razmerju 70:30 s transportno razdaljo 100 km največji vpliv na tanjšanje ozonske plasti. Zemeljski plin in bioplin 30G30S30G110Ko imata skoraj enak vpliv na tanjšanje ozonske plasti, vendar ima bioplin za malenkost manjšega. Na tretjem mestu je bioplin 30G70S, na četrtem je bioplin 70G30S.

**Tabela 15: Tanjšanje ozonske plasti** (Vir: lastna raziskava 2016)

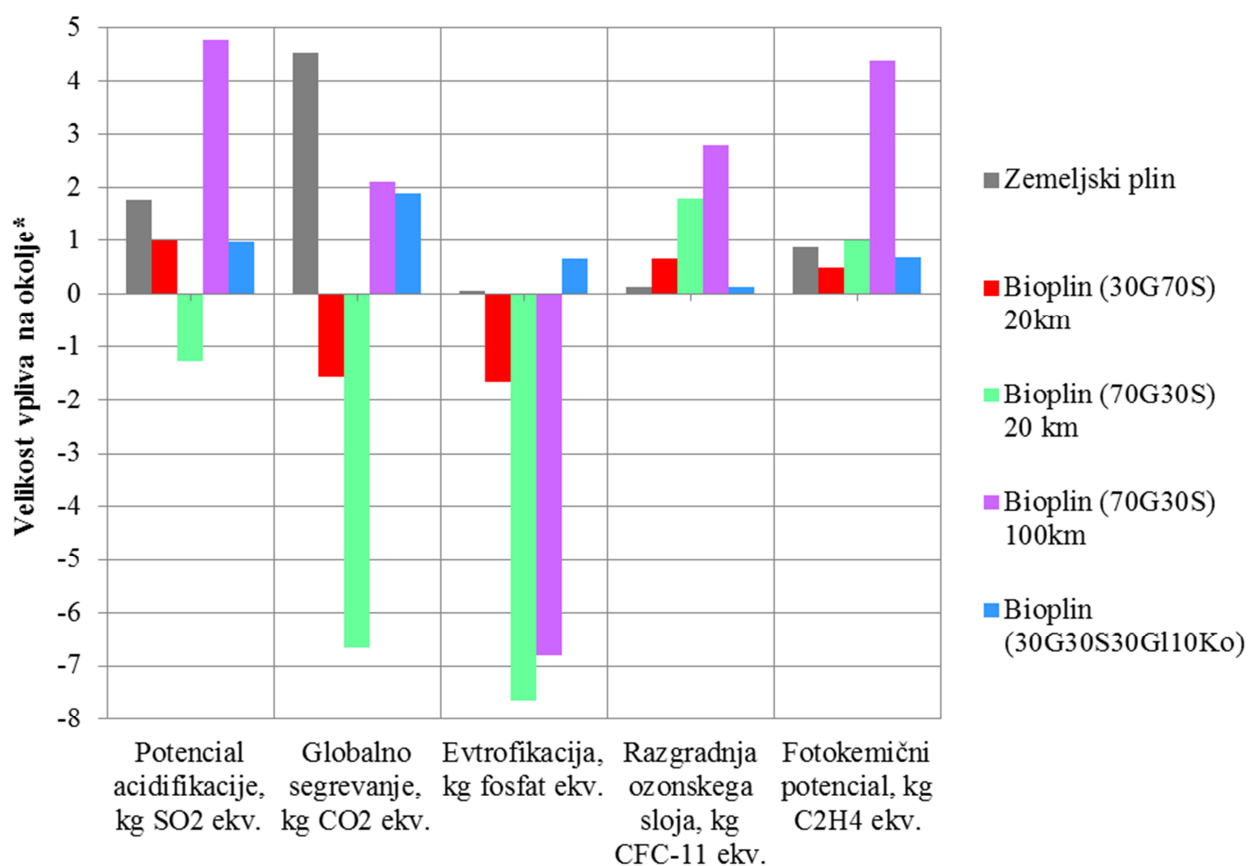
Primer	Količina (kg CFC11-ekv.)
Zemeljski plin	0,124
Bioplin (30G70S) 20km	0,650
Bioplin (70G30S) 100km	2,800
Bioplin (70G30S) 20km	1,790
Bioplin (30G30S30G110Ko) 20km	0,118

Fotokemični potencial povzročajo dušikovi oksidi in hlapne organske spojine pod vplivom ultravijolične svetlobe. Podatki v tabeli 16 nam kažejo, da ima proizvodnja bioplina 70G30S s transportno razdaljo 100 km največji vpliv na fotokemični potencial. Najboljša možnost proizvodnje je bioplin 30G70S, druga najboljša možnost je bioplin 30G30S30G110Ko. Tretja najboljša možnost je zemeljski plin, četrta pa bioplin 70G30S.

