



Proizvodnja biometana u Srbiji – GAP analiza politika, potencijala, snabdevanja, infrastrukture i tržišnih trendova – Konsultantski izveštaj –

Autori:

Dorđe Đatkov, Miodrag Višković, Dejan Ubavin

Fakultet tehničkih nauka Novi Sad (FTN)

Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu



Novi Sad, novembar 2024. godine

Ovaj izveštaj je urađen uz finansijsku podršku Vlade Švajcarske u okviru projekta „EU za Zelenu agendu u Srbiji“. Ovaj projekat, uz tehničku i finansijsku podršku Evropske unije i u partnerstvu sa Ministarstvom zaštite životne sredine, sprovodi Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP), u saradnji sa Švedskom i Evropskom investicionom bankom, uz dodatna finansijska sredstva koja su obezbedile vlade Švedske, Švajcarske i Srbije. Sadržaj ove publikacije, kao i rezultati prikazani u njoj, isključiva su odgovornost autora, i ne odražavaju nužno stavove EU, Vlade Švajcarske, niti UNDP-a.

SADRŽAJ

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Kontekst značaja biometana u Evropi i Srbiji..... | 1 |
| 2 | Stanje sektora biogasa i biometana u RS..... | 5 |
| 3 | Pregled i zaključci GAP analize..... | 8 |
| 4 | Preduslovi za integraciju biometana na tržište RS..... | 11 |
| 4.1 | <i>Socio-ekonomski aspekti</i> | 11 |
| 4.2 | <i>Tehnički aspekti</i> | 16 |
| 4.3 | <i>Aspekti zaštite životne sredine</i> | 19 |
| 5 | Barijere za integraciju biometana na tržište RS..... | 22 |
| 5.1 | <i>Tehničke barijere</i> | 22 |
| 5.2 | <i>Administrativne barijere</i> | 23 |
| 5.3 | <i>Ekonomske barijere</i> | 24 |
| 6 | Dostupnost i mogućnost integracije inovativnih tehnologija..... | 25 |
| 6.1 | <i>Inovativne tehnologije za 2030. godinu</i> | 25 |
| 6.2 | <i>Inovativne tehnologije za 2050. godinu</i> | 27 |
| 7 | Ocena potencijala sirovina za proizvodnju biometana..... | 31 |
| 7.1 | <i>Stajnjak</i> | 31 |
| 7.2 | <i>Energetsko bilje</i> | 32 |
| 7.3 | <i>Drugi usev</i> | 32 |
| 7.4 | <i>Žetveni ostaci</i> | 32 |
| 7.5 | <i>Deponijski gas</i> | 33 |
| 7.6 | <i>Kanalizacioni mulj</i> | 34 |
| 7.7 | <i>Klanični otpad</i> | 35 |
| 7.8 | <i>Kuhinjski otpad iz komercijalnog (HORECA) sektora</i> | 35 |
| 7.9 | <i>KBO– Komunalni biorazgradivi otpad</i> | 35 |
| 7.10 | <i>Biometan sa rekonstruisanih biogas postrojenja</i> | 36 |
| 7.11 | <i>Biogeni CO₂ kao izvor za metanaciju</i> | 36 |
| 7.12 | <i>Šumska biomasa</i> | 37 |
| 7.13 | <i>UKUPNI POTENCIJALI</i> | 37 |
| 8 | Predlog nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana..... | 40 |

SKRAĆENICE

| | |
|---------|---|
| 1G i 2G | Biogoriva nenapredne i napredne generacije |
| AF | Anaerobna fermentacija |
| APV | Autonomna pokrajina Vojvodine |
| ATS | Akreditaciono telo Srbije |
| bio-CNG | Komprimovani biometan |
| bio-LNG | Utečnjeni biometan |
| BM | Biometan |
| CAPEX | Investicioni trošak (<i>Capital Expenditure</i>) |
| CBAM | <i>Carbon Border Adjustment Mechanism</i> |
| CCU | <i>Carbon Capture and Utilization</i> |
| CNG | <i>Compressed Natural Gas</i> |
| DTM | Donja toplotna moć |
| EBA | Evropska asocijacija za biogas (<i>European Biogas Association</i>) |
| EE | <i>Energetska efikasnost</i> |
| EGD | <i>European Green Deal</i> |
| ES | Ekvivalent stanovnika |
| EU | Evropska unija |
| EU-ETS | <i>EU Emissions Trading System</i> |
| FAO | <i>Food and Agriculture Organization</i> |
| FiP | <i>Feed-in</i> premija, tržišna premija |
| FiT | <i>Feed-in</i> tarifa |
| GEF | <i>Global Environmental Facility</i> |
| GHG | Gasovi s efektom staklene bašte (<i>Greenhouse Gases</i>) |
| GoP | Garancije o poreklu (<i>Guarantee of Origin</i>) |
| GTM | Gornja toplotna moć (<i>Higher Heating Value</i>) |
| HORECA | <i>Hotels, Restaurants, Cafes</i> |
| INEKP | Integrirani nacionalni energetska i klimatski plan |
| ISCC | <i>International Sustainability and Carbon Certification</i> |
| JRC | <i>Joint Research Center</i> |
| KBO | Komunalni biorazgradivi otpad |
| kten | Kilo tona ekvivalenta nafte (<i>kilo tons of oil equivalent</i>) |
| LCOE | Nivelisani troškovi energije (<i>Levelized of Cost Energy</i>) |
| LULUCF | <i>Land Use, Land Use Change, Forestry</i> |
| MP | Mera politike |
| MRE | Ministarstvo rudarstva i energetike |
| MZŽS | Ministarstvo zaštite životne sredine |
| NABISY | <i>Nachhaltige Biomasse System</i> |
| NBO | Nebiološko poreklo (<i>Non Biological Origin</i>) |

| | |
|-------|---|
| NIMBY | <i>Not In My Back Yard</i> |
| ODS | Operater distributivnog sistema |
| OIE | Obnovljivi izvori energije |
| OPEX | Operating Expense |
| OTS | Operater transportnog sistema |
| PDV | Porez na dodatu vrednost |
| PBP | Vreme povrata (<i>Payback Period</i>) |
| PG | Prirodni gas |
| PoS | Dokaz o održivosti (<i>Proof of Sustainability</i>) |
| PPEE | Povlašćeni proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora energije |
| PPOV | Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda |
| PPPEE | Privremeni povlašćeni proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora energije |
| PSA | <i>Pressure Swing Adsorption</i> |
| RED | <i>Renewable Energy Directive</i> |
| RS | Republika Srbija |
| TRL | Zrelost tehnologije (<i>Technology Readiness Level</i>) |
| UG | Uslovno grlo |
| UNDP | <i>United Nations Development Programme</i> |

Rezime

Ciljevi projekta čiji su rezultati prikazani u okviru ovog izveštaja su da se u RS analizira: 1) strateški i zakonski okvir relevantan za biometan; 2) status sektora biogasa i biometana; 3) vrednosni lanac biogasa i biometana s aktuelnim i potencijalnim učesnicima; 4) potencijal za proizvodnju biometana; 5) nacionalni cilj za proizvodnju biometana i efekti; 6) infrastruktura za integraciju biometana; 7) mogućnost integracije inovativnih tehnologija; 8) postojanje barijera za integraciju biometana na tržište; 9) primenljivost šema podsticaja koje će pokrenuti i održati sektor biometana. Dostizanje navedenih ciljeva treba da postavi osnove za razvoj, a dugoročno definiše pravac uspešnog razvoja sektora biometana u RS.

U EU postoji jasna posvećenost Evropskom zelenom dogovoru (European Green Deal) i njegovim ciljevima, koji utiču i na sektore biogasa i biometana (EU strategija za smanjenje emisije metana, REPowerEU, Integrisani nacionalni energetske i klimatski planovi, Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju). REPowerEU, ambicioznija dopuna REDIII direktive, uspostavlja cilj od 35 milijardi m³ biometana do 2030. godine (u 2021. ostvareno je 3,5 milijardi m³). Težnja je da se biometanom zameni prirodni gas, pre svega u sektorima saobraćaja i energetike. U Srbiji, kroz Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije i brojne druge propise koji su na snazi, postavljene su dobre osnove za integraciju biometana na tržište. Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan (INEKP), inicijalno definiše ciljeve za proizvodnju biometana u RS.

Zakonski i podzakonski dokumenti u RS potrebno je da se upotpune nacionalnim ciljevima za proizvodnju biometana, koji će moći da se dostignu realno i na održiv način, na osnovu raspoloživih sirovina. Potrebno je da se definišu i šeme podsticaja koje će omogućiti adekvatno okruženje za investicije i ispunjenje nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana uključujući i dugoročne ciljeve za 2050. godinu. Postojeći propisi potrebno je i dalje da se međusobno usaglašavaju, kao i da se uspostavi sistem verifikacije. Tek ispunjenjem navedenih preduslova može da se očekuje izgradnja prvih biometan postrojenja u Srbiji.

Proizvodni trošak biometana na potencijalno rekonstruisanim postojećim postrojenjima za biogas u Srbiji iznosio bi do 90 €/MWh, a neophodna visina prihoda koja bi obezbedila isplativ rad uz ostvarenje profita treba da je uvećana za najmanje 15%. Za novoizgrađena biometan postrojenja u Srbiji odgovarajući prihod je preko 115 €/MWh, koji bi omogućio vreme povrata investicije kraće od 10 godina. Iako, osim za potencijalne investitore, postoje jasni direktni i indirektni benefiti proizvodnje biometana za lokalnu zajednicu, kao i društvo u celini, potrebno je da se ubuduće radi na podizanju svesti i uključivanju svih potencijalnih aktera. Jedino time će se ostvariti sveobuhvatni efekti koje sektor biometana može da ostvari (energetika, zaštita životne sredine, saobraćaj, zbrinjavanje otpada).

Minimalni udeo suve mase stajnjaka u ukupnoj suvoj masi svih korišćenih sirovina za proizvodnju biometana treba da bude: 10% kada se koristi u saobraćaju; 30% za generisanje električne energije; 50% za grejanje/hlađenje. Takođe, neophodno je sagorevanje otpadnog gasa i pokrivanje rezervoara ostatka fermentacije. Time se obezbeđuje zadovoljenje kriterijuma za uštedu emisija gasova s efektom bašte, koji zavisi od sektora u kom se biometan koristi. Na primer, za saobraćaj kriterijum uštede iznosi 65%, dok za grejanje/hlađenje i električnu energiju 70% ili 80%.

