



B&B  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija  
Program: Elektroenergetika  
Modul: Elektroenergetska učinkovitost  
in električne instalacije

## **Soproizvodnja toplote in električne energije v podjetju Koto d. o. o.**

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič  
Lektorica: Maja Kovač, mag. prof. slov.

Kandidat: Kemal Hasanbašić

Ljubljana, oktober 2024

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju gospodu dr. Viktorju Lovrenčiču.

Hvala gospe dr. Lei Lavrič iz podjetja Koto d. o. o. za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici ge. Maji Kovač, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

## **IZJAVA**

Študent Kemal Hasanbašić izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Viktorja Lovrenčiča.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V svetu so se povečali izpusti toplogrednih plinov, ki onesnažujejo okolje. K manjšemu onesnaževanju okolja prispeva pridobivanje energije iz obnovljivih virov, med katere spada tudi bioplin. Bioplin je tako nov vir pridobivanja energije, ki omogoča zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov.

Bioplin se proizvaja v bioplinskih elektrarnah, ki predstavljajo eno najbolj ekoloških vrst elektrarn, saj uporabljajo samo organske odpadke. Rezultat predelave organskih in drugih odpadkov je bioplin. Ena najpomembnejših načinov uporabe bioplina je tako električna energija, poleg tega pa se bioplin lahko uporablja tudi za sproizvodnjo toplote in kot gorivo.

V diplomskem delu je opisan bioplin ter postopek njegovega pridobivanja. Predstavljeno je delovanje bioplinskih elektrarn na splošno in konkretno bioplinske elektrarne v podjetju Koto ter njihov vpliv na okolje. Opisani so elementi požarne in eksplozijske varnosti. V diplomskem delu smo raziskovali smiselnost naložbe v bioplinsko elektrarno.

## **KLJUČNE BESEDE**

- bioplin
- bioplinska elektrarna
- požarna in eksplozijska varnost
- obnovljivi viri energije

## **ABSTRACT**

Emissions of greenhouse gases that pollute the environment have increased worldwide. The production of energy from renewable sources, including biogas, contributes to less environmental pollution. Biogas is thus a new source of energy production, as it enables the reduction of greenhouse gas emissions.

Biogas is produced in biogas power plants, which are one of the most environmentally friendly power plants, as they use only organic waste. The result of the processing of organic and other waste is biogas. One of the most important uses of biogas is electricity. In addition, biogas can also be used for cogeneration of heat and as a fuel.

In our Diploma Thesis we described biogas and the production process of its production. We introduced the operation of biogas power plants in general and the operation of the biogas power plant in company Koto. We also described the impact of the biogas on the environment. We introduced the elements of fire and explosion safety. In our Diploma Thesis, we explored the meaningfulness of investing in a biogas power plant.

## **KEYWORDS**

- biogas
- biogas power plant
- fire and explosion safety
- renewable energy sources

## KAZALO

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Predstavitev problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Namen in cilji naloge .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Metoda dela .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BIOPLIN .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>BIOPLINSKE ELEKTRARNE .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Vplivi bioplinskih elektrarn na okolje in prostor .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>PODJETJE KOTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>Bioplinska elektrarna Koto .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Enota za sprejem surovine ter priprava surovine .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Proizvodnja bioplina .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Proizvodnja bioplina .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>POŽARNA IN EKSPLOZIJSKA VARNOST BIOPLINSKIH ELEKTRARN ....</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	<b>Preprečitev požarov in eksplozij .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2</b>	<b>Nevarnost zadužitve in zastrupitve .....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>INVESTICIJSKI NAČRT .....</b>	<b>20</b>
<b>6.1</b>	<b>Investicijski stroški .....</b>	<b>20</b>
<b>6.2</b>	<b>Obratovalni stroški .....</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>Proizvodnja v BPN Koto 0,5 MWe z oceno prihodkov in stroškov za 0,5 MW bioplinsko elektrarno .....</b>	<b>21</b>
<b>6.4</b>	<b>Gantogram .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURA IN VIRI .....</b>	<b>28</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Bioplinska elektrarna Koto .....	6
Slika 2: Tehnološka shema priprave bioplina s kontrolniki točkami po sistemu HACCAP .....	7
Slika 3: Program za nadzor in regulacijo bioplinske naprave SCADA .....	9
Slika 4: 12-valjni plinski motor Jenbacher, ki obrača generator .....	13
Slika 5: Eksplozivne cone v bioplinski elektrarni Koto .....	15
Slika 6: EX cona ohlajevalnega reaktorja, digestorja in hidroliznega zadrževalnika v podjetju Koto .....	16
Slika 7: Graf proizvodnje in porabe električne energije v podjetju Koto .....	22
Slika 8: Prikaz skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe .....	25
Slika 9: Prikaz realnega denarnega toka in dobe povrnitve naložbe .....	25

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Investicijski stroški .....	20
Tabela 2: Proizvodnja in poraba električne energije v podjetju Koto .....	21
Tabela 3: Primerjalni izračun dobička za bioplinske elektrarne .....	23
Tabela 4: Komulativni donos bioplinske elektrarne .....	24
Tabela 5: Simulacija povrnitve stroškov .....	26





# 1 UVOD

## 1.1 Predstavitev problema

Izpusti toplogrednih plinov so se izjemno povečali z razvojem industrije in povzročajo globalno segrevanje. Z naraščanjem prebivalstva pa narašča tudi potreba po energiji. Svet teži k večjemu pridobivanju energije iz obnovljivih virov, s katerimi ne bi več toliko onesnaževali okolja. Z izgorevanjem fosilnih goriv se namreč sprošča ogljikov dioksid, ki veliko prispeva k onesnaževanju okolja. Bioplin tako predstavlja nov vir pridobivanja energije, ki omogoča zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov (Achinas idr., 2017). K manjšemu onesnaževanju okolja tako prispevajo tudi bioplinske elektrarne, ki predstavljajo eno najbolj ekoloških elektrarn, saj uporabljajo samo organske odpadke.

V diplomskem delu bomo najprej opisali bioplin in postopek njegovega pridobivanja. Nato bomo opisali delovanje bioplinskih elektrarn na splošno, potem pa se bomo osredotočili na bioplinsko elektrarno v podjetju Koto. Predstavili bomo tudi elemente požarne in eksplozijske varnosti, ki so ključni za varno delo v bioplinski elektrarni. Raziskovali bomo smiselnost naložbe v bioplinsko elektrarno. Poleg tega bomo predstavili tudi vpliv bioplinskih elektrarn na okolje.

Ker je v Sloveniji bioplinskih elektrarn dokaj malo, njihov vpliv na okolje pa predstavlja pomembno vlogo k zmanjševanju onesnaževanja okolja, smo se odločili, da z investicijskim načrtom prikažemo potencial vlaganja v njih, da je proizvodnja električne energije in toplote iz bioplina ena najpomembnejših načinov uporabe bioplina. Na to kažejo tudi zastavljeni cilji Evropske unije na področju proizvodnje obnovljive energije, vključno z bioplinom. Evropska unija izvaja politiko podpore rasti obnovljive energije, kar bo vodilo do povečanja naložb v bioplinske elektrarne (Alhassan idr., 2019).

## 1.2 Namen in cilji naloge

Namen diplomske naloge je predstaviti potencial vlaganja v bioplinske elektrarne. Cilji diplomske naloge pa so: spoznati delovanje bioplinskih elektrarn in spodbuditi njihovo gradnjo ter z investicijskim načrtom prikazati, da se vlaganje vanje izplača.

## 1.3 Metoda dela

Diplomsko delo temelji na uporabi in analizi pisnih ter elektronskih virov. Z njimi opisujemo in razlagamo temeljne pojme, spoznanja in ugotovitve. Podatke črpamo iz strokovne literature, statističnih podatkovnih baz ter internetnih strani podjetji, ki se ukvarjajo z obnovljivimi viri energije. Prevladuje opisna metoda.

## 2 BIOPLIN

Bioplin je proizvod anaerobne digestije, tj. proces razkroja organskih snovi brez kisika. Bioplin pa je vnetljiv plin, ki vsebuje metan (do 65 %), ogljikov dioksid (do 35 %) in druge pline (Al Seadi idr., 2010).

Po splošnih podatkih je sestava bioplina sledeča:

- ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>): 25–45 %,
- metan (CH<sub>4</sub>): 50–70 %,
- kisik (O<sub>2</sub>): 0–1 %,
- dušik (N<sub>2</sub>): 1–2 %,
- ogljikov monoksid (CO): 2–4 %,
- ostali ogljikovodiki do 1,5 % (Podjetje Koto, 2013).

Pri anaerobni digestiji poleg bioplina nastaja tudi digestat. Anaerobno digestijo uporabljamo za proizvodnjo plina v digesterjih (zaprti rezervoarji) (Al Seadi idr., 2010). Bioplin in njegovo proizvodnjo so prvič opisali leta 1895 v Veliki Britaniji, povečano zanimanje za njegovo uporabo pa se je začelo v energetske krizi okrog leta 1970 (Al Seadi idr., 2010).

Bioplin lahko pridobimo iz živalskega gnoja in blata, zelenjave, organskih odpadkov, kmetijske in prehranske industrije, pokvarjenih pridelkov, ki niso primerni za uživanje (Al Seadi idr., 2010).