**Tabela 16: Fotokemični potencial** (Vir: lastna raziskava 2016)

Primer	Količina (kg eten-ekv.)
Zemeljski plin	876,03
Bioplin (30G70S) 20km	482,14
Bioplin (70G30S) 100km	4398,93
Bioplin (70G30S) 20km	1.009,5
Bioplin (30G30S30G110Ko) 20km	695,46

Graf 3 prikazuje primerjavo med vsemi okoljskimi vplivi v odvisnosti med surovinami in njihovimi razdaljami in dolžino transporta. Analiza prikazanih podatkov v tabelah 12, 13, 14, 15 in 16 kaže, da največje emisije prihajajo od globalnega segrevanja, torej od izpustov ogljikovega dioksida v okolje. Podatki, ki jih prikazuje graf 3, zaradi uporabe različnih merskih enot ni možno hkrati medsebojno primerjati. Podatki za potencial acidifikacije so v 10.000 kg SO<sub>2</sub>-ekv., za globalno segrevanje so v 1.000.000 kg CO<sub>2</sub> ekv., za evtrofikacijo so v 10.000 kg fosfat ekv., za razgradnjo ozonskega sloja so v 1 kg CFC-11 ekv. in za fotokemični potencial so v 1000 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ekvivalent.



**Graf 3: Primerjava vseh vplivov na okolje (Vir: lastna raziskava 2016)**

Na podlagi opravljenih preizkusov in opisanih rezultatov, ki smo jih predstavili, se v nadaljevanju izrekamo ali postavljene hipoteze raziskovalne naloge držijo ali ne.

**Hipoteza H1:** Proizvodnja bioplina je okoljsko boljša alternativa kot raba zemeljskega plina. Za preverbo te hipoteze smo naredili tri različne preizkuse proizvodnje bioplina in jim primerjali z okoljskimi vplivi zemeljskega plina. Ugotovili smo, da se vpliv bioplina na okolje drastično spreminja v odvisnosti s surovinami in njihovimi razmerji. Zemeljski plin ima zelo majhen potencial razpadanja ozonske plasti, vendar ima zelo velik potencial acidifikacije in globalnega segrevanja v primerjavi z bioplina (30G70S, 70G30S in 30G30S30G110Ko). Ta ugotovitev je nazorno prikazana na grafu 3, saj ima zemeljski vpliv veliko več negativnih vplivov na okolje. Pridemo do ugotovitve, da je okoljsko slabša alternativa zemeljski plin, zato hipotezo H1 sprejmemo.

**Hipoteza H2:** Bioplin je okolju prijaznejši, če je proizveden iz glicerola, klavničnih odpadkov, koruzne silaže in gnoja kot le iz gnoja in koruzne silaže. To hipotezo smo preverili s tremi preizkusi. Bioplina, ki sta proizvedena iz gnoja in silaže, sta okolju bolj prijazna kot bioplin, ki je proizveden še iz glicerola in klavničnih odpadkov. S primerjavo tabele 3 in 10 je razvidno da ima bioplin 30G30S30G110K manjši potencial acidifikacije in tanjšanja ozonske plasti, vendar ima v primerjavi s bioplinom 30G70S večji potencial evtrofikacije, globalnega segrevanja, razpadanja ozonske plasti in toksizacije. Medtem pa ima bioplin 70G30S manjši potencial acidifikacije, globalnega segrevanja, evtrofikacije, toksičnosti snovi (tabela 10 in 6), vendar ima večji vpliv na tanjšanje ozonske plasti in fotokemično potencial v primerjavi s bioplinom 30G30S30G110Kl. Pridemo do ugotovitve, da je bioplin 30G30S30G110Kl okolju manj prijazen, v primerjavi z drugimi bioplina, ki je so proizvedeni samo iz silaže in gnoja. Na osnovi rezultatov preizkusov, katerih ugotovitve so v tabelah 3, 6 in 10 hipotezo H2 zavrnamo.