Za integraciju biometana u sektor prirodnog gasa i postojeću infrastrukturu u RS postoji dobra osnova, pri čemu se sektor i infrastruktura i dalje razvijaju. Postojeći propisi koji definišu kvalitet prirodnog gasa su osnova za definisanje i usklađivanje zahteva za kvalitet i sastav biometana. Tehnička barijera za utiskivanje biometana u mrežu prirodnog gasa je zahtevani sadržaj kiseonika, koja može da se prevaziđe u saradnji s operatorima gasnih mreža. Ekonomske barijere su visoka cena biometana u poređenju sa prirodnim gasom kao i visoki investicioni troškovi priključenja na mrežu prirodnog gasa, što iziskuje podsticaje.

Za kratkoročni period (2027. godina) preporučuje se primena jedino tržišno zrelih i u pogonu dokazanih tehnologija za proizvodnju biometana. Za srednjeročni period (2030. godina) može da se preporuči jedino primena inovativnih tehnologija za predtretman žetvenih ostataka kao sirovine za proizvodnju biometana, što zahteva dodatnu investiciju, ali bi značajno snizio operativni trošak za nabavku sirovina koji predstavlja najviši izdatak. Nakon 2030. godine mogu da se razmotre demonstracioni projekti, koji bi promovisali inovativne tehnologije i obezbedile njihovu blagovremenu integraciju. Kriogena tehnologija može da promoviše proizvodnju utečjenog biometana (bio-LNG) za saobraćaj, uz proizvodnju 100% čistog bio-CO₂. Tehnologija metanacije promovisala bi CCU (Carbon Capture and Utilisation) tehnologije koje efikasno doprinose procesu dekarbonizacije, kao i proizvodnji e-goriva. Tehnologija gasifikacije u kombinaciji sa metanacijom u RS dugoročno može da obezbedi velike kapacitete za proizvodnju biometana, što ipak zahteva mobilisanje velike količine sirovine.

Potencijali za proizvodnju biometana kratkoročno (2027. godina) skoro u potpunosti su omogućeni sirovinama iz poljoprivrede (stajnjak, energetsko bilje, drugi usev, žetveni ostaci). Za značajniju mogućnost iskorišćenja otpada za proizvodnju biometana, potrebna je među-sektoralna strategija i saradnja državne uprave iz sektora energetike i životne sredine. Potencijal biometana kratkoročno može da zameni 40-90% finalne potrošnje, 16-35% uvoza, i 13-30% ukupne domaće potrošnje prirodnog gasa. Potencijali dugoročno (2050. godina) mogu da se maksimizuju iskorišćenjem otpada s doprinosom oko polovine. Tada bi potencijal mogao dugoročno da zameni 50-200% finalne potrošnje, 24-48% uvoza, i 23-88% ukupne domaće potrošnje prirodnog gasa. Potencijali pojedinih sirovina predstavljaju osnovu za definisanje nacionalnih ciljeva, uzimajući u obzir tehničko-tehnološke i ekonomske kriterijume, kao i mogućnost mobilizacije sirovina po vremenskim rokovima.

Predlog ciljeva za proizvodnju biometana u RS iznose: kratkoročni 32 kten; srednjeročni 186 kten; dugoročni 365 kten. Kratkoročni cilj bi mogao da se iskoristi u potpunosti u sektoru saobraćaja, čime bi se obezbedilo oko 90% energije predviđene za tečna biogoriva i prirodni gas prema INEKP-u. Stoga, biometan bi mogao da predstavlja dominantni instrument za ispunjenje ciljeva dekarbonizacije u sektoru saobraćaja. Srednjeročno i dugoročno, predlog je da se ciljevi iskoriste u saobraćaju u tolikoj meri da se u potpunosti obezbedi udeo energije predviđen prema INEKP-u za tečna biogoriva i prirodni gas, a preostala količina u finalnoj potrošnji po pripadajućim sektorima zamenjujući 16-29% prirodnog gasa. Pristup se zasniva u odnosu na niže proizvodne troškove i veći potencijal za uštedu gasova s efektom staklene bašte naprednog biometana u odnosu na napredna tečna biogoriva, koja su obavezna u sektoru saobraćaja. Prema tome, ostvarenje boljih efekata za niže troškove.

1 Kontekst značaja biometana u Evropi i Srbiji

Evropa

Nadalje je dat pregled najvažnijih informacija o tržištu, kao i ulozi i značaju postrojenja za biometan u Evropi. U 2022. godini, u 24 evropske države bilo je instalirano 1.323 biometan postrojenja, od kojih 75% biometan utiskuju u mrežu prirodnog gasa (PG). Većina je priključena na distributivnu mrežu PG (58%), a samo oko jedne petine na transportnu (17%). Bio-CNG (komprimovani biometan) i bio-LNG (utečnjeni biometan) se proizvode na oko 10% postojećih postrojenja. Bio-LNG proizvodi se trenutno u 10 država, a do 2025. godine očekuje se 109 novih bio-LNG postrojenja¹.

U Evropi se 29% biometana koristi u sektoru saobraćaja, 28% u domaćinstvima, 26% u industriji, a oko 17% u sektoru usluga i drugim sektorima¹. U zemljama poput Italije, Finske, Estonije, isključivo se koristi u saobraćaju, a u Belgiji za industriju. U Nemačkoj su zastupljeni svi sektori. U okruženju, broj postrojenja za biometan je minimalan, svega dva u Mađarskoj, dok je realizacija novih postrojenja u najavi ili izgradnji u Hrvatskoj i Sloveniji.

Forma biometana je u Skandinavskim i Baltičkim državama uglavnom bio-CNG, dok je u ostatku Evrope, utiskivanje u mrežu PG dominantnije. Italija se ističe visokim udelom bio-LNG postrojenja. Mapa biometan postrojenja razvrstanih po formama nalazi se na linku: [Mapa](#). Postoji međusobna zavisnost forme proizvedenog biometana, sektora u kom se koristi i dostupnosti mreže PG. U državama gde su dominantnija bio-CNG postrojenja, on se većinom koristi u saobraćaju, a gde postoji dostupna mreža PG, mogućnost za priključenje i odgovarajući konzum, praktikuje se utiskivanje.

Izbor forme biometana na tržištu zavisi i od strateških odluka za podsticaje. Stimulisanje proizvodnje biometana je u zemljama Evrope važan faktor koji je inicirao razvoj i još uvek se sprovodi u velikom obimu. Formirane stimulatívne šeme podsticaja razlikuju se po državama, ali je ključna među-sektoralna usklađenost (energetika, poljoprivreda, otpad, dekarbonizacija, finansije). Suština je da se stvori okruženje u kom investitor ima niske investicione rizike, a da se ostvaruje željeni društveni cilj.

Podsticajne mere se definišu u formi **podrške za proizvodnju** (direktna stimulacija proizvođača biometana čime se obezbeđuje tržišna dostupnost) ili **podrške za korišćenje** (obavezuju se subjekti da koriste biometan čime se obezbeđuje tržišna potražnja), a koristi se i kombinacija ova dva pristupa². **Podrška za proizvodnju** ostvaruje se kroz mehanizme poput Feed-in tarifa (FiT), tržišnih premija, ugovora za razliku i direktne podrške za kapitalne investicione troškove (CAPEX). **Podrška za korišćenje** se ostvaruje kroz sektoralne ciljeve – mandate, na primer za obveznike sistema biogoriva (trgovci i uvoznici fosilnih goriva) u vidu udela energije iz goriva iz biomase, obaveze za smanjenje emisija gasova s efektom staklene bašte– GHG (EU-ETS ili obaveze za proizvođače goriva), poreske olakšice, a postoje i primeri FiT za električnu energiju iz biometana.

Na nivou EU postoji jasna posvećenost Evropskom zelenom dogovoru (*EGD–European Green Deal*) i njegovim ciljevima. Konkretno, EGD je podržan i dokumentima koji utiču direktno na oblast biogasa i biometana: EU strategija za smanjenje emisije metana³,

¹ European Biogas Association (EBA). 2024. *EBA Statistical Report – Tracking biogas and biomethane deployment across Europe*. <https://www.europeanbiogas.eu/eba-statistical-report-2023/>

² Biomethane Industrial Partnership (BIP). 2024. *Biomethane incentives and their effectiveness*. Prepared by Task Force 1. <https://bip-europe.eu/downloads/?filter%5B%5D=12> (pristupljeno maja 2024. godine)

³ EC. 2020. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the Regions on an EU strategy to reduce methane emissions*. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-10/eu_methane_strategy_0.pdf

REPowerEU¹, Integrisani nacionalni energetske i klimatski planovi, ali i indirektno dokumentima kao što je Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju².

U toku 2021. godine, proizvodnja biometana u EU iznosila je 3,5³ milijarde m³. REPowerEU², ambicioznija dopuna REDIII⁴ direktive, uspostavlja cilj od 35 milijardi m³ biometana do 2030. godine. Svaka od članica EU27 u skladu sa sopstvenim potencijalima treba da doprinese ispunjenju cilja. U **Tabeli 1** izdvojen je pregled biogas i biometan sektora u EU. Dostupnost sirovina, razvijenost poljoprivrede, kao i zastupljenost drugih oblika obnovljivih izvora energije (OIE) igra značajnu ulogu u definisanju potencijala biometana. Svakako postoji jasna težnja da se biometanom zameni PG, pre svega u sektorima saobraćaja i energetike.

Tabela 1: Kapaciteti za proizvodnju biogasa i potencijali za biometan u EU³

| Država | Proizvodnja biogasa, 10 ⁹ Nm ³ /god | Udeo biogasa u potrošnji PG, % | Potencijal biometana, 10 ⁹ m ³ /god | Procena o zameni uvezenog PG, % |
|----------|---|--------------------------------|---|---------------------------------|
| Danska | 0,7 | 32,4 | 0,8 | 100 |
| Austrija | 0,2 | 2,1 | 0,7 | 13-16 |
| Bugarska | 0,1 | 2,1 | 0,7 | 25 |
| Hrvatska | 0,1 | 4,1 | 0,3 | 5 |
| Belgija | 0,3 | 1,6 | 0,6 | 3,5 |
| Češka | 0,7 | 7,8 | 0,7 | 9 |
| Nemačka | 8,4 | 9,6 | 8,1 | - |
| Mađarska | 0,1 | 0,9 | 1,0 | 15 |
| Italija | 2,3 | 3,3 | 5,8 | 9 |

PG: prirodni gas.