Prednosti uporabe bioplina so okoljske, ekonomske in družbene koristi. Prispeva k boljšemu življenju, ekonomskemu ter družbenemu razvoju. S proizvodnjo bioplina se zmanjšujejo izpusti metana in didušikovega oksida, ki zelo segrevata ozračje. Tako uporaba bioplina pripomore k zmanjševanju globalnega segrevanja, kar je nenazadnje tudi glavni cilj politike Evropske unije. Zelo velika prednost proizvodnje bioplina je uporaba odpadnih snovi v bioplin, ki zmanjšuje veliko število odpadkov. Za proizvodnjo bioplina potrebujemo zelo malo vode, kar je tudi velika prednost, saj bo v prihodnosti primanjkovalo vode (Al Seadi idr., 2010).

Bioplin lahko uporabljamo na veliko načinov. Lahko ga uporabljamo za kuhanje in razsvetljavo, soproizvodnjo toplote in električne energije, lahko ga dodajamo v plinovod in uporabljamo kot gorivo za avtomobile (Al Seadi idr., 2010).

Avstrija, Nemčija, Danska in Švedska so v Evropi gonilne sile na področju proizvodnje bioplina. V teh državah je vlada za proizvodnjo bioplina namenila veliko sredstev in omogočila tudi izobraževanja na področju bioplinske tehnologije za kmete in delavce v bioplinskih elektrarnah. V večini evropskih držav se bioplin uporablja za soproizvodnjo

toplote in električne energije, v Švici, Nemčiji in na Švedskem pa tudi kot gorivo (Al Seadi idr., 2010).

Slovenija je začela s proizvodnjo bioplina okoli leta 1980. Prvi bioplinski napravi sta bili na komunalnih napravah (čiščenje odpadnih voda in prašičja kmetija v Ihanu). Leta 2002 je bila sprejeta Uredba o odkupu električne energije od kvalificiranih proizvajalcev električne energije, ki je povečala interes za izgradnjo bioplinskih naprav. Leta 2007 je v Sloveniji delovalo več kmetijskih bioplinskih naprav, in sicer:

- bioplinska elektrarna farma Ihan,
- bioplinska elektrarna na kmetiji Frele,
- bioplinska elektrarna Nemščak,
- bioplinska elektrarna na kmetiji Kolar,
- bioplinska elektrarna Motvarjevci (Al Seadi idr., 2010).

Bioplinske elektrarne, ki pridobivajo bioplin iz kuhinjskih odpadkov in odpadkov iz restavracij, pa so naslednje:

- bioplinska elektrarna Koto Ljubljana,
- bioplinska elektrarna Biotera Črnomelj,
- bioplinska elektrarna Bioferm Pivka,
- bioplinska elektrarna Papirnica Količevo in
- bioplinska elektrarna Matevž Čokl (Al Seadi idr., 2010).

### 3 BIOPLINSKE ELEKTRARNE

Bioplinske elektrarne spadajo med bioelektrarne, to so elektrarne, ki izkoriščajo energijo biomase za pridobivanje električne, pogosto pa tudi toplotne energije za ogrevanje (soproizvodnja) (Jug, 2009).

Proizvodnja električne energije iz biomase je podobna kot pri fosilnih gorivih v termoelektrarnah; najprej se zgodi pretvorba v toplotno energijo nosilcev (vodna para v parnih turbinah, zemeljski plin v plinskih turbinah), pretvorba v mehansko in nato v električno energijo. Za povečanje stopnje izkoristka se uporablja kogeneracija, tj. sočasna proizvodnja toplote in električne energije, pri čemer je potreben porabnik toplote (Jug, 2009).

Male kogeneracijske elektrarne so večnamenski objekti, ki s sproizvodnjo proizvajajo električno in toplotno energijo iz fosilnih goriv in biomase, v določenih primerih pa tudi hladno vodo za hlajenje. Goriva za obratovanje malih kogeneracijskih elektrarn so plinasta, tekoča in trdna. Ustrezne toplotne moči so odvisne od vrste energetskega agregata in znašajo od 20 do 20.000 kW (Jug, 2009).

Bioplinske elektrarne delimo na več tipov

- Pasivni tip ima sistem za čiščenje bioplina in prostor za shranjevanje digestata. Ta tip bioplinske elektrarne ne zahteva mešanja in dodatnega segrevanja. Pogosto jih najdemo v toplejših delih, kjer se proizvodnja metana zmanjša pri temperaturi pod 20 °C.
- Nizkostonenjski tip vsebuje snov, ki se dlje časa zadržuje v digestatorju, denimo do enega meseca. Tako se poveča donos bioplina. Za vzdrževanje zelene temperature potrebuje dodatno ogrevanje.
- Viskostonenjski tip del tekočine snovi z nizko gostoto energije zadrži v digestatorju le malo časa, trdne snovi pa ostanejo dlje (O'Connor idr., 2021).

#### 3.1 Vplivi bioplinskih elektrarn na okolje in prostor

Pri prometu za prevoz vhodnih snovi nastanejo prašni delci v zraku. Kogeneracijsko postrojenje sestavlja plinski motor, ki v zrak izpušča izpušne pline pri izgorevanju (CO, NO). Pri kogeneraciji nastaja tudi škodljivi CH<sub>2</sub>O. Ta vpliva na zdravje ljudi, saj povzroča genske spremembe. V človeško telo vstopi z dihanjem in preko kože. Bioplinske elektrarne obdelujejo odpadke in biorazgradljive materiale, ki oddajajo neprijetne vonjave. Prav tako pri delovanju bioplinske elektrarne prihaja do neprijetnih vonjav zaradi prevoza in skladiščenja snovi ter pri postopku fermentacije (Kocet, 2011). Te vonjave niso strupene, vplivajo pa na življenje ljudi, ki živijo blizu bioplinskih elektrarn.

Prednosti bioplinskih elektrarn so zmanjševanje toplogrednih plinov, proizvodnja energije iz obnovljivih virov, zmanjševanje obremenjevanja okolja z odpadki in koristno uporabo odpadkov (Molk, 2011). Prav tako je pri bioplinskih elektrarnah pomemben tudi proces razgradnje snovi, ki poteka anaerobno, pri čemer se snov pretvori v CO<sub>2</sub> in CH<sub>4</sub>. Iz enega kilograma razgrajene snovi lahko pridobimo 500 litrov plina (Verbič, b. l.).

Bioplinske elektrarne pozitivno vplivajo na okolje, saj zmanjšujejo emisije toplogrednih plinov. Metan, ki bi sicer uhajal v ozračje iz organskih odpadkov, se pretvori v energijo. Gre za toplogredni plin, ki ima večji učinek segrevanja kot ogljikov dioksid. Poleg tega bioplinske elektrarne učinkovito pretvorijo različne vrste organskih odpadkov, kot so kmetijski ostanki, odpadki hrane in odpadki iz čistilnih naprav, v energijo, s čimer zmanjšujejo količino odpadkov na odlagališčih. Bioplin je obnovljiv vir energije, ki pomaga zmanjšati odvisnost od fosilnih goriv in prispeva k energetske varnosti ter proizvodnji obnovljivih virov energije (European Environment Agency, 2020).

Gospodarske prednosti bioplinskih elektrarn pa so dodatni vir dohodka za kmete. Kmetje lahko prodajajo bioplin ali električno energijo, proizvedeno iz bioplinskih elektrarn, kar predstavlja dodaten vir prihodka (Irena, 2016a). Poleg tega gradnja in obratovanje bioplinskih elektrarn ustvarjata delovna mesta v lokalnih skupnostih, kar prispeva k lokalnemu gospodarstvu (Irena, 2020).

Bioplin kot domači (nacionalni) vir energije ni podvržen velikim cenovnim nihanjem, ki jih povzročajo mednarodni trgi fosilnih goriv (Irena, 2016b).

Druge prednosti pa so naslednje:

- Proizvodnja stranskih produktov: Proces anaerobne digestije v bioplinskih elektrarnah ustvarja digestat, ki ga lahko uporabljamo kot visokokakovostno organsko gnojilo, bogato s hranili (European Environment Agency, 2020).
- Krožno gospodarstvo: Bioplinske elektrarne podpirajo koncept krožnega gospodarstva, kjer se odpadki obravnavajo kot vir in ponovno uporabljajo za proizvodnjo energije in gnojil (European Environment Agency, 2020).
- Energetska neodvisnost: Lokalna proizvodnja energije iz bioplina lahko prispeva k večji energetske neodvisnosti in odpornosti na motnje v dobavi energije (Irena, 2017).

## 4 PODJETJE KOTO

Podjetje Koto je bilo ustanovljeno leta 1947. Takrat se je ukvarjalo največ s predelavo živalske kože, ki so jo pridobivali iz celotne regije. Sedaj se je stanje nekoliko spremenilo. Podjetje ima okoli 150 zaposlenih in se ukvarja s predelavo živalskih stranskih odpadkov, izdelavo kostne moke za domače živali in masti za biodizel ter proizvodnjo zelene energije, ki jo dobijo iz bioplinske elektrarne. Podjetje ima več objektov in vsak od njih ima svojo nalogo. V prvem objektu, ki se imenuje K1, poteka predelava stranskih odpadkov živali, ki so preminile. Med linijsko predelavo pridobivajo moko, ki ima gorilno moč in se uporablja za sežig v sežigalnicah odpadkov ter cementarnah. V isti objekt prispe tudi surovina za bioplinsko elektrarno, ki jo bomo predstavili v nadaljevanju. Surovina za elektrarno pride iz trgovin in vrtcev, denimo pripravljene jedi, sadje, zelenjava itn. V drugem objektu, tj. K3, se ukvarjajo s predelavo živalskih stranskih proizvodov tretje kategorije, ki se uporabljajo kot beljakovine za hrano domačih živali in proizvodnjo organskih gnojil. Tretji objekt oz. biočistilna naprava služi za prečiščevanje odpadnih voda, ki nastajajo pri delovanju čistilnih naprav javnih podjetij in industrije. S čiščenjem odpadne vode pridobivajo blato, ki je trenutno transportirano v druga podjetja za nadaljnjo predelavo. Trenutno so pričeli graditi objekt, ki bo predeloval blato, končni produkt pa bo uporabljen za sežig (Podjetje Koto, b. l.).