**Hipoteza H3:** Proizvodnja bioplina je okolju prijaznejša, če surovina vsebuje več gnoja (70% gnoja in 30% silaže) v primerjavi s bioplinom, ki vsebuje več silaže (30% gnoja in 70% silaže). Rezultati opravljenih preizkusov za preverbo te hipoteze so predstavljeni v tabeli 3 in 6. Razlika med okoljskimi vplivi obeh proizvodenj je vidna pri: evtrofikaciji, globalnem segrevanju, toksičnosti snovi in acidifikaciji, kjer ima bioplin 70G30S celo negativen predznak, kar nam pove, da je sama proizvodnja takega bioplina okolju v prid, saj zmanjšuje emisije SO<sub>2</sub>-ekv. in CO<sub>2</sub>-ekv. Proizvodnja bioplina iz 30% gnoja in 70% silaže ima sicer tudi zelo majhne negativne vplive na okolje, vendar je proizvodnja bioplina iz 70% gnoja in 30% silaže boljše alternativa. Tako pridemo do ugotovitve, da je proizvodnja bioplina iz 70% gnoja in 30% silaže okolju veliko prijaznejša, kot proizvodnja bioplina katerega razmerje je obratno sorazmerno. Na podlagi teh ugotovitev hipotezo H3 sprejmemo.

**Hipoteza H4:** V primeru dolgih razdalj (transport surovin do bioplinarne) je okoljsko bolj prijazno uporabljati zemeljski plin, kot bioplin. Za preverbo te hipoteze smo naredili dva preizkusa, ki sta predstavljena v tabeli 7 in 11. Zemeljski plin smo primerjali z okolju najprijaznejši bioplinom 70G30S (sodeč po naši raziskavi), katerega surovine so bile transportirane z daljše razdalje (100 km). Po primerjavi rezultatov smo ugotovili, da ima bioplin v primeru dolgih razdalj večji potencial acidifikacije, tanjšanja ozonske plasti,

fotokemični potencial, toksičnost in druge. Bioplin, ki je pridelan iz 70% gnoja in 30% silaže ima manjša vpliv na globalno segrevanje. Pri evtrofikaciji in kategoriji izkoriščanja abiotskih virov ima celo negativen predznak, kar nam pove, da je uporaba takega bioplina, kljub daljši transportni razdalji okolju dokaj prijazna. Okoljsko boljša alternativa je vseeno zemeljski plin, ker je ima bioplin v primeru dolgih razdalj veliko večji negativni vpliv na okolje. Na podlagi te ugotovitve in rezultatov preizkusov hipotezo H4 sprejmemo.

## **6. SKLEPI**

Z raziskovalno nalogo smo raziskovali iz katerih surovin in razmerij surovin mora biti bioplin proizveden, da je okolju najprijaznejši. Ugotovili smo, da se vpliv bioplina na okolje drastično spreminja v odvisnosti od surovin in razmerij surovin.

Okoljsko najprijaznejši je bioplin, ki je proizveden iz gnoja in silaže v razmerju 70:30, ker ima v primerjavi z bioplina, ki so proizvedeni iz drugih surovin ali razmerij manjši potencial acidifikacije, globalnega segrevanja in evtrofikacije. Kljub temu da ima bioplin iz 30% gnoja in 70% silaže in bioplin, ki je proizveden iz gnoja, koruzne silaže, klavničnih odpadkov in glicerola manjši vpliv na tanjšanje ozonske plasti in fotokemični potencial je bioplin, ki je proizveden iz gnoja in koruzne silaže v razmerju 70:30 okolju najbolj prijazen. Bioplin proizveden na tak način ima pri evtrofikaciji, globalnem segrevanju, toksičnosti snovi in acidifikaciji celo negativen predznak kar nam pove, da proizvodnja takega bioplina na okolje nima negativnega vpliva, temveč pozitiven učinek na emisije SO<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>, saj jih zmanjšuje.

Druga okoljska najboljša možnost je bioplin proizveden iz 30% gnoja in 70% koruzne silaže.

Sklep, ki nas je presenetil je, da je bioplin, ki je proizveden iz glicerola, koruzne silaže, gnoja in komunalnih odpadkov šele na tretjem mestu.

Zemeljski plin uvršamo na četrto mesto okolju najprijaznejše uporabe energije.

Bioplin iz 70% gnoja in 30% silaže, katerega surovine so bile transportirane s razdalje 100 km je na zadnjem mestu. Bioplin pridelan iz tega razmerja in surovin je okoljsko najprijaznejši, vendar je zaradi transportnih razdalj okolju najmanj prijazna možnost proizvodnje bioplina.