Srbija

Postojanje odgovarajućeg pravnog okvira biće od izuzetnog značaja za realizaciju postrojenja za proizvodnju biometana u Srbiji. Kao dobar primer može da posluži postojanje biogas sektora od 2012. godine. Razvoj biogas sektora omogućili su: jasno definisan nacionalni cilj; podsticajne mere (uz jasan mehanizam ostvarivanja podsticaja); vodiči za realizaciju investicija za projekte biogasa; nastojanje biogas sektora kroz Udruženje Biogas Srbija da se usklade podsticajne mere u skladu sa tokovima na tržištu.

Nacionalni cilj za proizvodnju biogasa bio je definisan *Nacionalnim akcionim planom za korišćenje obnovljivih izvora energije RS*, koji je iznosio 30 MW instalirane električne snage i trebao je da bude realizovan do 2020. godine. Time je bila jasno određena uloga biogas postrojenja kao obnovljivog izvora električne energije. Međutim, dokumentom je definisano da se cilj odnosi na proizvodnju biogasa iz „stajnjaka”, što nije praksa niti tehnološki izvodljivo, jer poljoprivredna postrojenja koriste mešavinu sirovina (najčešće stajnjaka i energetske bilja, uz dodatak organskog otpada).

Izgradnja biogas postrojenja dalje je inicirana stupanjem na snagu 2010. godine prve *Uredbe o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije*, što je rezultiralo puštanjem u rad prvih biogas postrojenja 2012. godine. Tada je definisana finansijska

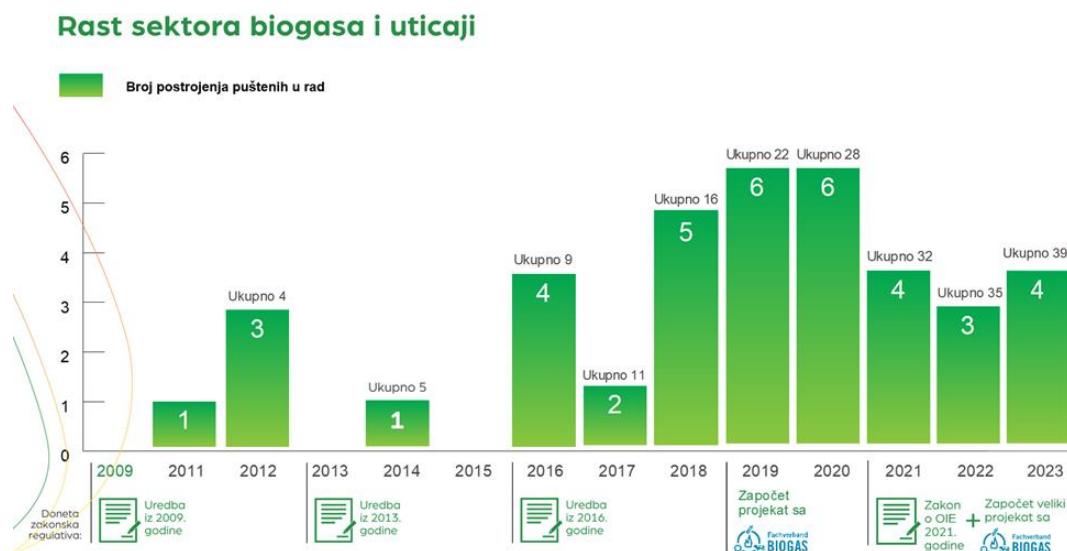
¹ EC. 2022. REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>

² EC. 2020. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the Regions. A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A98%3AFIN>

³ EC. 2023. General Publications: 2023 biomethane country fiches. Directorate-General for Energy. https://energy.ec.europa.eu/publications/2023-biomethane-country-fiches_en

⁴ European Commission (EC). 2023. Directive (EU) 2023/2413 on the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. Official Journal of the European Union, 32023L2413. <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>

podsticajna mera– FiT. Vrednost FiT nekoliko puta je redefinisana, a najpovoljnija uvedena 2015. godine, što je jasno rezultiralo povećanom izgradnjom novih biogas postrojenja (**Slika 1**). Kao dodatni podsticaj resorno ministarstvo je u saradnji sa Globalnim fondom za životnu sredinu (*GEF– Global Environmental Facility*) i Programom Ujedinjenih nacija za razvoj (*UNDP– United Nations Development Programme*), dodelilo i nepovratna sredstva za 4 biogas postrojenja.



Slika 1. Razvoj biogas sektora u RS

Značajan doprinos bili su i specijalizovani vodiči za investitore^{1,2}, kao i javne prezentacije u organizaciji Saveta za biomasu i Pokrajinskog sekretarijata za energetiku i mineralne sirovine APV. Postojale su i administrativne podsticajne mere (npr. oslobađanje od carine i poreza za uvoz opreme iz EU, oslobađanje od balansne odgovornosti), ali nije poznato u kojoj meri su i uticale na razvoj sektora.

Zbog povećanja investicionih i operativnih troškova tokom i nakon COVID-19, usled energetske krize, geopolitičke nestabilnosti, klimatskih katastrofa, pa i niskih cena fosilnih energenata u Srbiji, dalji razvoj sektora je usporen. Najveći uticaj imalo je značajno povećanje cene sirovina (primer je 60 €/t za silažu kukuruza 2022. godine, naspram 35 €/t 2012. godine). Potencijalni investitori su to prepoznali, te nisu sprovodili dalje aktivnosti, iako su do kraja 2020. godine važili *Zakon o energetici* i prateće uredbe koji su omogućavali dobijanje FiT za isporučenu električnu energiju.

Kroz Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan³ (*INEKP*), napravljeni su inicijalni koraci ka definisanju ciljeva za proizvodnju biometana u RS. Kroz propise koji su na snazi u RS, *Zakon o korišćenju OIE*⁴ i brojnim drugim dokumentima postavljene su dobre osnove za integraciju biometana na tržište RS.

¹ Lepotić Kovačević B, Stojiljković D, Lazarević B. 2010. *Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne/toplotne energije iz biomase u Republici Srbiji - Vodič za investitore*. Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, Beograd.

² Martinov M, Djatkov Dj. (eds). 2012. *Biogas postrojenje – uputstvo za izradu prethodnih studija opravdanosti sa primerom za jedno biogas postrojenje*. Pokrajinski sekretarijat za energetiku, AP Vojvodina. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad.

³ Vlada Republike Srbije. 2024. *Integrirani nacionalni energetske i klimatski plan Republike Srbije za period do 2030. godine sa vizijom do 2050. godine*. www.mre.gov.rs/extfile/sr/1138/INEKP_pre%C4%8Di%C5%A1%C4%87en_tekst_1.8.24.pdf

⁴ *Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije*. Sl. glasnik RS", br. 40/2021 i 35/2023

Postojanje odgovarajućeg pravnog okvira biće ključno za razvoj sektora biometana u RS. Nasuprot biogas sektoru, važnost biometana je potencijalna uloga kao gasovitog goriva za dekarbonizaciju sektora saobraćaja, pa i sektora grejanja/hlađenja i industrije. U skladu sa time, potrebno je razmatranje održivosti proizvodnje (definisano i evropskim direktivama), prvenstveno uštede emisija GHG, kriterijuma održivosti, kojima se određuje doprinos ciljevima za smanjenje emisija GHG na nacionalnom nivou. To čini razvoj i usklađivanje pravnog okvira kompleksnijim u odnosu na začetak biogas sektora. Takođe, potrebno je da sektor biometana značajno doprinese cirkularnoj ekonomiji, zaštiti životne sredine i održivim sektorima i to prvenstveno saobraćaja u RS. Za to je potrebno da se usklade kompleksni propisi u više sektora (energetika, saobraćaj, otpad, poljoprivreda, finansije, životna sredina). To bi omogućilo korišćenje različitih nusproizvoda ili otpada organskog porekla u vrednosnom lancu proizvodnje biometana.

Pravni okvir u RS treba da obuhvati kratkoročne, srednjeročne i dugoročne nacionalne ciljeve za proizvodnju biometana koji će realno i na održiv način moći da se dostignu, imajući u vidu raspoložive potencijale sirovina. Takođe, potrebno je da se definišu šeme podsticaja koje će dugi niz godina omogućiti adekvatno investiciono okruženje. Šeme podsticaja uključuju direktne podsticaje za isporučeni biometan, direktne podsticaje za investicije i inovativne projekte, nabavku dela opreme. Dodatno, potrebne su i indirektno podsticajne mere (oslobađanje carine i poreza, druge promotivne mere za korisnike biometana), kao i tržišni mehanizmi za trgovinu garancijama porekla i trgovinu emisijama, što je jasan trend u zemljama EU.

2 Stanje sektora biogasa i biometana u RS

Biogas

Ukupan broj postrojenja za proizvodnju biogasa koja su bila u pogonu u RS početkom 2024. godine iznosi 35, ukupne snage 34,8 MW_e (opseg 250-3.570 kW_e, prosek 996 kW_e). To se odnosi na postrojenja koja imaju status povlašćenog proizvođača električne energije (PPEE) i isporučuju električnu energiju u javnu električnu mrežu po subvencionisanoj ceni, tj. *feed-in* tarifi (FiT). Osim toga, 3 biogas postrojenja ukupne snage 3.428 kW_e raskinula su ugovore PPEE i prekinula sa radom, a 7 van statusa PPEE proizvode biogas i koriste ga kao energent za postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV).

Ukupna količina biogasa iznosi 107,3+3,7 MNm³/god (u statusu PPEE i van statusa PPEE), a metana sadržanog u biogasu 55,8+2,3 MNm³/god (u statusu PPEE i van statusa PPEE).