### 4.1 Bioplinska elektrarna Koto

Bioplinska elektrarna je sestavljena iz več elementov. Njeno delovanje je razdeljeno na naslednje faze:

- sprejem surovine,
- proizvodnja bioplina in
- uporaba bioplina.



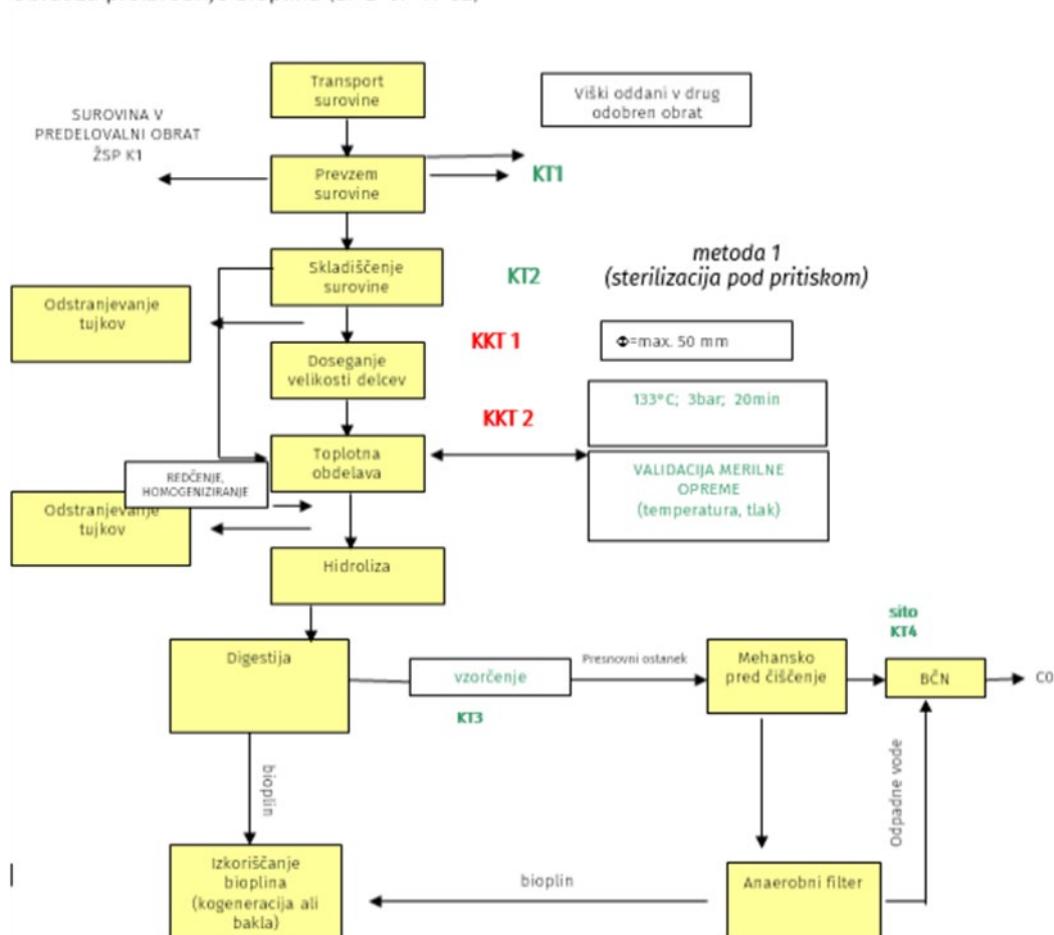
*Slika 1: Bioplinska elektrarna Koto*  
(Vir: arhiv podjetja Koto)

#### 4.1.1 Enota za sprejem surovine ter priprava surovine

Transport surovine je pomemben pri delovanju bioplinske elektrarne, saj zagotavlja gotovost in stalnost dovoza surovine. V obrat za proizvodnjo bioplina vstopa več vrst surovin:

- organski kuhinjski odpadki v sodčkih in nekdanja živila (vključno z odpadki živalskega izvora) v kantah,
- maščobne gošče K3 ter maščobne in oljne gošče iz lastne proizvodnje, flotat iz lastne biološke čistilne naprave (BČN),
- trdni in tekoči odpadki in ŽSP K3 ter K2, pripeljeni v notranjost obrata v kontejnerjih ali cisternah (Mlakar, 2023).

Obrat za proizvodnjo bioplina (SI-B-07-11-02)



Slika 2: Tehnološka shema priprave bioplina s kontrolnimi točkami po sistemu HACCAP (Vir: arhiv podjetja Koto)

Vse surovine skladiščijo v bazenih in jih potem s pomočjo polža transportirajo v hidrolizer. Toplotna obdelava se izvaja v hidrolizerju, ki je ob stalnem mešanju vsebine indirektno ogrevan s paro. Polnjenje zmlete surovine poteka s transportom iz enega od zalogovnikov. Transportirane so količine v odvisnosti od tehnoloških zahtev nadaljnjega procesa proizvodnje bioplina. Količina ene polnitve je odvisna od lastnosti surovine in ne presega teže 6 ton. Proces toplotne obdelave in izpraznjevanje v vmesno homogenizacijsko posodo je avtomatiziran. Toplotna obdelava se izvaja po metodi 1 EU – sterilizacija pod pritiskom 3 barov pri temperaturi 133 °C in v času 20 minut. Uredba predvideva za vsako polnitev termografski zapis, zapisovanje pa je v našem primeru avtomatizirano in zapisi shranjeni v arhivu centralnega računalnika. Po sterilizaciji se transport surovine po cevovodu vodi do separatorja predpriprave bioplina, kjer se sterilizirana surovina razredči in ohladi z dodajanjem vode. Potem se surovina spusti skozi roto sito, da se loči surovina od embalaže. Nadalje se surovina s pomočjo črpalke transportira po cevovodih na bioplinsko napravo (Mlakar, 2023).

#### **4.1.2 Proizvodnja bioplina**

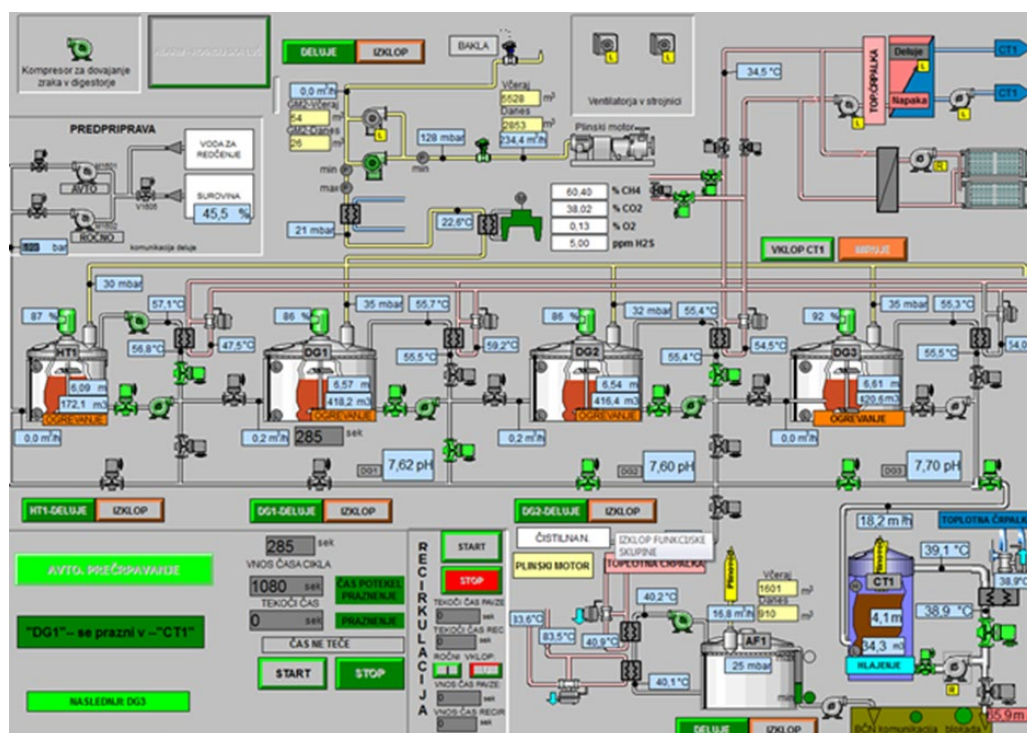
Predobdelani odpadki se prečrpavajo v zadrževalni reaktor, v katerem se začne postopek obdelave v bioplinski napravi. Iz zadrževalnega reaktorja se polnijo trije digestorji, kjer poteka proces gnitja. Iz digestorjev se digestorski ostanek prečrpava preko ohlajevalnega in varnostnega reaktorja v biološko čistilno napravo (Podjetje Koto, 2013).

V okvir bioplinske naprave sodi tudi anaerobni filter. Vanj se črpa substrat iz biološke čistilne naprave in se po končanem procesu v anaerobnem filtru ponovno vrača v egalizacijski bazen biološke čistilne naprave (Podjetje Koto, 2013).