Ugotovili smo tudi, da je okoljsko zelo škodljivo, če je bioplin iz 70% gnoja in 30% silaže transportiran z dolgih razdalj, ker to poveča onesnaževanja okolje. V takem primeru je okoljsko bolj optimalno uporabljati zemeljski plin ali drugi bioplin, ki ni bil transportiran s dolgih razdalj. Tukaj se pojavlja neodgovorjeno vprašanje za nadaljnje raziskovanje, in sicer ali v primeru proizvodnje bioplin iz drugih surovin ali razmerij surovin še vedno okolju prijaznejša uporaba zemeljskega plina v primeru dolgih razdalj. Odprto vprašanje ki ostaja je tudi, katere surovine in njihova razmerja imajo na okolje najpozitivnejši učinek. To vprašanje je zelo obsežno, ker je možno uporabiti veliko različnih surovin. Te surovine so lahko: ostanki mlečne industrije, travna silaža, koruzna zrna, pšenična zrna, koprive, sladkorna pesa, plevel, maščobe, itd. Surovine iz katerih bi lahko bioplin proizvedli je veliko in vsaka surovina ima različen vpliv na okolje, zato bi takšna nadaljnja raziskava bila zelo zahtevna in obsežna.

## **7. DRUŽBENA KORIST**

Z raziskovalno nalogo smo z raziskovanjem in preizkusi skušali poiskati okolju najprijaznejšo proizvodnjo bioplina. Naloga je družbeno koristna, saj ugotavlja s katerimi surovinami in njihovimi razmerji je možno optimirati proizvodnjo bioplina, da bi imel najbolj pozitiven učinek na okolje. Z dobljeni rezultati bi lahko zmanjšali globalno segrevanje, nastanek kislega dežja, razpadanje ozonskega sloja, evtrofikacijo, fotokemični potencial in celotno zastrupljanje ozračja, okolja in s tem nas samih.

V nadaljevanju naloge navajamo različne vire, ki podpirajo in spodbujajo rabo bioplina.

Proizvodnja in uporaba bioplina prinaša mnoge okoljske, ekonomske in družbeno-ekonomske koristi, tako vključenim kmetovalcem kot družbi na sploh. Proizvodnja bioplina z izrabo notranje verige vrednosti povečuje lokalne ekonomske potenciale, na podeželju zagotavlja delovna mesta in zvišuje regionalno kupno moč. Proizvodnja bioplina prispeva k izboljšanju življenjskega standarda ter ekonomskemu in družbenemu razvoju (Al Seadi in drugi 2010, str. 10).

Z uporabo fosilnih goriv, kot so lignit, premog, nafta in zemeljski plin, preoblikujemo ogljik, ki je bil milijone let shranjen v zemeljski skorji, in ga izpustimo v ozračje kot ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). CO<sub>2</sub> v atmosferi povzroča globalno segrevanje, saj je ogljikov dioksid t.i. toplogredni

plin (TGP). Pri izgorevanju bioplina se prav tako sprošča CO<sub>2</sub>, vendar je bil, v nasprotju s fosilnimi gorivi, ogljik v bioplinu nedavno odvzet iz atmosfere s fotosintezo rastlin. Kroženje ogljika iz bioplina je tako zelo kratko (od enega do nekaj let). S proizvodnjo bioplina zmanjšujemo tudi emisije metana (CH<sub>4</sub>) in didušikovega oksida (N<sub>2</sub>O) iz hrambe ter uporabe živinskega gnoja. Z uporabo bioplina nadomeščamo fosilna goriva iz proizvodnje energije in goriva za transport ter tako zmanjšujemo emisije CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O, s tem pa prispevamo k ublažitvi globalnega segrevanja (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Fosilna goriva – premog, nafta, zemeljski plin – so raznolika akumulirana sončna energija v preteklem razvojnem obdobju Zemlje. To je dragocena zaloga, ki pa že zlagoma kopni. Komercialna fosilna goriva danes pokrivajo tri četrtine svetovnih energijskih potreb. Približno znamo oceniti, kakšne so zaloge goriv in za koliko časa naj bi zadostovale: premoga je še za 200 let, nafte za 40 let in zemeljskega plina za 60 let (Fon, 2005, str. 188, 189)

Večina evropskih držav je močno odvisna od uvoza fosilne energije, na primer iz Rusije ali Bližnjega vzhoda. Ker se bioplin proizvaja lokalno in znotraj državnih meja, lahko uporaba bioplina drastično zmanjša odvisnost od uvoženih goriv in povečuje zanesljivost energetske oskrbe (Al Seadi in drugi, 2010, str. 7).