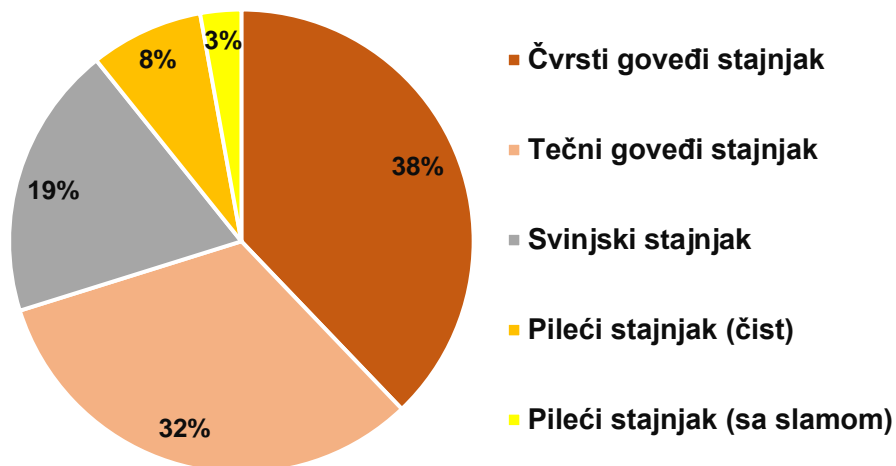
Biogas postrojenja u statusu PPEE su u toku 2023. godine u javnu električnu mrežu predale 227.671 MWh električne energije. Prosečna iskorišćenost ukupnog kapaciteta je niska i iznosila je 71%, što je posledica zastoja u radu ili nedovoljne količine sirovina. Količina električne energije za pogon ovih postrojenja iznosila je 6,4% od predate, pri čemu je kriterijum za maksimalnu vrednost pojedinačnog postrojenja 10%. Osim za pokrivanje potreba za grejanje fermentora, generisana toplotna energija se na postojećim biogas postrojenjima ne koristi (izuzetak je *Global Seed doo* koji koristi nizak udeo za grejanje vode za napoj životinja na farmi). Prirodni gas je kao dopunsko gorivo doprineo sa oko 1,3% u ukupno dobijenoj količini električne energije, pri čemu dozvoljena vrednost za pojedinačno postrojenje iznosi 10%.

Od korišćenih sirovina, dominantan po masenom udelu je životinjski stajnjak sa 56% (**Tabela 2**), a **Slika 2** prikazuje zastupljenost različitih vrsta stajnjaka. Zatim slede energetske bilje uključujući drugu žetvu i organski otpad sa po oko 20%, dok su žetveni ostaci 3%. Energetski udeo je najviši iz energetskog bilja uključujući drugu žetvu sa 35%, organski otpad 34% i stajnjak 24%, dok su preostalih 7% žetveni ostaci (slama žitarica i kukuruzovina). Prema tome, navedena biogas postrojenja su skoro isključivo poljoprivredna, na kojima se ujedno i zbrinjavaju razne vrste nusproizvoda i otpada organskog porekla iz: industrije šećera, ulja i skroba, mlečne industrije, silosna roba, prerade krompira, industrije alkohola, konditorske industrije. Izuzetak je postrojenje u Apatinskoj pivari instalirane električne snage 250 kW_e, koje je jedino industrijsko biogas postrojenje koje služi za zbrinjavanje mulja iz prečišćavanja otpadnih voda nakon procesa proizvodnje. Navedena količina energetskog bilja se proizvodi na najviše 5.000 ha (0,15%) poljoprivrednog zemljišta u Srbiji, šta je nizak procenat, međutim povoljan način za plasman poljoprivrednog proizvoda i ostvarenje prihoda. Klanični otpad se koristi kao sirovina samo na jednom postrojenju u iznosu oko 3.000 t/god (6,5% masenog unosa na datom postrojenju).

Tabela 2: Pregled korišćenih sirovina u biogas postrojenjima u statusu PPEE

| Sirovina | Masa, kt | Maseni udeo, % | Udeo suve materije, % | Biogas, MNm ³ /god | Metan iz biogasa, MNm ³ /god |
|------------------|----------|----------------|-----------------------|-------------------------------|---|
| Energetsko bilje | 174 | 21 | 30 | 34,8 | 18,1 |
| Stajnjak | 472 | 56 | 41 | 23,6 | 12,9 |
| Žetveni ostaci | 28 | 3 | 12 | 6,9 | 3,5 |
| Organski otpad | 168 | 20 | 17 | 33,6 | 18,5 |
| Ukupno | 842 | 100 | 100 | 98,9 | 53,0 |

PPEE: povlašćeni proizvođač električne energije.



Slika 2: Maseni udeo pojedinačnih vrsta životinjskog stajnjaka iskorišćenih u biogas postrojenjima u 2023. godini

Zastupljena tehnologija svih navedenih biogas postrojenja bazira se na vlažnoj fermentaciji (sadržaj suve materije u fermentorskoj masi u anaerobnim fermentorima je ispod 12%), u (polu)kontinualnom režimu dodavanja sirovina, sa mezofilnim temperaturnim režimu (38-42 °C). Odsustvo tehnologije koja se bazira na suvoj fermentaciji sa šaržnim (diskontinualnim) režimom dodavanja sirovina, koja je tipična za zbrinjavanje komunalnog biorazgradivog otpada, ali i organskog otpada prehrambene industrije ili otpada od hrane (istekao rok), potvrđuje činjenicu da su navedena postrojenja poljoprivrednog tipa.

Od 7 biogas postrojenja van statusa PPEE, 1 služi za stabilizaciju organske materije mulja iz prečišćavanja otpadnih voda iz prehrambene industrije (*Carlsberg Srbija doo*, Čelarevo) i 6 iz kanalizacionih (Subotica, Vrbas, Sombor, Kruševac, Vranje, Leskovac). Proizvedeni biogas koristi se u kogeneraciji za dobijanje električne i toplotne energije za pogon mašina i uređaja na postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda (linija vode) i stabilizacije organske materije (linije mulja), kao energent za dobijanje toplotne energije i delimičnu zamenu prirodnog gasa, ili se eventualno spaljuje na baklji da se sagori metan i prevede u ugljen-dioksid zbog nižeg uticaja na klimatske promene.

Broj biogas postrojenja u planiranju i izgradnji u statusu privremenog povlašćenog proizvođača električne energije (PPPEE) je 66 i ukupne planirane snage 66.260 kW_e. U većini slučajeva, status PPPEE je dobijen na osnovu inicijative potencijalnih investitora da iskoriste priliku do kraja 2021. godine kao roka važenja Zakona o energetici, po kom je bilo moguće prihodovati FiT. Međutim, veliki udeo ovih projekata nema obezbeđenu sirovinsku bazu za planirani kapacitet i/ili nema odgovarajuću infrastrukturu. Zbog toga se ne očekuje da će svi potencijalni projekti biti izgrađeni.

Biometan

U Srbiji za sada ne postoji izgrađeno postrojenje za proizvodnju biometana koje je u pogonu. Kompanija *WABIO Technologie GmbH* je za sada jedina firma koja sprovodi izgradnju postrojenja u Srpskoj Crnji, čiji završetak se planira u toku 2026. godine. Planirani kapacitet postrojenja je 625 Nm³CH₄/h (energetski ekvivalent je električna snaga biogas postrojenja od 2,5 MW_e). Postrojenje je namenjeno za proizvodnju utečnjelog biometana (bio-LNG), uz proizvodnju i utečnjelog ugljen-dioksida. WABIO isporučuje tehnologiju, investira i u partnerstvu sa firmom iz Nemačke planira da proizvedenu količinu utečnjelog biometana nameni za izvoz na tržište Nemačke po atraktivnoj ceni od 360 €/MWh_{HHV}. Prema izjavi vlasnika firme *REGAZZ* iz Holandije, pokrenute su inicijalne aktivnosti za razvoj još dva projekta za izgradnju postrojenja za proizvodnju biometana u Srbiji.

Tabela 3: Pregled biogas sektora u RS

| Broj biogas postrojenja | | | |
|---|-----------------------|----------------|--------------------|
| Ukupan broj u pogonu | kom | 42 | |
| Broj u statusu PPEE | kom | 35 | |
| Broj van statusa PPEE | kom | 7 | |
| Broj biometan postrojenja | | | |
| Ukupan broj u planiranju i izgradnji | kom | 68 | |
| Broj u statusu PPPEE | kom | 66 | |
| Broj van statusa PPPEE | kom | 2 | |
| Pokazatelji sektora biogasa u statusu PPEE | | | |
| Ukupni instalirani kapacitet u statusu PPEE | kW _e | 38.281 | |
| Instalirani kapacitet PPEE u pogonu | kW _e | 34.853 | |
| Instalirani kapacitet PPEE van pogona | kW _e | 3.428 | |
| Količina proizvedenog biogasa | MNm ³ /god | 107,3 | |
| Količina proizvedenog metana | MNm ³ /god | 55,8 | |
| Količina primarne energije u metanu (GTM) | GWh _p /god | 617,1 | |
| Količina predate električne energije u mrežu | GWh _e /god | 227,7 | |
| Količina iskorišćene toplotne energije osim za pogon | GWh _e /god | ~0,0 | |
| Količina preuzete električne energije za pogon iz mreže | GWh _e /god | 14,6 | |
| Količina prirodnog gasa kao dopunskog goriva iz mreže | MNm ³ /god | 0,782 | |
| Udeo prirodnog gasa kao dopunskog goriva iz mreže | % | 1,3 | |
| Energetsko bilje | 172 | 21 | 35 |
| Stajnjak | 467 | 56 | 24 |
| Žetveni ostaci | 26 | 3 | 7 |
| Organski otpad | 163 | 20 | 34 |
| | Masa, kt/god | Maseni udeo, % | Energetski udeo, % |
| Pokazatelji sektora biogasa van statusa PPEE | | | |
| Količina proizvedenog biogasa | MNm ³ /god | 3,7 | |
| Količina proizvedenog metana | MNm ³ /god | 2,3 | |
| Količina primarne energije u metanu (GTM) | GWh _p /god | 25,1 | |
| Udeo primarne energije– kogeneracija za sopstvene potrebe PPOV | % | 51,8 | |
| Udeo primarne energije– toplotna energija za sopstvene potrebe PPOV | % | 48,2 | |
| Udeo primarne energije– zbrinjavanje spaljivanjem na baklji | % | 0,0 | |

PPEE: povlašćeni proizvođač električne energije; PPPEE: privremeni povlašćeni proizvođač električne energije; GTM: gornja toplotna moć; PPOV: postrojenje za prečišćavanja otpadnih voda.