Sistemi, ki predstavljajo celoten tehnološki proces, so:

- zadrževalni reaktor HT1,
- digestorji DG1, DG2 in DG3,
- ohlajevalni in varnostni reaktor CT1,
- anaerobni filter AF1,
- plinski kontejner,
- bakla (Podjetje Koto, 2013).





Slika 3: Program za nadzor in regulacijo bioplinske naprave SCADA  
(Vir: arhiv podjetja Koto)

#### 4.1.2.1 Zadrževalni reaktor HT1

Zadrževalni reaktor je zalogovnik, ki lahko sprejme tridnevno zalogo bioplina. Priklučen je na bioplinski razvod in ima toplotni izmenjevalnik za uravnavanje temperature. Temperatura dovedene snovi v reaktor je med 48 °C in 52 °C in se v reaktorju segreje na 55 °C. Snovi se doda cepivo v obliki bakterij iz digestorja, ki pospeši hidrolizo. Zadrževalni reaktor se polni iz proizvodnih procesov, praznjenje zadrževalnega reaktorja pa se vrši v digestorje (Podjetje Koto, 2013).

Dimenzije reaktorja so:

- premer: 6,0 m,
- višina cilindra: 7,7 m,
- celotna višina rezervoarja: 8,5 m,
- efektivni volumen: 216 m<sup>3</sup>.

V zadrževalnem reaktorju je nameščeno mešalo, ki preprečuje usedanje snovi. Pogon mešala je na zunanji strani reaktorja na sredini reaktorja (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.2.2 Digestorji DG1, DG2 in DG3

Digestor ali fermentacijska posoda je zrakotesen reaktor, v katerem se odvija razkrajanje snovi brez kisika. Lahko je narejen iz betona, jekla ali plastične mase.

Sestavljen je iz mešalnika in opreme, ki je potrebna za odstranitve bioplina. Je tudi ogrevan (Jejič in Poje, 2009).

Sistem za proizvodnjo bioplina v podjetju Koto ima tri digestorje (DG1, DG2 in DG3). Polnjenje digestorjev se izvaja iz zadrževalnega reaktorja, praznjenje pa v ohlajevalni in varnostni reaktor (Podjetje Koto, 2013).

Dimenzije posameznega digestorja so:

- premer: 8,6 m,
- višina: 10 m,
- volumen: 580 m<sup>3</sup>,
- polnjenje: 80 %,
- vsebnost snovi: 464 m<sup>3</sup>.

Kapaciteta predelave posameznega digestorja je 4000 ton odpadkov na leto oziroma 11 t/dan, pri čemer se proizvede v vsakem digestorju po 1885 m<sup>3</sup> bioplina na dan, kar je enakovredno 1225 m<sup>3</sup> metana na dan. Vsebnost metana v bioplinu je med 50 % in 70 %. Skupna dnevna proizvodnja bioplina v digestorjih je 5655 m<sup>3</sup> (Podjetje Koto, 2013).

V vsakem digestorju se s toplotnim izmenjevalnikom za uravnavanje temperature vzdržuje temperatura 55 °C (Podjetje Koto, 2013).

V vsakem digestorju je nameščeno mešalo, ki preprečuje usedanje snovi. Pogon mešala je na zunanji strani digestorja na sredini naprave (Podjetje Koto, 2013).

Bioplin izhaja iz digestorja preko cevi in vstopa v plinsko glavo. Iz plinske glave gre cevna povezava preko detonacijske zapore na sistem krogelnih ventilov. Na plinsko glavo je vezan tudi dihalni ventil, ki ima funkcijo varnostnega ventila in preprečuje nastanek prekomernega nadtlaka in podtlaka v reaktorju. Dihalni ventil je zaščiten s plamensko zaporo (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.2.3 Ohlajevalni in varnostni reaktor CT1

Ohlajevalni reaktor predstavlja varnostni reaktor. Polnjenje ohlajevalnega in varnostnega reaktorja se izvaja iz digesterjev, praznjenje pa v biološko čistilno napravo (Podjetje Koto, 2013).

Dimenzije ohlajevalnega in varnostnega reaktorja so:

- premer: 3,25 m,
- višina: 7,1 m,
- volumen: 50 m<sup>3</sup>.

V ohlajevalnem in varnostnem reaktorju se temperatura snovi zniža na 35 °C. Pri tem se nastali bioplin izpušča v okolico preko izpusta na vrhu reaktorja na robu rezervoarja (Podjetje Koto, 2013).

Dnevna proizvodnja bioplina v ohlajevalnem reaktorju je 31,5 m<sup>3</sup>, kar je enako 20,5 m<sup>3</sup> metana na dan (Podjetje Koto, 2013).

Digestorski ostanki se iz ohlajevalnega in varnostnega reaktorja prečrpavajo v biološko čistilno napravo. Iz vseh treh digesterjev dnevno pride 75 m<sup>3</sup> ostankov (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.2.4 Anaerobni filter AF1

Anaerobni filter je specialni digester za biološko čiščenje visoko obremenjenih odpadnih vod (Podjetje Koto, 2013).

Vsebuje polnilo, na katerem rastejo bakterije in mikroorganizmi, ki zagotavljajo biološko čiščenje (Podjetje Koto, 2013).

Polnjenje anaerobnega filtra se izvaja iz biološke čistilne naprave, praznjenje pa v egalizacijski bazen biološke čistilne naprave (Podjetje Koto, 2013).

V procesu čiščenja se v anaerobnem filtru sprošča bioplin. Dnevno se proizvede do 820 m<sup>3</sup> bioplina, ki vsebuje do 80 % metana, kar zneso 656 m<sup>3</sup> (Podjetje Koto, 2013).

Dimenzije anaerobnega filtra:

- premer: 6 m,
- višina: 7,6 m,
- volumen: 214 m<sup>3</sup>.

V anaerobnem filtru se s toplotni izmenjevalnikom za uravnavanje temperature vzdržuje stalna temperatura 30 °C (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.2.5 Zmanjševanje žvepla v bioplinu

Da se zmanjša nastajanje H<sub>2</sub>S v vseh reaktorjih, se v vsak reaktor dovaja 1–3 % svežega zunanega zraka. Za to doziranje uporabljajo mehanski kompresor z zmogljivostjo 100 l/min. Pretok se nadzoruje in regulira. Dodana količina zraka ne predstavlja dodatnih nevarnosti za nastanek eksplozijskih mešanic (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.3 Proizvodnja bioplina

V zadrževalnem reaktorju ne nastaja bioplin. Na inštalacijo je priključen zgolj zaradi vzdrževanja ustrezne atmosfere (Podjetje Koto, 2013).

V digestorjih nastane dnevno okoli 6000 m<sup>3</sup> bioplina oziroma okoli 4000 m<sup>3</sup> metana. V anaerobnem filtru nastane dnevno okoli 800 m<sup>3</sup> bioplina oziroma okoli 650 m<sup>3</sup> metana (Podjetje Koto, 2013).

Skupno nastane v sistemu dnevno okoli 6400 m<sup>3</sup> bioplina oziroma okoli 4000 m<sup>3</sup> metana in ta količina je zajeta preko plinske inštalacije. Dnevna proizvodnja bioplina v ohlajevalnem reaktorju je okoli 30 m<sup>3</sup>. Ta plin se ne shranjuje, temveč ga izpuščajo v okolico (Podjetje Koto, 2013).

##### 4.1.3.1 Plinski kontejner

Pred vstopom v plinski kontejner se plin na hladilniku plina ohladi. Bioplin ima v skupnem cevnom vodu nadtlak 10–50 mbar in je priključen na izločevalnik pene, kapljic in kondenzata. Vgrajen tlačni senzor krmili delovanje puhal in bakle. Pred puhalom je nameščen termometer, tlačna senzorja in sušilnik/hladilnik plina (Podjetje Koto, 2013).

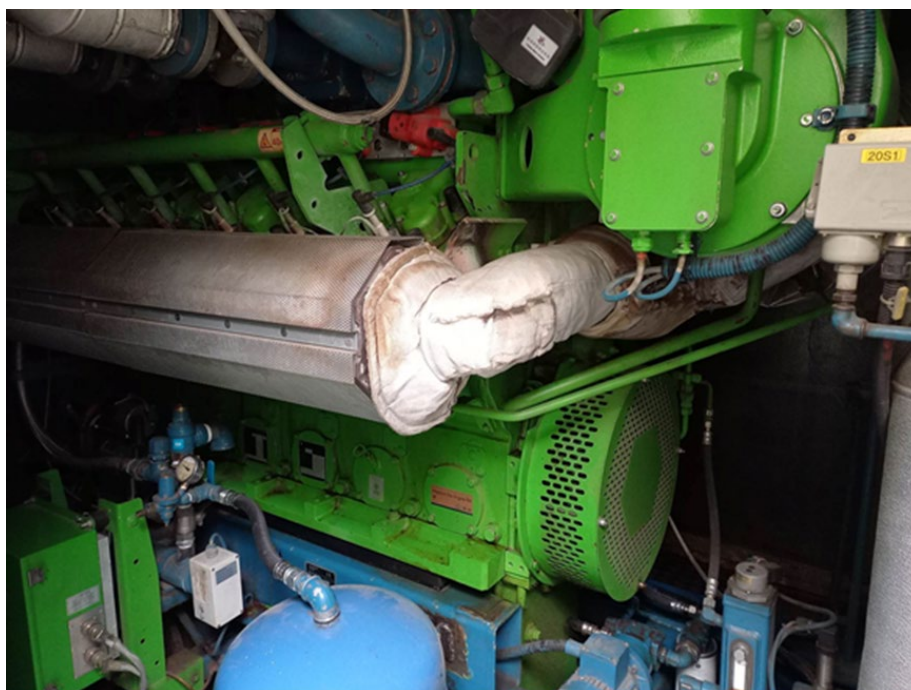
Za obema puhaloma sta nameščena tlačna senzorja, ki upravljata delovanje puhal in bakle. Pred in za puhaloma sta nameščeni plamenski zapori EP1 in EP2, in sicer pred plinskim motorjem in baklo. Pred obema porabnikoma je izveden odvod kondenzata (Podjetje Koto, 2013).