Bioplin je prilagodljiv energent, primeren za različne namene. V državah v razvoju je ena izmed najbolj enostavnih uporab bioplina za kuhanje in razsvetljavo. Bioplin lahko tudi prečistimo in dovajamo v plinovod ali uporabljamo kot gorivo za vozila. Proizvodni sistemi so relativno enostavni in lahko deluje pri majhnih in velikih kapacitetah praktično kjerkoli, proizveden plin je enako vsestransko uporaben kot zemeljski plin. Preostanek gošče od proizvodnje bioplina, pa se celo lahko uporablja kot gnojilo (Rosillo-Calle in drugi, 2007, str. 211 in Al Seadi in drugi, 2010, str. 12).

V primerjavi z ostalimi biogorivi potrebuje bioplin najmanjšo količino vode v postopku pridobivanja. Zaradi pričakovanega pomanjkanje vode marsikje po svetu, je to nedvomno pomemben vidik učinkovitosti bioplina (Al Seadi in drugi, 2010, str. 12).

Zmanjševanje učinkov globalnega segrevanja je ena glavnih prioritiet energetske in okoljske politike EU. Evropski cilji za proizvodnjo energije iz obnovljivih virov, zmanjšanje emisij TGP in trajnostno obdelavo odpadkov, temeljijo na obvezi članic EU, da sprejmejo ustrezne

ukrepe za doseg te ciljev. Proizvodnja in uporaba bioplina iz anaerobne digestije lahko prispeva k izpolnitvi ciljev na vseh treh področjih (Al Seadi in drugi, 2010, str. 11).

Ena glavnih prednosti proizvodnje bioplina je možnost pretvorbe odpadnih snovi v koristen vir, tako, da jih uporabimo kot surovino za anaerobno digestijo. Mnogo evropskih držav se sooča z velikimi problemi zaradi prevelike proizvodnje organskih odpadkov iz kmetijstva, industrije, gospodinjstev in čistilnih naprav. Proizvodnja bioplina je odličen način za izpolnitev čedalje bolj omejujočih državnih in evropskih predpisov na tem področju, ter za uporabo organskih odpadkov za proizvodnjo energije, ki ji sledi recikliranje v gnojilo. Bioplinske tehnologije pripomorejo k zmanjšanju količine odpadkov in stroškov za njihovo odstranitev (Al Seadi in drugi, 2010, str. 11).

Izsledki raziskave so za družbo nadvse koristni. Na voljo so nam podatki o vplivih proizvodnje bioplina z različnimi možnostmi. Do njih smo prišli z znanstvenim in holističnim pristopom vprašanju vpliva ŽCP bioplina. Naloga je izpolnila naša pričakovanja in prispeva k naporom za zmanjšanje neustreznih vplivov na okolje, ki jih izzovejo izbrani proizvodni procesi in surovine v celotnem življenjskem ciklu. Podajamo tudi predloge v okviru sprejetih in zavrženih hipotez naloge odgovornim deležnikom, da sprejmejo ustrezne stimulative ukrepe za spodbujanje aktivnosti, ki bodo v največji meri pospešile proizvodnjo in uporabo okolju najprimernejših načinov proizvodnje bioplina (bioplin 70G30S, bioplin 30G70S in bioplin 30G30S30G110Ko) oz. uporabe zemeljskega plina v okoliščinah, kjer je to primerneje (transport surovin bioplina nad 20 km).

## 8. VIRI IN LITERATURA

### 8.1 LITERATURA

- Fon, Biljana. 2005. Obnovljivi viri energije : razvojne možnosti, njihov vpliv na okolje in vloga lokalnih skupnosti : javna predstavitev mnenj. Ljubljana : Tiskarna Državnega zbora Republike Slovenije.
- Frank Rosillo-Calle. 2007. The biomass assessment handbook : bioenergy for a sustainable environment. London ; Sterling : Earthscan.
- Mudhod, Ackemz. 2012. Biogas production : pretreatment methods in anaerobic digestion. Hoboken, (N.J.) : John Wiley ; Beverly (MA) : Scrivener.
- Radonjič, Gregor. 2008. Embalaža in varstvo okolja : zahteve, trendi in podjetniške priložnosti. Maribor: Založba Pivec.
- SSKJ - Slovar slovenskega knjižnega jezika. (e-različica). [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu: <http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html>.
- Veliki angleško-slovenski slovar. (e-različica). [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu: <http://slovarji.dzs.si/>.