3 Pregled i zaključci GAP analize

U nastavku je dat tabelarni pregled najvažnijih aspekata i zaključaka sprovedene GAP analize, u odnosu na definisani cilj analize, a to je da se uspostavi sektor proizvodnje i korišćenja biometana na tržištu RS. Analizirani su zakonski propisi i prateći dokumenti koji treba da uređuju oblast biometana u RS, te upoređeni s odgovarajućim iz EU.

Tabela 4: GAP analiza

| Definicija Biometana |
|--|
| <p>Zakon o korišćenju OIE definiše biometan kao gasovito gorivo koje se koristi u saobraćaju, dobijeno preradom odnosno prečišćavanjem biogasa. U Zakonu o energetici koristi se termin– gasovito gorivo za saobraćaj iz biomase u okviru termina biogorivo. U Uredbi o kriterijumima održivosti za biogoriva, biotečnosti i goriva iz biomase, konstanto se koristi termin biogas koji se utroši u saobraćaju. U prilogu 2 Uredbe o kriterijumima održivosti za biogoriva, biotečnosti i goriva iz biomase ipak se pravilno koristi termin biometan. U Uredbi o udelu biogoriva na tržištu i Uredbi o uslovima isporuke i snabdevanja prirodnim gasom koristi se termin biogas, iako je jasno da se odnosi na biometan. Zakon o cevovodnom transportu gasovitih i tečnih ugljovodonika i distribuciji gasovitih ugljovodonika koristi termin biogas. Zakon o akcizama je prepoznat kao akt koji je usklađen sa Zakonom o energetici pa se biometan tumači kao gasovito biogorivo. U REDII navodi se (gasovito) gorivo iz biomase, ali se u aneksima koristi termin biometan. U INEKP-u razmatra se korišćenje biometana u sektoru grejanja i hlađenja, te je definisanje isključivo kao goriva za saobraćaj ograničenje. Predlaže se usklađivanje svih propisa sa definicijom iz Zakona o korišćenju OIE, uz eventualno dodatnu definiciju u kom sektoru se tačno koristi.</p> |
| Predlog izmena Zakona o energetici i podzakonskih akata |
| <p>Osim definicije biometana u Zakonu o energetici, potrebno je da se uskladi definisanje i A) Energetske delatnosti; B) Energetske dozvole; i C) Licence za proizvodnju biometana.</p> <p>Energetska delatnost treba da obuhvati slučaj da biometan postrojenje može da obezbeđuje gorivo drugom subjektu koji isto obavlja energetske delatnosti. To se posebno odnosi na slučaj da se proizvedeni biometan prodaje trgovcu utečjenog i/ili komprimovanog PG koji bi morao da ima energetske delatnosti proširenu i na komprimovani i/ili utečjeni biometan. Zatim, treba da se obuhvati slučaj da biometan postrojenje ujedno proizvodi i komprimovani i/ili utečjeni biometan.</p> <p>Energetska dozvola treba da obuhvati i objekte za proizvodnju goriva iz biomase, pored objekata za proizvodnju biogoriva, a potrebno je za isti aspekte uskladiti i Pravilnik o energetske dozvoli.</p> <p>Generalno, potrebno je da se ostavi mogućnosti i za ostala gasovita goriva koja nisu biometan.</p> <p>Licenca je potrebna za postrojenje za proizvodnju biometana, potencijalno i za više energetske delatnosti. Treba da se otklone greške u tumačenju proizvodnje biometana kao biogoriva. Termin biogas je potrebno da se zameni biometanom, uz opcije da se razmotre i komprimovani i/ili utečjeni biometan. Osim biogoriva, potrebno je da se dodaju i goriva iz biomase.</p> <p>Generalno, potrebno je da se ostavi mogućnosti i za ostala gasovita goriva koja nisu biometan. Takođe, predlog je da se naslov Uredbe o udelu biogoriva na tržištu uskladi sa REDII i REDIII direktivama gde stoji podnaslov koji obuhvata i biogas koji se koristi u transportu. Time se dobija i mogućnost dvostrukog obračunavanja energetske doprinosa biometana u saobraćaju.</p> |
| Osnova za podsticanje projekata za biometan |
| <p>INEKP i Strategija niskougljeničnog razvoja predstavljaju osnove za podsticanje projekata koji obuhvataju postrojenja za biometan, jer razmatraju ciljeve koji podrazumevaju da se primeni postupak anaerobne fermentacije (postupak proizvodnje biogasa/biometana). Konkretno, ispunjenje ciljeva sledećih ciljeva INEKP-a omogućava se realizacijom biometanom projekata: dekarbonizacija, energetska sigurnost i unutrašnje energetske tržište, istraživanje i razvoj. U Strategiji niskougljeničnog razvoja, realizacija projekata anaerobne fermentacije navodi se kao neophodna u sektoru poljoprivrede za određene scenarije (M3 i M4), čime se cilja na smanjenje emisija metana (CH₄) i azot-suboksida (N₂O) iz upravljanja stajnjakom, da bi se dostigli ciljevi smanjenja ukupnih emisija GHG.</p> |
| Nacionalni ciljevi za proizvodnju biometana |
| <p>U RS ne postoje definisani obavezujući nacionalni ciljevi za proizvodnju biometana, koji se baziraju na definisanim potencijalima za proizvodnju biometana, s utvrđenim efektima. Za sada u INEKP-u postoji kvantifikovani cilj definisan merom politike (MP_D38), koji iznosi 87 kten. Međutim, ova mera politike je za demonstracione projekte za promovisanje biometana (i vodonika), koji mogu da posluže za dugoročni razvoj sektora biometana. Ukupni cilj za OIE u saobraćaju do 2030. godine iznosi 3,2% bez i 7% sa multiplikatorima, od čega biogoriva 2,1% (49 kten) što se ne odnosi na biometan.</p> |

Tumačenje Zakona o korišćenju OIE kvalifikuje biometan kao gasovito gorivo koje može da doprinese dostizanju udela OIE u sektoru saobraćaja. Uredbom o udelu biogoriva na tržištu i pratećom Odlukom je postojao cilj za 2024. godinu od 1% energije samo za biogoriva u ukupnoj energiji u saobraćaju, ali je ona povučena. Direktivom REDII ciljevi za OIE u saobraćaju se raščlanjuju tako da se uvodi ograničenje za nenapredna biogoriva (7%). Predlaže se i ograničenje za sirovine sa B liste Aneksa IX (1,7%), a uvodi se i minimalni potreban udeo za sirovine sa A liste (3,5%). Dakle, uvodi se složena putanja dostizanja glavnog cilja na nivou EU od minimum 14% energetskog sadržaja OIE do 2030. godine. Direktiva RED III uvodi zahtevnije ciljeve, koji se osim udela energije vezuju i za uštedu emisija GHG sektoru saobraćaja.

Podsticaji za biometan

Podsticaji za biometan nisu direktno definisani u zakonskim propisima RS, iako postoji utemeljenje u skladu sa mehanizmom državne pomoći. Dobijanje investicione i operativne državne pomoći definisano je Zakonom o kontroli državne pomoći, kao i pratećim uredbama. Podsticanje projekata za biometan može da se omogući formiranjem investicione ili operativne državne pomoći uz ograničenja i pravila u skladu sa Uredbom o uslovima i kriterijumima usklađenosti državne pomoći za zaštitu životne sredine i u sektoru energetike.

Korišćenje inovativnih tehnologija i novih obnovljivih izvora energije

Inovativne tehnologije koje mogu da se razmotre za proizvodnju biometana su one koje bi omogućile predtretman sirovina koje do sada nisu mogle uspešno ili u velikom obimu da se koriste u procesu anaerobne fermentacije, zatim tehnologije za proizvodnju sirovog biogasa ili konverziju biomase, kao inovativne tehnologije za naknadnu konverziju ili za prečišćavanje sirovog biogasa do biometana. Prilikom odabira bilo koje navedene vrste inovativne tehnologije, potrebno je da se vodi računa o potencijalnim rizicima za uspešnu integraciju na tržište. Primer za tehnologije u ranom razvoju su one za proizvodnju goriva nebiološkog porekla ili vodonik.

Garancije o poreklu (GoP)

Definicija garancije o poreklu (GoP) u Zakonu o korišćenju OIE ne može u potpunosti da se primeni i na biometan, već samo za električnu energiju. Uredba o garanciji porekla jasno definiše uputstvo za korišćenje GoP, ali takođe samo za električnu energiju. Sistem GoP treba da se proširi i na obnovljive gasove (biometan konkretno), u skladu sa REDII. U INEKP-u je predviđeno proširenje GoP za energiju iz OIE.

Kriterijumi održivosti, uštede emisija GHG i verifikacija

Zakon o korišćenju OIE uvodi kriterijume održivosti i uštedu emisija GHG koji moraju da budu zadovoljeni za biometan koji se razmatra za ispunjenje ciljeva za OIE. U Uredbi o kriterijumima održivosti za biogoriva, biotečnosti i goriva iz biomase, postoje četiri kriterijuma održivosti za poljoprivrednu biomasu i dva za šumsku biomasu. Primer za Uštedu emisija GHG je slučaj kada se biometan koristi u saobraćaju i kada ušteda treba da bude veća od limita koji je 65%, u poređenju sa fosilnim komparatorom. Prema RED III, ne uvodi se nikakva novina za kriterijume održivosti ili limite ušteda GHG. Jedina novina je da postrojenja koja proizvode gasovita goriva iz biomase, a imaju protok veći od 200 m³ metanekvivalenata/h, moraju da zadovolje oba aspekt ukoliko se gas utiskuje u mrežu. Uredbom o kriterijumima održivosti za biogoriva, biotečnosti i goriva iz biomase, postavljen je jasan sistem verifikacije biogoriva i biometana u transportu (i za električnu i toplotnu energiju), uvode se pojmovi Šema verifikacije, Nosilac šeme verifikacije i Verifikator. Šeme verifikacije primenljive su u Srbiji, a potrebno je uspostaviti registar verifikatora.