Z dvema puhaloma, ki sta priključena vzporedno in delujeta izmenično, se tlak bioplina dvigne na 125–160 mbar in kot tak dovaja plinskemu motorju. Dovod plina bakli je izveden pred puhalom (Podjetje Koto, 2013).

#### 4.1.3.2 Kogeneracija

Kogeneracija je toplotna in električna enota. Bioplin brez žvepovega sulfida in vode se tu sežgeta in nastaneta toplotna ter električna energija. Približno tretjina energije bioplina se pretvori v električno, preostala energija pa se pretvori v toplotno energijo (Jejčič in Poje,

2009). Tlak v bioplinski napravi se meri v mbarih. Bioplin se iz digestorija vodi do hladilnika, ki se ohladi na približno 18 °C. Nato gre bioplin skozi ogljeni filter, kjer se izloči žveplo ( $H_2S$ ). Nato s pomočjo puhala potiskamo plin in s tem ustvarimo večji tlak proti SPTE. Bioplin poganja 12-valjni plinski motor. Z obrati motorja ustvarjamo mehansko energijo, ki jo potem preko sklopke prenašamo na generator moči 525 kW. Proizvodnja elektrike iz generatorja se uporablja za lastne namene, višek pa se pošilja v omrežje. Ob delovanju plinskega motorja nastanejo dimni plini, ki dosegajo temperature okoli 400 °C in jih vodimo do parnega kotla, ki proizvaja paro, in sicer okrog 350 kg/uro. Ob hlajenju motorja segrevamo ogrevalno vodo za vzdrževanje temperature v digestorjih na bioplinski napravi in tudi za lastno centralno ogrevanje stavb (Mlakar, 2023).



*Slika 4: 12-valjni plinski motor Jenbacher, ki obrača generator  
(Lastni vir)*

## 5 POŽARNA IN EKSPLOZIJSKA VARNOST BIOPLINSKIH ELEKTRARN

Pri delovanju bioplinske elektrarne moramo biti pozorni na potencialna tveganja in nevarnosti za ljudi ter okolja. Da do tega ne pride se uporabljajo varnostni ukrepi (Al Seadi idr., 2010).

### 5.1 Preprečitev požarov in eksplozij

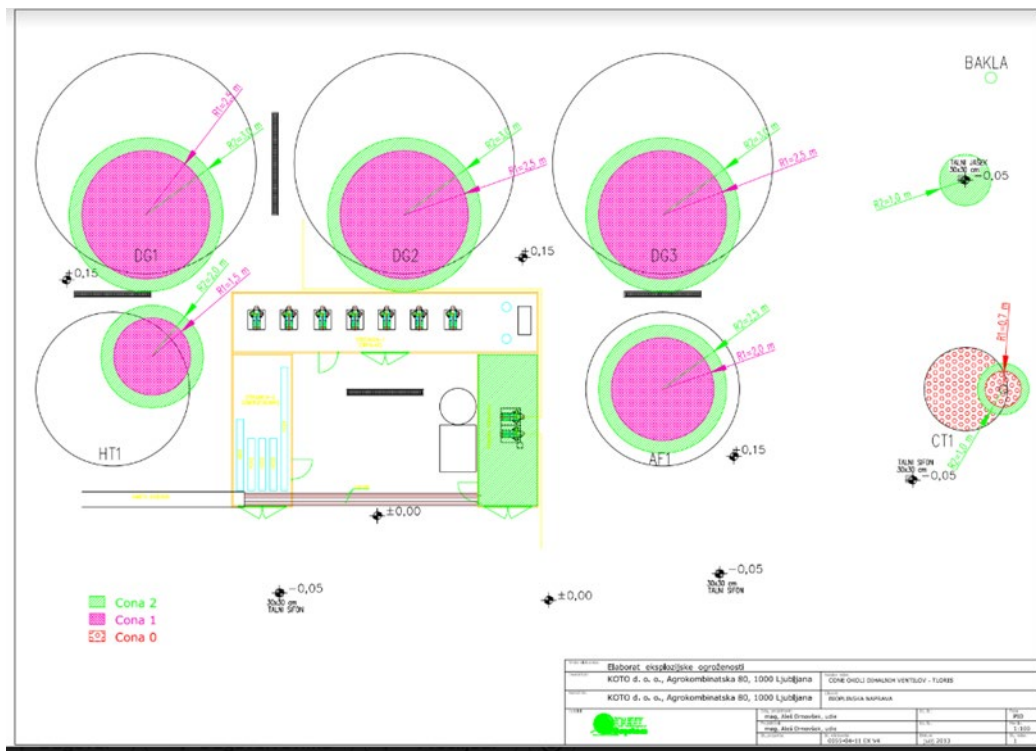
Bioplín in zrak lahko pod nekaterimi pogoji tvorita eksplozivno plinsko mešanico. Pri digestatorju in plinskem rezervoarju je možnost požara ali eksplozije velika (Al Seadi idr., 2010).

Potencialni viri vžiga so lahko:

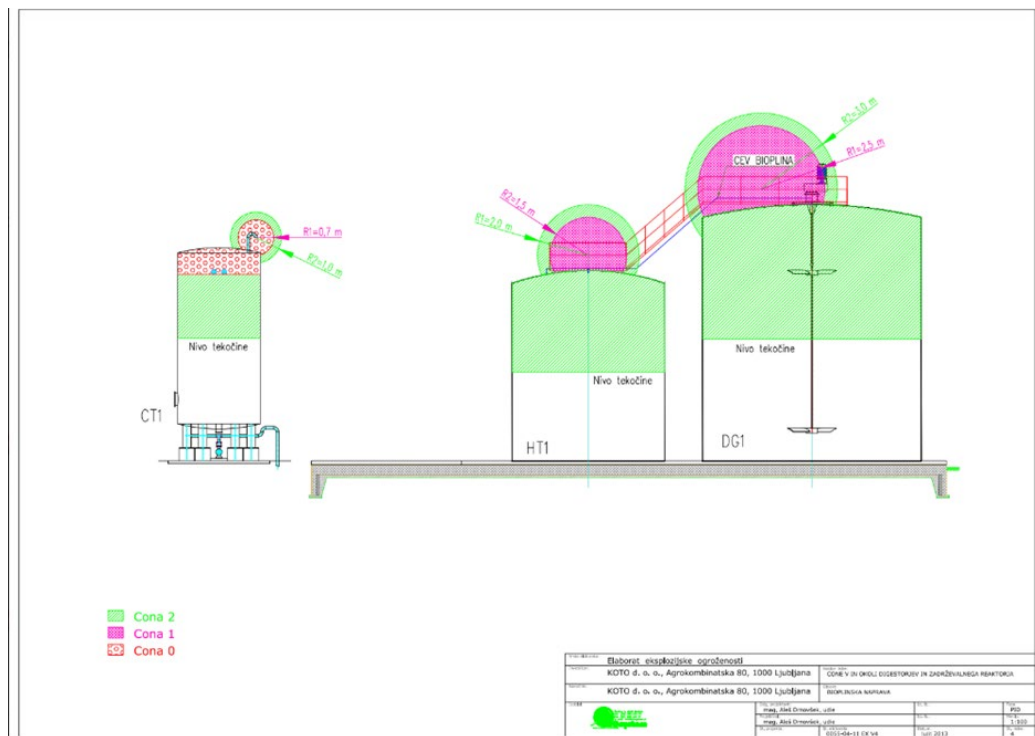
- vroče površine: Pregrevanje povzročijo udarci ali trenje, do katerih prihaja med materiali in deli, ki so v stiku en z drugim med vrtenjem in transportom ali zaradi vdora tujih delcev. Zato je potrebno redno čiščenje površin naprave, ki se segrevajo.
- Plamen in vroči plini vključno z vročimi delci: Z opozorilnimi znaki mora biti označeno prepovedano kajenje in uporaba odprtega ognja. Na področju nevarnih con se ne smejo izvajati čistilna ali vzdrževalna dela, ki povzročajo vroče površine, mehanske iskre, odprti plamen ali vroč plin. Ta dela je treba opraviti pod določenimi pogoji.
- Mehanske iskre: Treba je preprečiti njihov nastanek, in sicer z uporabo naprav, ki se ob delu ne iskrijo.
- Električne iskre: Prav tako moramo preprečiti električne iskre z vgradnjo električne opreme. Blodeči električni tokovi in katodna protikorozijska zaščita lahko povzročijo nevarno korozijo, pregrevanje površin in iskre, ki lahko zanetijo požar, zato je treba opremo in površine zaščititi.
- Atmosferske razelektivitve lahko nastanejo zaradi udara strele, kar je treba ustrezno zavarovati (Podjetje Koto, 2013).

Poznamo več con eksplozivne atmosfere:

- Cona 0 predstavlja območje, kjer je eksplozivna atmosfera, sestavljena iz zraka in vnetljivih snovi, stalno prisotna.
- Cona 1 je območje, kjer se eksplozivna atmosfera v normalnih delovnih pogojih pojavlja občasno.
- Cona 2 je območje, kjer eksplozivna atmosfera v normalnih delovnih pogojih ni prisotna, če pa se pojavi, je to samo za kratek čas (Al Seadi idr., 2010).