### 8.2 VIRI

- Al Seadi, Teodorita, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Matjaž Grmek. 2010. Priročnik o bioplinu. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike.
- Bajajc, Renata. 2010. Diplomaska naloga: Analiza okoljskih vplivov proizvodnje piva iz vidika celotnega življenjskega cikla. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo.
- Capuder, Lenart. 2012. Diplomaska naloga: Analiza življenjskega cikla enostanovanjske zgradbe s poudarkom na fazi proizvodnje gradbenih materialov. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

- European Commission. Intelligent Energie Europe. Dürr, C. Sebastian. 2008. Biogas Reginios Shining Example.
- Holistični pristop. [Sneto s spleta 20.01.2016], dostopno na URL naslovu: <http://www.merriam-webster.com/dictionary>.
- Izčrpavanje neobnovljivih virov energije. [Sneto s spleta 30.01.2016], dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/neobnovljivi-viri-energije/>.
- Kisel dež. [Sneto s spleta 05.01.2016], dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/kisel-dez/>.
- LCA. [Sneto s spleta 05.01.2016], dostopno na URL naslovu: [https://www.gzs.si/skupne\\_naloge/varstvo\\_okolja/vsebina/Podnebne-spremembe/Energetska-zasnova-izdelkov-LCA](https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Podnebne-spremembe/Energetska-zasnova-izdelkov-LCA).
- LCA. [Sneto s spleta 20.01.2016], dostopno na URL naslovu: <http://www.zelenaslovenija.si/kaj-nudimo/trajnostno-svetovanje/lca-in-lcca-analiza>.
- Leksikon. 1973. Leksikon Cankarjeve založbe. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- Likon, Dr. Marko. (brez datuma) Analiza življenjskega cikla – izročki. [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu : [https://www.google.si/search?q=likon+lca&ie=utf-8&oe=utf-8&gws\\_rd=cr&ei=qm6mVpegLITIsQGKhr-QBA#](https://www.google.si/search?q=likon+lca&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=qm6mVpegLITIsQGKhr-QBA#).
- Matelič, Gašper. 2006. Diplomaska naloga: Metoda analize življenjskega cikla (LCA) kot metoda za odločanje v gradbeni proizvodnji. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Mathur, Piyush. Environmental Communication in the Information Society: The Blueprint from Europe, The Information Society: An International Journal, 25: 2, marec 2009 , p. 119–38. Dostopno na URL naslovu: <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a909229825~db=all~jumptype=rss>

- OpenLCA. [Sneto s spleta 30.01.2016], dostopno na URL naslovu: [http://www.openlca.org/download\\_page](http://www.openlca.org/download_page).
- OpenLCA. [Sneto s spleta 30.01.2016], dostopno na URL naslovu: <https://nexus.openlca.org/databases>.
- OriginGreenPlatform. 2015. Sustainable small-scale biogas production from agrofood waste for energy self-sufficiency. [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu: <http://www.slideshare.net/OriginGreenPlatform/1-noel-gavigan-biogas3-48750208>.
- R. Drobež, Z. Novak Pintarič, B. Pahor, Z. Kravanja. 2009. Znanstvena raziskava: MINLP Synthesis of Processes for the Production of Biogas from Organic and Animal Waste. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Ptuj: Znanstveni in raziskovalni center Bistra Ptuj, Perutnina Ptuj.
- Razgradnja ozonskega sloga. [Sneto s spleta 05.01.2016], dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-ozracja/ozon-in-nastanek-ozonske-luknje/>.
- Swedish Gas Centre: Basic Data on Biogas. 2nd edition. 2012. [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu: <http://eks.standout.se/userfiles/file/BiogasSydost/BioMethaneRegions/BasicDataonBiogas2012-komprimerad.pdf>.
- The Official Information Portal on Anaerobic Digestion. 2016. [Sneto s spleta 01.02.2016], dostopno na URL naslovu: <http://www.biogas-info.co.uk/about/feedstocks/>.
- Toksičnost snovi. [Sneto s spleta 30.01.2016], dostopno na URL naslovu: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/196-toksinost-snovi-1-del>.

- Učinek tople grede. [Sneto s spleta 05.01.2016], dostopno na URL naslovu: <https://kolednik.wordpress.com/onesnazenje-o-zracja/ucinek-tople-grede/>.
- Završnik, Bruno. 1990. Življenjski cikel izdelka. Ljubljana: Tangram.