Carbon pricing

Osnovu za pridruživanje privrednih subjekata evropskom sistemu *carbon pricing*-a daje Zakon o klimatskim promenama, na čemu se aktivno radi, pri čemu je osnovana radna grupa i javnost je obaveštena o CBAM (*Carbon Border Adjustment Mechanism*). Međutim, nije još uvek identifikovan operativni sistem za praćenje, izveštavanje i verifikaciju emisija GHG. Na nivou EU, implementira se unapređeni *carbon pricing* sistem koji obuhvata i emisije u saobraćaju (implementacija počinje u 2027. godini, a pripreme već u 2025. godini), a smatra se za veliku šansu razvoja sektora biometana. U Srbiji je poželjno da se počne s aktivnostima, kako bi se blagovremeno osigurali benefiti za sektor biometana.

Ostatak fermentacije (digestat)

Zakon o sredstvima za ishranu bilja i oplemenjivačima zemljišta i Pravilnik o uslovima za razvrstavanje i utvrđivanje kvaliteta sredstava za ishranu bilja ne prepoznaju ostatak fermentacije kao organsko hranivo ili oplemenjivač zemljišta. Usklađivanje ovih propisa sa Regulativom 2019/1009 je poželjno, koji u EU reguliše fertilizacione proizvode (*EU Fertilising Products*) za poboljšavanje kvaliteta zemljišta. Regulativa 2019/1009 potvrđuje sva pravila Regulative 1069/2009 koja se tiču tretmana otpada životinjskog porekla.

Sporedni proizvodi životinjskog porekla

Zakon o veterinarstvu i Pravilnik o načinu razvrstavanja i postupanja sa sporednim proizvodima životinjskog porekla, uspostavljaju pravila za korišćenje sporednih proizvoda životinjskog porekla u skladu sa Regulativom 1069/2009. To se odnosi pre svega na klanični otpad i kuhinjski otpad, a kontroliše se prisustvo patogena u nadležnosti Veterinarske inspekcije, Uprave za veterinu. Laboratorijske analize za kontrolu korišćenja ovih specifičnih sirovina neophodno raditi je u okviru postojećih akreditovanih laboratorija. Regulativom 2019/1009 uvedeni su amandmani, u vezi dodatnih uslova i načina tretmana ostatka fermentacije poreklom od supstrata koje pokriva Regulativa 1069/2009. Potrebno je dalje usaglašavanje da se omogući korišćenje (plasmana na tržište) ostatka fermentacije.

Akcize

U Zakonu o akcizama postoje akcize za biogoriva, koja su definisana u Zakonu o energetici. Akciza nije primenjiva na biometan ukoliko se prodaje kao komprimovan. Međutim, postoji akciza na potrošnju prirodnog gasa za pogon motornih goriva, te u slučaju pojave komprimovanog biometana, verovatno je uvođenje i akcize za ovu formu. Za to je potrebno da se uskladi Zakon o akcizama sa definicijom iz Zakona o korišćenju OIE. U slučaju potrošnje u drugim sektorima, primenjuje se akciza na prirodni gas. Oslobođanje od akciza teoretski je moguće članom 19 uz korekcije definicije, ali samo u slučaju kada se promet vrši na osnovu međunarodnog ugovora, ako je tim ugovorom predviđeno oslobađanje od plaćanja akcize.

Šifre delatnosti

Zakon o klasifikaciji delatnosti i Uredba o klasifikaciji delatnosti definišu šifre delatnosti. Nadalje predlog šifara delatnosti za potencijalno postrojenje za proizvodnju biometana bazirano je na mogućim slučajevima: 1) postrojenje proizvodi biometan i predaje u mrežu operatoru; 2) postrojenje komprimuje/utečnjava biometan i prodaje snabdevačima goriva; 3) postrojenje komprimuje/utečnjava biometan i prodaje potrošačima; 4) snabdevač goriva kupuje biometan od postrojenja za proizvodnju i prodaje.

Grana 35.2 – Proizvodnja gasa i distribucija gasovitih goriva gasovodima (primenjiva)

Grana 46.7 – Ostala specijalizovana trgovina na veliko (uvrstiti biometan)

Grana 47.3 – Trgovina na malo motornim gorivima u specijalizovanim prodavnicama (uvrstiti biometan)

Grana 47.3 – Trgovina na malo motornim gorivima u specijalizovanim prodavnicama (uvrstiti biometan)

Grana 38.2 – Tretman i odlaganje otpada (primenjiva)

Za biometan kao krajnji proizvod, postoje osnovni zakonski propisi, ali je potrebno i dalje međusobno usaglašavanje, kao i usaglašavanje sa propisima EU (garancije o poreklu, *carbon pricing*, ostatak fermentacije). Potrebno je uspostavljanje sistema verifikacije u skladu s evropskim. Definisani nacionalni ciljevi za proizvodnju biometana u potpunosti izostaju. Ipak, *INEKP*-om su definisane mere politike koje mogu da podstaknu realizaciju projekata za biometan.

Nije prepoznat niti jedan konkretan i zaokružen podsticajni mehanizam primenjiv za proizvodnju biometana. Nedostaju usaglašeni aspekti za energetske delatnosti, energetske dozvole i licence primenjive za postrojenja za biometan.

Za sirovine kao što su klanični otpad i kuhinjski otpad potrebno je da se uspostave sistemi primene i kontrole primene. Za ostatak fermentacije, ne postoje odgovarajući zakonski propisi, koji treba da budu u skladu sa najnovijima iz EU.

4 Preduslovi za integraciju biometana na tržište RS

4.1 Socio-ekonomski aspekti

Ekonomski parametri i isplativost investicije

Prikazani rezultati baziraju se na podacima: 1) inostranih isporučioaca tehnologije vezano za tržište biogasa i biometana; 2) iz literature koji su relevantni za realni sektor biometana u evropskim zemljama (nisu teoretski proračuni); 3) sa postojećih biogas postrojenja u Srbiji o svim realnim troškovima proizvodnje sirovog biogasa i spremnog za proizvodnju biometana (trenutno u statusu PPEE). Prikazani podaci se odnose na biometan (BM) utisnut u mrežu prirodnog gasa ili na utečnjeni biometan (bio-LNG). U prvom slučaju, postoji više iskustvenih podataka i broj postojećih postrojenja u drugim evropskim državama i očekivano je da će se ovakav tip postrojenja prvo implementirati u Srbiji. U slučaju bio-LNG, iako je prvo postrojenje za biometan koje se gradi u Srbiji ovakvog tipa, ne smatra se da će biti dominantan tip za prvu seriju izgrađenih postrojenja.

Tabela 5: Pregled ekonomskih parametara proizvodnje biometana

| Br. | Opis | Vrsta | Proizvodni trošak | Napomena / Ostali parametri |
|-----|--|-------------------|--|--|
| 1 | Iskustvo isporučioaca tehnologije Projekat u razvoju u RS | BM bio-LNG | 80-120 €/MWh _{GTM} – | – CAPEX 18,5 M€ za 625 Nm ³ CH ₄ /h ~ 2,5 MW _e , Prihod 360 €/MWh (uključujući L-CO ₂), PBP 3 god |
| 2 | Iskustvo isporučioaca tehnologije | BM | 82 €/MWh _{GTM} | PBP 6-8 god |
| 3 | Realni podaci iz biometan industrije | BM | 84 €/MWh _{HHV} (0,91 €/Nm ³) 91 €/MWh _{HHV} (0,98 €/Nm ³) 54 €/MWh _{HHV} (0,58 €/Nm ³) | 300-780 Nm ³ CH ₄ /h ~ 1,2-3,1 MW _e (sve sirovine) 300-780 Nm ³ CH ₄ /h ~ 1,2-3,1 MW _e (bez KBO) > 1200 Nm ³ CH ₄ /h ~ > 4,8 MW _e (sve sirovine) |
| 4 | Prognoza LCOE za 2050. godinu (CAPEX+OPEX bez sirovine) | BM | 66(30+36) €/MWh _{HHV} (0,71 €/Nm ³) 51(23+28) €/MWh _{HHV} (0,55 €/Nm ³) 40(18+22) €/MWh _{HHV} (0,43 €/Nm ³) 33(15+18) €/MWh _{HHV} (0,36 €/Nm ³) 55(28+27) €/MWh _{HHV} (0,59 €/Nm ³) | 100 Nm ³ CH ₄ /h ~ 400 kW _e (1G) 250 Nm ³ CH ₄ /h ~ 1 MW _e (1G) 500 Nm ³ CH ₄ /h ~ 2 MW _e (1G) 750 Nm ³ CH ₄ /h ~ 3 MW _e (1G) 1100 Nm ³ CH ₄ /h ~ 4,5 MW _e (2G) |
| 5 | CAPEX+OPEX rekonstrukcija na biometan | BM | – | 1,78 M€+250 k€/god (140 Nm ³ CH ₄ /h ~ 635 kW _e) 2,21 M€+337 k€/god (235 Nm ³ CH ₄ /h ~ 1 MW _e) 2,59 M€+358 k€/god (470 Nm ³ CH ₄ /h ~ 2 MW _e) |
| 6 | PPEE 12. godina | BM | A: 0,79 €/Nm ³ (74,1 €/MWh _{GTM}) B: 0,68 €/Nm ³ (63,6 €/MWh _{GTM}) | A: CAPEX 1,8 M€ za rekonstrukciju 635 kW _e na biometan B: CAPEX 2,6 M€ za rekonstrukciju i dogradnju na 2X635 kW _e na biometan ~ 2 ekv-MW _e |
| 7 | PPEE 4. godina | BM | 0,73 €/Nm ³ (67,4 €/MWh _{GTM}) | CAPEX 2,2 M€ za rekonstrukciju 999 kW _e na biometan |
| 8 | PPEE 3. godina | BM | 0,96 €/Nm ³ (89,3 €/MWh _{GTM}) | CAPEX 2,2 M€ za rekonstrukciju 999 kW _e na biometan |

BM: biometan koji se utiskuje u mrežu PG; bio-LNG: liquified natural gas (utečnjeni biometan); CAPEX: investicioni troškovi; OPEX: operativni troškovi; PBP: Payback Period (vreme povrata investicije); KBO: komunalni biorazgradljivi otpad; LCOE: Levelized Cost of Energy (diskontovani proizvodni trošak, bez troška sirovine); PPEE: Povlašćeni proizvođač električne energije (postojeće biogas postrojenje za električnu energiju, koje može da se rekonstruiše na proizvodnju biometana); GTM: gornja toplotna moć biometana.