Slika 5: Eksplozivne cone v bioplinski elektrarni Koto (Lastni vir)



Slika 6: EX cona ohlajevalnega reaktorja, digestorja in hidroliznega zadrževalnika v podjetju Koto  
(Lastni vir)

V objektu morajo biti eksplozivne cone označene, saj povedo, kolikšna je verjetnost, da pride do eksplozije (AI Seadi in sod., 2010).

V bioplinski elektrarni Koto so naslednji prostori in oprema, kjer je možnost nastanka eksplozivne mešanice in s tem nevarnosti:

- notranjost in okolica zadrževalnega reaktorja HT1,
- notranjost in okolica digestorjev DG1, DG2 in DG3,
- notranjost in okolica ohlajevalnega in varnostnega reaktorja CT1,
- notranjost in okolica anaerobnega filtra AF1,
- okolica odprtine na kanalizacijskem jašku pri bakli,
- bakla (Podjetje Koto, 2013).



Za preprečevanje nastanka eksplozivne atmosfere morajo biti naprave ves čas zaprte. Izmenjava plinov mora biti omogočena le preko dihalnih ventilov. Prekomerno črpanje ali iztekanje tekoče faze je preprečeno in nadzorovano z merilniki nivoja, ki sprožijo alarm in blokado črpalk ter zaprtje daljinsko vodenih ventilov. Na ploščadi z napravami ni poglobitev. Možni viri uhajanja plina so nadzorovani in postavljeni na dobro naravno prezračevana mesta. V plinskem kontejnerju je zagotovljeno učinkovito naravno prezračevanje s preprihom v prečni smeri. Bakla deluje avtomatsko in je pod stalnim zanesljivim nadzorom (Podjetje Koto, 2013).

Za preprečevanje nastanka virov vžiga morajo biti električne instalacije v potencialno eksplozijsko ogroženih prostorih projektirane, izvedene in vzdrževane v skladu z veljavnimi pravilniki, odredbami in standardi. Vsa vgrajena električna oprema mora biti izbrana glede na lastnosti plinov ter v skladu z določenimi conami nevarnosti. Vsi kovinski deli v nevarnostnih (in tudi eksplozijsko varnih) conah morajo biti medsebojno galvansko povezani in ozemljeni. Za električno ozemljilo morajo biti uporabljeni materiali, ki ne povzročajo korozije. Nad conami nevarnosti ne smejo biti zračni električni vodi. V conah nevarnosti morajo tudi vse neelektrične naprave ustrezati pogojem za določene cone nevarnosti. Izvajajo se redni kontrolni pregledi opreme po navodilih proizvajalcev in beležijo ugotovitve pregledov. Vsa vgrajena oprema mora ustrezati temperaturnemu razredu za cono in prisotno snov (Podjetje Koto, 2013).

Za preprečevanje atmosferskih razelektritev morajo biti vse električne instalacije, ki so v conah nevarnosti, ustrezno zaščitene pred prenapetostjo zaradi udara strele. Električno omrežje mora biti pred delovanjem strele zaščiteno z vgrajenimi prenapetostnimi napravami. Izpad napetosti ne povzroča dodatnih nevarnosti za nastanek eksplozije, ker se električna oprema ustavi. Ob izpadu napetosti se lahko poveča tlak v reaktorjih, ki pa ga kontrolirajo varnostni ventili. Drugih nevarnosti za nastanek eksplozije ni. Delovanje bakle je kontrolirano in se ob izpadu napetosti ustavi ter ne povzroča dodatnih nevarnosti.

V primeru zasilne zaustavitve sama zaustavitev ne povzroči dodatnih nevarnosti za nastanek eksplozivne atmosfere. V primeru prisilnega izklopa mora biti možen samo ročni ponovni vklop. Tipke za prisilno zaustavitev so na lahko dostopnih mestih in morajo biti vedno dostopne (Podjetje Koto, 2013).

Pomemben dejavnik za preprečevanje ali omejevanje nastanka eksplozivne atmosfere je redno vzdrževanje tehnološke opreme s preventivnimi pregledi in preizkusi (Podjetje Koto, 2013).

Za varno delo je pomembno, da imajo delavci pisna navodila za:

- delo v začetni in končni fazi procesa (vzpostavljanje osnovnih pogojev za delovanje sistem in praznjenje posod ob prekinitvi),
- delo in postopki v kontrolnem centru,
- redne kontrole in vzdrževanja (Podjetje Koto, 2013).

Ta navodila morajo biti na vidnem mestu, delavci pa jih morajo upoštevati. Za vsako napravo v bioplinski elektrarni morajo biti pripravljena:

- navodila za varno delo,
- navodila za varno uporabo,
- navodila za preizkušanje in vzdrževanje,
- navodila za polnjenje posod in zagon procesa,
- navodila za praznjenje posod (Podjetje Koto, 2013).

Navodila morajo zajemati opozorila na možne nevarnosti, ki nastopijo zaradi nepravilnega dela, obnašanja in oblačenja, ter prvo pomoč ob nastanku nesreč. Pri gradbenih ali vzdrževalnih delih se sme uporabljati odprt plamen le, če se predhodno zagotovi, da eksplozivna atmosfera ne bo prisotna na mestu uporabe odprtega plamena (Podjetje Koto, 2013).

Za opozarjanje na nevarnost morajo biti na vidnem mestu opozorilni znaki in znaki prepovedi. Napisi za prepoved oziroma opozorila so:

- prepovedana uporaba odprtega ognja,
- nevarnost požara in eksplozije,
- prepovedan dostop nepooblaščenim osebam,
- prepoved vnašanja kadijnega pribora in kajenja,
- prepoved uporabe orodja in naprav, ki se utegnejo pri uporabi iskriti,
- prepoved uporabe električne opreme, ki ni predvidena za uporabo v nevarnostnih conah,
- prepoved odlaganja vnetljivih snovi in
- prepoved hranjenja samovžignih snovi (Podjetje Koto, 2013).

Z opozorilnim znakom (trikotnik z napisom EX) so označeni:

- kontejner,
- okolica izpustnih ventilov,
- okolica bakle,
- okolica jaška poleg bakle (Podjetje Koto, 2013).

## 5.2 Nevarnost zadušitve in zastrupitve

Bioplin v visoki koncentraciji lahko povzroči zastrupitev in lahko privede celo do smrti. Bioplin je lažji od zraka in se zadržuje pri tleh, zato je treba v zaprtih prostorih poskrbeti za dobro ventilacijo. Odpadki živalskega ali človeškega izvora vsebujejo bakterije, parazite in viruse. Proizvodnja bioplina tako ne sme priti do novih bolezni, ki bi se prenašale med živali in ljudi. To se prepreči z upoštevanjem veterinarskih varnostnih ukrepov. Na higiensko delovanje vplivajo temperatura, čas zadrževanja snovi v digestorju in vrednost pH. Živali, za katere obstaja sum, da so okužene, živali, ki niso kmetijske ali divje (hišni ljubljenci, živali iz živalskih vrtov in cirkuške živali), je treba vedno uničiti oz. sežgati. Gnoj, vsebina prebavnega traka sesalcev in mrtve živali je treba pred anaerobno digestacijo sterilizirati 20 minut pri temperaturi 133 °C in pod tlakom 3 barov. Vsi ostali deli zaklanih živali, ki ne kažejo nobenih bolezenskih znakov in koža, le te je potrebno pred anaerobno digestacijo higienizirati v ločenih rezervoarjih za 90 minut pri 70 °C. Da ne bi prišlo do okužb, je treba ločevati živinorejo od bioplinske elektrarne. Med transportom in začasnim skladiščenjem pred obdelavo je postopek proizvodnje bioplina je strogo nadzorovan.

Potrebno je tudi čiščenje, dezinfekcija prostorov, uničevanje škodljivcev ter higienski nadzor. Bioplinska elektrarna mora biti ločena na dva dela, in sicer čist in nečisti del. Na voljo mora biti tudi prostor za čiščenje transportnih vozil vakuumskih posod in delavcev (Al Seadi idr., 2010).

Podjetje mora imeti izdelan tudi evakuacijski načrt. S tem načrtom morajo biti zaposleni in obiskovalci seznanjeni. Zaposleni se morajo o tem redno izobraževati na rednih usposabljanjih s področja varstva pred požarom (Podjetje Koto, 2013).

## 6 INVESTICIJSKI NAČRT

Proizvodnja in izraba bioplina kot obnovljivega vira energije sta pomembni predvsem z ekološkega vidika, saj med drugim prispevata k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, manjšemu onesnaževanju voda, zmanjšanju neprijetnega vonja v okolici kmetij in manjšemu obsegu degradacije tal. Višina investicije v bioplinske naprave je zelo različna, saj je odvisna od velikosti in vrste naprav ter razpoložljive infrastrukture na lokaciji naprave (Jug, 2009).

### 6.1 Investicijski stroški

Velik razpon investicij v BPN (investicija v BPN instalirane moči 1 MW elektrike lahko znaša med 4 in 7 milijonov evrov) je odvisen od:

- nakupa potrebnega zemljišča (BPN 1 MW potrebuje okoli 2 ha zemljišča),
- načina priprave vhodnih surovin in skladiščenja (kosubstrate je treba mleti, toplotno obdelati, včasih tudi deembalirati),
- načina ravnanja s fermentirano gnojovko (razvoz ali čiščenje),
- velikosti naprave (specifični strošek investicije pada z velikostjo naprave) (Jug, 2009).

V spodnji tabeli je prikazan primer strukture investicijskih stroškov za bioplinarno instalirane moči 526 kW (0,5 MW BPN). Ob tem investicija v kogeneracijo (SPTE) znaša okoli 25 % investicijske vrednosti (Molk, 2011).

Vrsta stroškov	Vrednost(€)	Delež (%)
Gradbena dela	500.000	25
Sprejem odpadkov	200.000	10
Higienizacija	200.000	10
Skladiščenje	200.000	10
Cevovodno omrežje	200.000	10
SPTE	500.000	25
Elektro oprema	200.000	10
Investicijska vrednost 0,5 MW BPN		
Skupaj	2.000.000	100

*Tabela 1: Investicijski stroški*  
(Vir: arhiv podjetja Koto)

## 6.2 Obratovalni stroški

Pri večini bioplinskih elektrarn glavni in največji strošek predstavlja nakup surovin. V bioplinarni Koto stroški nabave substratov ne nastajajo. Surovine so zagotovljene z lastnim zbiranjem ter prevzemom od zbiralcev odpadkov, del surovin pa izhaja iz lastne predelave. S predelavo skrbimo, da surovine pridejo na pravo mesto in ne onesnažujejo okolja. Največje stroške predstavljajo:

- priprava surovine,
- vzdrževanje bioplinarne (0,4 % letno),
- delovna sila,
- amortizacija (0,3 % letno) (Molk, 2011).

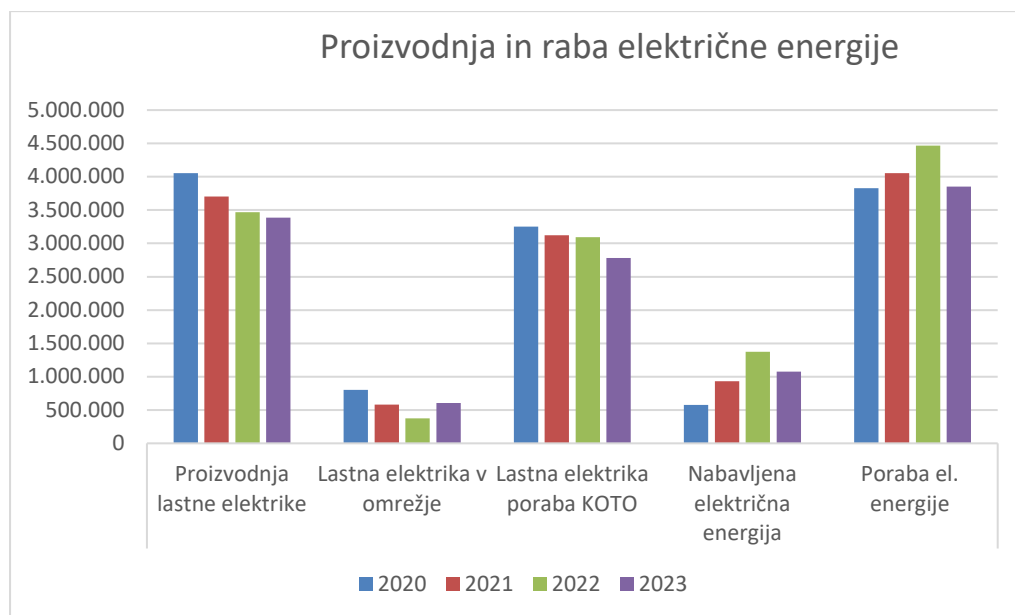
## 6.3 Proizvodnja v BPN Koto 0,5 MWe z oceno prihodkov in stroškov za 0,5 MW bioplinsko elektrarno

Bioplinska elektrarna Koto je v letu 2023 proizvedla 3.704.922 kWh električne energije na SPT 526 kWe. Do 85 % električne energije iz bioplina je uporabljenih za lastno rabo proizvodnega kompleksa Koto. Ostalih 15 % se proda v omrežje (v letu 2023 581.888 kWh). Sistem je narejen tako, da med delovnimi dnevi uporablja lastno električno energijo, med vikendi in prazniki pa jo prodajajo v omrežje, saj proizvodnja takrat ne deluje (Mlakar, 2023).

Elektrarna v zadnjih letih prinaša podjetju možnost visoke samooskrbe z električno energijo (69–85 %). Če je ne bi imeli, bi morali elektriko kupovati preko omrežja (prav tam). V tabeli in grafu je prikazana proizvodnja ter poraba električne energije v podjetju Koto med letoma 2020 in 2023.

ELEKTRIKA		2020	2021	2022	2023
Proizvodnja lastne elektrike	kWh	4.052.001	3.704.922	3.468.152	3.386.047
Lastna elektrika v omrežje	kWh	800.028	581.888	374.063	606.311
Lastna elektrika poraba	kWh	3.251.973	3.123.034	3.094.089	2.779.736
Nabavljena električna energija	kWh	577.943	933.257	1.374.990	1.074.518
Poraba el. energije	kWh	3.829.916	4.056.291	4.469.079	3.854.254

*Tabela 2: Proizvodnja in poraba električne energije v podjetju Koto  
(Vir: arhiv podjetja Koto)*



*Slika 7: Graf proizvodnje in porabe električne energije v podjetju Koto*  
(Vir: arhiv podjetja Koto)

V nadaljevanju je predstavljen izračun za 0,5 MW bioplinsko elektrarno na odpadke. V izračunih smo upoštevali:

- prihodke od električne energije 12,09 cent/kWh in proizvodnjo električne energije 3705 MWh letno,
- prihodke za predelavo odpadkov 400.000 € letno, brez nabave substratov, da bioplinska elektrarna prevzema samo odpadke (ni nakupa substratov),
- 70 % stroškov energije, vzdrževanja, dela in drugih stroškov 1,5 MW bioplinske elektrarne,
- tretjino stroškov razvoza digestata 1,5 MW bioplinske elektrarne,
- amortizacijsko dobo 10 let,
- financiranje 5 % investicijske vrednosti letno.

V spodnji tabeli je predstavljen primerjalni izračun z oceno za 0,5 MW bioplinske elektrarne na odpadke ter ekonomske izračune za 1,5 MW bioplinsko elektrarno (podatki za 1,5 MW BPN povzeto po Molk, 2011).

	BPN 1,5 MW	BPN 0,5 MW
	EUR	EUR
<b>Prihodki</b>		
Električna energija	1.221.099	447.935
Substrati (prevzem odpadkov)	840.800	400.000
<b>Odhodki</b>		
Substrati nabava	412.192	0
Razvoz digestata	92.280	30.760
Energija	132.057	92.440
Vzdrževanje	180.000	126.000
Stroški dela	165.000	115.500
Amortizacija	423.352	200.000
Drugi stroški	90.000	63.000
Stroški financiranja	196.508	100.000
<b>Bruto dobiček</b>	<b>370.510</b>	<b>120.235</b>
Davek (20 %)	74.102	24.047
<b>Neto dobiček</b>	<b>296.408</b>	<b>96.188</b>

*Tabela 3: Primerjalni izračun dobička za bioplinske elektrarne  
(Vir: arhiv podjetja Koto)*

## 6.4 Gantogram

Gantogram prikazuje planirane aktivnosti za izvedbo projekta. Ocenili smo, da bo pridobivanje soglasja trajalo 5 mesecev, nato pa bi v prvi polovici aprila že lahko testirali elektrarno in njeno funkcionalnost, potem pa bi jo zagnali po koncu testajunija 2025.

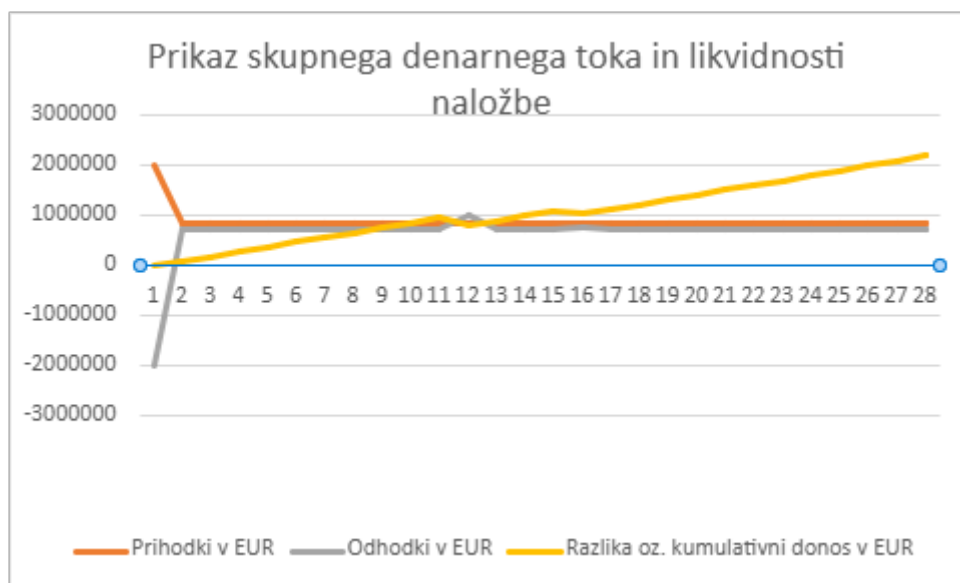
- KORAK 1 – nakup zemljišča za planirano bioplinsko elektrarno (rok izvedbe 2 meseca)
- KORAK 2 – iskanje substratov (bioodpadkov) (rok izvedbe 6 mesecev)
- KORAK 3 – nakup vozil za dovoz substratov (rok izvedbe 2 mesecev)
- KORAK 4 – nakup materialov in montaža bioplinske elektrarne (rok izvedbe 1 leto)
- KORAK 5 – test funkcionalnosti in varnosti (rok izvedbe 2 meseca).