Proizvodni trošak biometana specificiran je po količini energije na bazi gornje toplotne moći (GTM) u €/MWh_{GTM}. Zbog poređenja preračunati su i po normalizovanoj zapremini biometana (€/Nm³). Ovaj parametar je najdostupniji u literaturi i drugim izvorima, te je ovde prikazan kao osnov za poređenje, a može direktno da ukaže na potreban prihod koji bi obezbedio ekonomsku isplativost. Od drugih parametara prikazane su vrednosti investicionih (CAPEX, *Capital Expenses*) i operativnih troškova (OPEX, *Operational*

Expenses). Takođe, vreme povrata investicije (PBP, *Payback Period*) ukazuje slikovito na ekonomske efekte projekata biometana. Od vrste sirovine zavisi složenost tehnologije (direktno utiče na CAPEX/OPEX). Zato je posebno razmotren nenapredni (1G) i napredni (2G) biometan, pri čemu doprinos naprednog može da se obračunava duplo u sektoru saobraćaja. Preporuka je da se za napredni biometan isključivo iz otpada razmotri dodatna investiciona podrška.

U narednoj tabeli prikazani su efekti ostvarenog prihoda od prodaje biometana na vreme povrata investicije (PBP) za slučaj izgradnje novog postrojenja za proizvodnju biometana (*greenfield* investicija). Analiziran je raspon prihoda 100-120 €/MWh_{GTM}, za dužinu trajanja projekta 15 godina, pri čemu gornja granica odgovara gornjoj granici FiT u evropskim državama, ukoliko ona postoji. Ovaj podatak može svakako da se iskoristi da se uporedi ukupni prihod koji treba da ostvari proizvođač biometana, nevezano za izvor (FiT, FiP, tržišna cena PG, GoP). Analiza je urađena za postrojenja dva različita kapaciteta, pri čemu prvo po kapacitetu odgovara proizvodnji metana biogas postrojenju instalirane snage 1 MW_e (CAPEX = 5,8 M€; OPEX = 1,4 M€/god), a drugo analogno 2 MW_e (CAPEX = 9,1 M€; OPEX = 2,8 M€/god). Iako je postrojenje većeg kapaciteta preporučljivo jer može da ostvari povoljnije ekonomske rezultate, izazov je obezbeđenje dovoljne količine sirovina (pretežno stajnjak) koje mogu da osiguraju zahtevani nivo uštede GHG emisija. Većina postojećih biogas postrojenja u Srbiji je kapaciteta analognog prvom primeru, te i analiza preduslova treba da je više usmerena na ovaj slučaj. Ukoliko se razmotri diskontovano vreme povrata investicije, koje u obzir uzima vremensku promenu vrednosti novca tokom veka projekta, preporučljivo je da proizvođači biometana ostvare prihod oko 120 €/MWh_{GTM}.

Tabela 6: Efekti ostvarenog prihoda na isplativost proizvodnje biometana

| Kapacitet ~ 250 Nm ³ CH ₄ /h | | |
|--|-------------------|-------------------------|
| Prihod, €/MWh _{GTM} | PBP (prosto), god | PBP (diskontovano), god |
| 120 | 6 | 8 |
| 115 | 8 | 9 |
| 110 | 9 | 11 |
| 100 | 10 | 12 |
| Kapacitet ~ 500 Nm ³ CH ₄ /h | | |
| Prihod, €/MWh _{GTM} | PBP (prosto), god | PBP (diskontovano), god |
| 120 | 4 | 4 |
| 100 | 7 | 8 |

PBP: *Payback Period* (vreme povrata investicije); GTM: gornja toplotna moć biometana.

Ekonomski benefiti za lokalnu zajednicu i industriju

Ekonomski benefiti za lokalnu zajednicu i industriju su prvenstveno mogućnost iskorišćenja ostatka fermentacije (*digestata*) i po mogućnosti dobijene toplotne energije. To je dosadašnje iskustvo primene poljoprivrednih biogas i biometan postrojenja u drugim državama. Do sada u Srbiji nije ostvaren zadovoljavajući nivo u odnosu na ova dva aspekta.

Ostatak fermentacije koristi se u ruralnim oblastima gde je zastupljena poljoprivredna proizvodnja kao organsko hranivo i zamena mineralno (uz druge unapređene i pozitivne karakteristike osim sadržaja N/P/K). Često, stočari iz okoline stajnjak vlasniku biogas ili biometan postrojenja predaju bez naknade, uz dogovor da se distribuira ista količina ostatka fermentacije po površinama stočara. Motiv stočara je da na održiv način zbrine stajnjak, za koji bi inače morao da uloži i resurse/kapacitete koji mu nedostaju (izostanak odgovarajućeg skladištenog prostora, radne snage i mehanizacije). Uбудuće, ukoliko se kontrola upravljanja stajnjakom uvede u praksu, ovakav model bi bio održiv. Motiv vlasnika postrojenja je da sakupi dodatne količine stajnjaka i da ima na raspolaganju poljoprivredno zemljište u okolini za distribuciju ostatka fermentacije. Alternativno, stočar može da proda stajnjak i ostvari dodatni prihod, ali u tom slučaju ne preuzima ostatak fermentacije.

U slučaju postrojenja za biometan, mogućnost plasmana toplotne energije moguća je jedino ako se generiše kontinualno u dodatnom kogenerativnom postrojenju (motor sa generatorom), a grejanje fermentora nije potrebno. Toplotnu energiju mogu da upotrebe eksterni korisnici kao što su: 1) stambeni i drugi objekti (škole, bolnice) za grejanje i/ili pripremu tople sanitarne vode; 2) pogoni za proizvodnju i preradu poljoprivrednih proizvoda (staklenici i plastenici, sušare); 3) industrijski objekti koji koriste toplu vodu ili vodenu paru. Cena toplotne energije za korisnike je tada niža od dotadašnjih načina obezbeđenja (čvrsto gorivo, prirodni gas). Vlasnika biogas ili biometan postrojenja može da plasira celokupnu količinu toplotne energije i ostvari dodatni prihod. U drugim državama ostvaruju se bonusi ukoliko se iskoristi toplotna energija. Lokalna zajednica (opština) neretko finansira izgradnju mikro mreže daljinskog grejanja.

Indirektne koristi za društvo i industriju od proizvodnje biometana su i smanjenje emisija u poljoprivredi kroz unapređeno upravljanje stajnjakom, poboljšanje energetske sigurnosti (decentralizovano snabdevanje), poboljšanje plodnosti i stanja zemljišta. Često, ni u drugim državama sa naprednijim sektorima biogasa i biometana ovi aspekti nisu prepoznati u postojećoj klimatskoj ili energetskoj politici, iako pružaju stvarne koristi.

Činioci vrednosnog lanca, prepreke i predlozi za prevazilaženje

Tabela 7: Činioci vrednosnog lanca biogasa/biometana

| Komunalni biorazgradivi otpad |
|---|
| Generatori otpada su stanovništvo, komercijalni sektor i delimično industrijski sektor. Operateri su komunalna preduzeća za upravljanje otpadom ali i preduzeća za uređenje zelenih površina. |
| Deponije komunalnog otpada |
| Generatore komunalnog otpada obuhvataju stanovništvo, komercijalni sektor i delimično industrijski sektor. Najveće količine generisanog komunalnog otpada, uključujući biorazgradivi otpad, bez prethodnog tretmana završavaju na deponiji. Preduzeća koja upravljaju deponijama su dominantno javna, dok se učešće privatnog sektora postepeno povećava. Regionalizacija sistema upravljanja otpadom vodi ka ukрупnjavanju deponija, tj. manje lokacija sa više otpada što pogoduje povećanju produkcije deponijskog gasa. Inicijalne aktivnosti na polju sakupljanja, tretmana i iskorišćenja deponijskog gasa uočavaju se kod operatera u privatnom vlasništvu. Korisnici električne i/ili toplotne energije iz deponijskog gasa su stanovništvo i privreda. |
| Biogas postrojenja kao deo PPOV |
| Generatori kanalizacionih voda su stanovništvo, kao i industrija koja je u obavezi da delimično sama prečisti otpadne vode. Preduzeća koja upravljaju sistemom odvođenja kanalizacionih voda su javna. U većini naselja, pa čak i većih gradova, za sada ne postoji nikakav tretman i prečišćavanje, osim primitivne mehaničke separacije krupnih delova (papir i ostalo). Neprečišćena kanalizaciona voda ispušta se pretežno u vodotokove. Iniciran je razvoj projekata za PPOV (linija vode), uz deo za anaerobnu stabilizaciju (linija mulja), u nekoliko gradova. Izuzetak su pojedinačni gradovi koji su do sada izgradili PPOV i liniju mulja. Biogas koji nastaje koristi se za pokrivanje sopstvenih potreba PPOV za električnom i toplotnom energijom. Izuzetno, spaljuje se na baklji, s težnjom da se ubuduće uvede energetska iskorišćenje. |
| Poljoprivredna biogas postrojenja |
| Poljoprivrednici su proizvođači biomase iz ratarstva (energetsko bilje, biomasa iz druge žetve) i generatori nusproizvoda iz ratarstva i stočarstva (žetveni ostaci, stajnjak). Veća poljoprivredna preduzeća uglavnom su i vlasnici biogas postrojenja, koje snabdevaju sirovinama iz sopstvene proizvodnje, uz eventualnu nabavku dodatnih količina sa drugih manjih farmi. Vlasnici biogas postrojenja ređe nabavljaju većinu sirovina od drugih. Pošto se na poljoprivrednim biogas postrojenjima zbrinjava i organski otpad iz prehrambene industrije, generatori i operateri koji preuzimaju i transportuju taj otpad bitni su činioci. Klanični otpad koristi se u zanemarivim količinama. Žetveni ostaci iako predstavljaju najveći potencijal za proizvodnju biogasa i biometana, ne koriste se u velikoj meri zbog tehničko-tehnoloških ograničenja. Električnu energiju iz biogasa koriste stanovništvo i privreda, a toplotna se koristi u zanemarljivim količinama za sopstvene potrebe na farmi. Korisnici ostatka fermentacije su vlasnici biogas postrojenja za sopstvene parcele, kao i za parcele drugih poljoprivrednika u okolini postrojenja. |