V spodnji tabeli je predstavljen kumulativni donos bioplinske elektrarne.

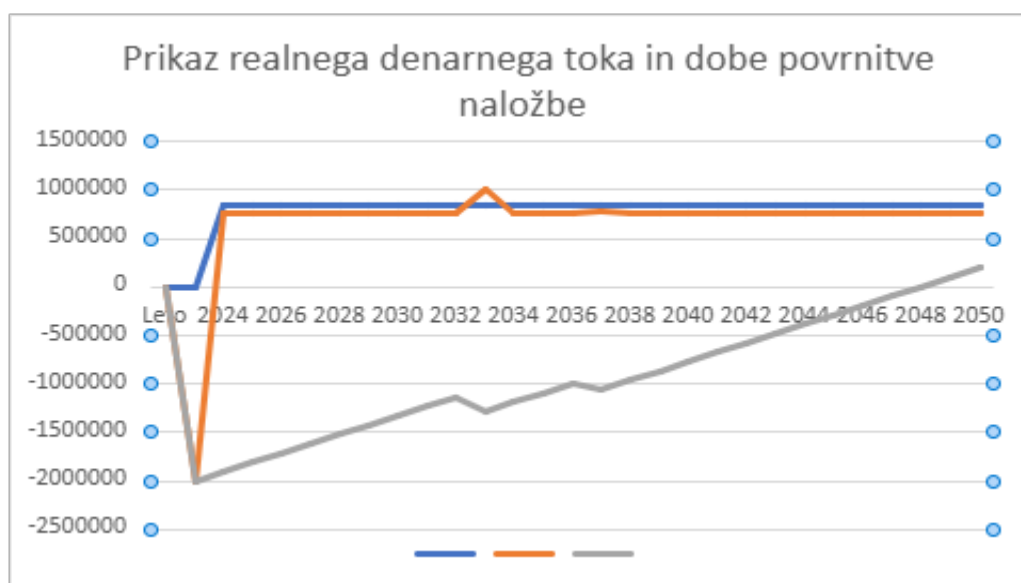
Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Razlika oz. kumulativni donos v EUR
Naložba	2000000	-2000000	0
2023	847935	751747	96188
2024	847935	751747	192376
2025	847935	751747	288564
2026	847935	751747	384752
2027	847935	751747	480940
2028	847935	751747	577128
2029	847935	751747	673316
2030	847935	751747	769504
2031	847935	751747	865692
2032	847935	751747	961880
2033	847935	1000000	808815
2034	847935	751747	905003
2035	847935	751747	1001191
2036	847935	751747	1097379
2037	847935	790700	1040144
2038	847935	751747	1136332
2039	847935	751747	1232520
2040	847935	751747	1328708
2041	847935	751747	1424896
2042	847935	751747	1521084
2043	847935	751747	1617272
2044	847935	751747	1713460
2045	847935	751747	1809648
2046	847935	751747	1905836
2047	847935	751747	2002024
2048	847935	751747	2098212
2049	847935	751747	2194400

*Tabela 4: Komulativni donos bioplinske elektrarne  
(Lastni vir)*





Slika 8: Prikaz skupnega denarnega toka in likvidnosti naložbe (Lastni vir)



Slika 9: Prikaz realnega denarnega toka in dobe povrnitve naložbe (Lastni vir)

Leto	Prihodki v EUR	Odhodki v EUR	Razlika oz. kumulativni donos v EUR
2023	0	-2000000	-2000000
2024	847935	751747	-1903812
2025	847935	751747	-1807624
2026	847935	751747	-1711436
2027	847935	751747	-1615248
2028	847935	751747	-1519060
2029	847935	751747	-1422872
2030	847935	751747	-1326684
2031	847935	751747	-1230496
2032	847935	751747	-1134308
2033	847935	1000000	-1286373
2034	847935	751747	-1190185
2035	847935	751747	-1093997
2036	847935	751747	-997809
2037	847935	790700	-1055044
2038	847935	751747	-958856
2039	847935	751747	-862668
2040	847935	751747	-766480
2041	847935	751747	-670292
2042	847935	751747	-574104
2043	847935	751747	-477916
2044	847935	751747	-381728
2045	847935	751747	-285540
2046	847935	751747	-189352
2047	847935	751747	-93164
2048	847935	751747	3024
2049	847935	751747	99212
2050	847935	751747	195400

*Tabela 5: Simulacija povrnitve stroškov*  
(Lastni vir)

V tej simulaciji smo upoštevali, da je:

- leta 2033 mogoča obnova SPTE modula, kar znaša približno. 300.000 €, in
- leta 2037 mogoč nakup plinskega motorja v vrednosti okoli 50.000 €.

Pri tem izračunu bi se nam investicija povrnila leta 2048, potem pa bi začela prinašati dobiček.

## 7 ZAKLJUČEK

Energetska kriza in onesnaževanje okolja bosta v tem hitrem tempu čez nekaj let povzročila veliko škode na področju kvalitete zraka, sprememb temperature in kvalitete življenja. Povečevali se bodo tudi izpusti toplogrednih plinov. Zato je treba raziskovati možne rešitve in poskrbeti za čim večji izkoristek obnovljivih virov energije.

Eden od načinov pridobivanja energije iz obnovljivih virov je bioplinska elektrarna, ki proizvaja bioplin in s tem ne onesnažuje okolja, saj za svoje delovanje ne uporablja fosilnih goriv, temveč organske odpadke. V Sloveniji je le malo bioplinskih elektrarn, tako da bi večja podjetja lahko razmislila o smiselnosti postavitve takšne elektrarne.

V investicijskem načrtu smo prikazali, da je bioplinska elektrarna lahko dobra investicija za okolje, vendar bi se stroški vzpostavitve elektrarne povrnili v roku dvajsetih let. Elektrarna ne predstavlja velikega zasluga za podjetja, se pa z njo lahko pokrije večji del lastne porabe električne energije in toplotne energije za ogrevanje. Narejena je z namenom obdelave bioodpadkov, ki bi se sicer znašli na neprimernih mestih, denimo v gozdovih, rekah, jezerih in drugje v naravi.

## 8 LITERATURA IN VIRI

Achinas, S., Achinas, V. in Euverink, G. J. W. (2017). A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste. *Engineering*, 3(3), 299–307.

Alhassan, K. A., Abdullahi, B. T. in Shah, M. M. (2019). A review on biogas production as the alternative source of fuel. *Journal of Applied and Advanced Research*, 4(2), 61-65. Pridobljeno 14. 7. 2024 z naslova <https://updatepublishing.com/journal/index.php/jaar/article/view/6830/pdf>

Al Seadi, T. idr. (2010). *Priročnik o bioplinu*. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energitike d. o. o.

Podjetje Koto. (2013). *Elaborat eksplozijske ogroženosti z oceno tveganja*. Ljubljana: Podjetje Koto.

European Environment Agency. (2020). *Bio-waste in Europe — turning challenges into opportunities*. Pridobljeno 18. 6. 2024 z naslova <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe>

Irena. (2016a). *Renewable Energy benefits: Decentralised Solutions in the Agri-food Chain*. Abu Dhabi: The International Renewable Energy Agency. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA\\_Decentralised\\_solutions\\_for\\_agri-food\\_chain\\_2016.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Decentralised_solutions_for_agri-food_chain_2016.pdf)

Irena. (2016b). *Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics*. Abu Dhabi: The International Renewable Energy Agency. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova <https://www.irena.org/publications/2016/Jan/Renewable-Energy-Benefits-Measuring-the-Economics>

Irena. (2017). *Biogas for domestic cooking: Technology brief*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova <https://www.irena.org/publications/2017/Dec/Biogas-for-domestic-cooking-Technology-brief>

Irena. (2020). *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. Pridobljeno 29. 6. 2024 z naslova <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>

Jejčič, V. in Poje T. (2009). *Biogas regions: bioplin v kmetijstvu: informacije za proizvodnjo bioplina v Sloveniji*. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.

Jug, D. (2009). Ekonomičnost bioplinskih naprav. *Glasilo Sinenergija*, 2(1), 2–4.

Kocet, S. (2011). *Vplivi bioplinarn na okolje*. Pridobljeno 30. 6. 2024 z naslova <https://core.ac.uk/download/pdf/67551942.pdf>

Mlakar, M. (2023). *Pogovor z upravljalcem oddelka SPTE v podjetju Koto d. o. o.* Ljubljana: Koto d. o. o.

Molk, M. (2011). *Izgradnja bioplinarne na Gorenjskem*. Pridobljeno 8. 7. 2024 z naslova [https://bb.si/f/docs/diplomska-dela/molko\\_marko\\_0.pdf](https://bb.si/f/docs/diplomska-dela/molko_marko_0.pdf)

O'Connor, S. idr. (2021). *Biogas production from small-scale anaerobic digestion plants on European farms*. *Renewable and Sustainable Energy*. Pridobljeno 10. 7. 2024 z naslova <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120308649?via%3Dihub>

Podjetje Koto. (b. l.). *O podjetju Koto*. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova <https://koto.si/o-podjetju/>

Podjetje Koto (b. l.). *O NAV 27 – sistem HACCAP za predelovalni obrat K2*. Ljubljana: Koto d. o. o.

Verbič, M. (b. l.). *Anaerobno čiščenje in Petrol, bioplinarna Ihan*. Pridobljeno 29. 6. 2024 z naslova <https://www.gzs.si/pripone/Petrol%20Bioplinarna%20Ihan.pdf>