Tabela 8: Prepreke u saradnji i predlozi za prevazilaženje

| Komunalni biorazgradivi otpad |
|--|
| <p>Zakonski obavezujuće smanjenje odlaganja biorazgradivog otpada na deponije i preusmeravanje na druge tehnologije obrade, uključujući i AD, gotovo da se uopšte ne sprovodi. Sa tehničke strane ne postoji odvojeno sakupljanje otpada niti kapaciteti za tretman biorazgradivog otpada. Inicijalne aktivnosti za tretman obuhvataju kompostiranje zelenog otpada, dok tretmani koji rezultiraju energetskim iskorišćenjem ne postoje. Problem je nizak nivo svesti stanovništva o važnosti razdvajanja otpada na mestu nastanka. Visoka je investicija tehnologije za anaerobni tretman ove vrste otpada. Ograničene su mogućnosti zbrinjavanja nastalog ostatka fermentacije na poljoprivrednim površinama zbog prisustva nečistoća i zahteva za dodatnim tretmanom (tehničko kompostiranje, prosejavanje).</p> <p>Predlog je da se intenziviraju aktivnosti i postepeno uvođenje odvojenog sakupljanja biorazgradivog otpada, praćeno obezbeđenim kapacitetom za tretman. Uzimajući u obzir specifičnosti generatora i vreme potrebno za povećanje kapaciteta za tretman, prioritet treba da bude povećanje stepena sakupljanja biorazgradivog otpada iz komercijalnog i industrijskog sektora, pa tek onda na domaćinstva.</p> |
| Deponije komunalnog otpada |
| <p>Deponijski gas se na deponijama u Srbiji sporadično sakuplja i u izuzetno retkim slučajevima koristi u energetske svrhe, iako postoji obaveza sakupljanja, obrade i korišćenja za dobijanje energije. Ukoliko ne može da se koristi za energiju, treba da se spali na deponiji.</p> <p>Većina deponija spada u grupu nesanitarnih – smetlišta (nemaju dozvolu za rad). Loš način i dug period upravljanja doprineo je značajnom gubitku potencijala generisanja i iskorišćenja metana. Uglavnom ne postoji infrastruktura za sakupljanje, tretman i iskorišćenje deponijskog gasa.</p> <p>Neizvestan je nivo produkcije i kvaliteta deponijskog gasa u narednom periodu jer se ne zna da li će i kada početi primena smanjenja odlaganja biorazgradivog otpada. Nije poznato kada će početi primena obaveze sakupljanja, tretmana i iskorišćenja deponijskog gasa na starim nesanitarnim niti na sanitarnim deponijama. Predlog je da se što pre pristupi instaliranju sistema za sakupljanje i iskorišćenje deponijskog gasa na postojećim nesanitarnim (u većim gradovima) kao i na izgrađenim sanitarnim, zatim intenziviraju aktivnosti na izgradnji regionalnih sanitarnih, te nakon toga pristupi zatvaranju i sanaciji nesanitarnih deponija.</p> |
| Biogas postrojenja kao deo PPOV |
| <p>Visok nivo kompetitivnosti aktuelnog načina upotrebe (pokrivanje samo dela sopstvenih energetskih potreba i smanjenje operativnih troškova), ne ostavlja perspektivu za druge načine iskorišćenja energije, u vidu električne/toplotne ili biometana koje bi koristili stanovništvo i industrija.</p> <p>Stabilizovani mulj koji nastaje odlaže se za sada na deponije (sopstvene). Drugi način zbrinjavanja nije moguć, jer po kvalitetu ne odgovara proizvodu koji bi se distribuirao na poljoprivredne površine, i to najviše zbog višeg sadržaja teških metala, koje je zabranjeno uvesti u lanac ishrane. Predlog je da se definišu i primene načini upotrebe ovakvog mulja, na primer za potrebe pokrivanja deponija i slično.</p> |
| Poljoprivredna biogas postrojenja |
| <p>Manje stočne farme imaju problem zbrinjavanja stajnjaka i predstavlja im veliki logistički zahtev (prostor za skladištenje, ljudstvo i mehanizacija za pravovremenu distribuciju). Za izgradnju sopstvenog biogas postrojenja nemaju dovoljno sirovine, pa ni finansijskih sredstava čak ni za učešće za kredit. Predlog je da se ovakve farme motivišu (pa čak i subvencionišu) da predaju stajnjak biogas/biometan postrojenjima, uz adekvatan dogovor da prihvate i ostatak fermentacije (u istoj količini kao i predati stajnjak).</p> <p>Da bi se iskoristili žetveni ostaci kao sirovina za biogasa ili biometan, potreban je odgovarajući predtretman. Odgovarajuće tehnologije predtretmana za žetvene ostatke (lignoceluloznu biomasu) su razvijene, ali nisu dovoljno tržišno zrele (mali broj u praksi). Investicija je visoka, a pogonski uslovi nepouzdan, iako je operativni trošak za sirovinu u tim slučajevima niži. Predlog je da se tehnologije predtretmana detaljno analiziraju u direktnom kontaktu sa kompanijama koje ih nude, te podrži primena kroz investicionu pomoć. Generatori jesu u obavezi da po zakonu zbrinu organski otpad na odgovarajući način (recimo anaerobna stabilizacija), i trude se da ga plasiraju na tržište u lanac proizvodnje biogasa. Kompanije sa dozvolom za sakupljanje otpada preuzimaju ili otkupljuju organski otpad (u zavisnosti od kompetitivne namene i vrednosti), te ih predaju besplatno ili prodaju biogas postrojenjima. Ukoliko sirovina može da se iskoristi i za druge namene, postrojenja plaćaju cenu koja nije atraktivna da se zameni energetske bilje. Predlog je da se savetuje biogas postrojenjima da sami obezbede dozvolu za sakupljanje (i transport) otpada, uz dozvolu za tretman koju poseduju, kao i da se pojača kontrola generatora na koji način zbrinjavaju organski otpad.</p> <p>Iako je dokazano da ostatak fermentacije ima unapređene karakteristike u odnosu na neprerađeni stajnjak, neki poljoprivrednici usled nepoverenja ne žele da prihvate da se distribuira po njihovim površinama. To važi iako je opšte stanje u poljoprivredi da postoji sve manje stajnjaka zbog smanjenja obima stočarstva, a postoji i trend degradacije kvaliteta i plodnosti zemljišta. Predlog je da se pod okriljem relevantnog ministarstva, preko stručnih (poljoprivrednih savetodavnih) službi i organizacija/udruženja radi na promociji i organizaciji upotrebe ostatka fermentacije, uz usklađivanje propisa o kvalitetu ostatka fermentacije sa EU.</p> <p>Predlog je da se podstiče iskorišćenje preostalog dela toplotne energije na efikasan način, za subjekte koji dokažu da imaju obezbeđen plasman, kroz direktne podrške investicijama kojima bi omogućili potencijalnim korisnicima da se povežu na mikro mrežu do postrojenja.</p> |

Preporuke za unapređenje participativnog procesa i podizanje svesti javnosti

Ključne preporuke za unapređenje participativnog procesa formirane su u odnosu na identifikovane nedostatke za vrednosne lance i u zakonskim propisima, kao i intenziviranja komunikacije ključnih učesnika za realizaciju projekata za biometan na teritoriji RS:

- unapređenje komunikacije između MRE i Udruženja Biogas Srbija, zbog direktnog kontakta sa subjektima za realizaciju projekata za biometan u kratkoročnom periodu, uz razmenu ključnih informacija, što može doprineti ispunjenju ciljeva za biometan;
- uzimajući u obzir specifičnost KBO i klaničnog otpada kao sirovine, potrebno je da se uspostavi direktna komunikacija između MRE i oko deset potencijalnih realizatora projekata za biometan ili isporučioaca ovih specifičnih sirovina;
- formiranje registra farmi (100-500 UG, i preko 500 UG), na osnovu sprovedenog popisa poljoprivrede u toku 2023. godine, jer su to značajni subjekti za mobilizaciju i iskorišćenje stajnjaka;
- ostvarivanje kontakta MRE sa kompanijama za sprovođenje verifikacionih šema na teritoriji EU, kao i pokretanje bar jedne šeme u RS da se pripreme potencijalni operatori za kompletan proces verifikacije održivosti i izdavanja sertifikata;
- prepoznavanje ostatka fermentacije kao oplemenjivača zemljišta i poboljšanju svesti poljoprivrednika o mogućnosti korišćenja ovog hraniva, koje treba da podrži resorno ministarstvo i sprovedu poljoprivredne savetodavne.

Podizanje svesti javnosti o potencijalima i prihvatanju biometana kao obnovljivog goriva za razne namene potrebno je da se usmeri u dva pravca. Prvi je targetiranje donosioca odluka u kompanijama od interesa, a drugi su kampanje usmerene ka široj populaciji:

- informisanje odgovornih lica komunalnih preduzeća o mogućnostima korišćenja vozila sa pogonom na bio-CNG (autobusi, kamioni za otpad, dostavna vozila), što bi dovelo do povećanja flote vozila koja mogu da koriste virtuelno ili i fizički biometan;
- informisanje snabdevača goriva kojih ima 57, o tome šta je biometan i kakva je njegova uloga za mogućnost ispunjenja obaveza za udeo obnovljivih izvora u saobraćaju;
- podizanje svesti opšte populacije, izuzetno za formiranje sistema primarne separacije KBO, a resorno ministarstvo treba da podrži kampanje javnog informisanja, uz pilot i demonstracione projekte;
- pravovremeno podizanje svesti lokalne zajednice, zbog otklanjanja potencijalnih aktivnosti koji predstavljaju otpor usled neodgovarajuće obaveštenosti prema izgradnji samih postrojenja – NIMBY (*not in my back yard*) efekat.

Proizvodni trošak biometana, na potencijalno rekonstruisanim postrojenjima za biogas na biometan, u Srbiji iznosi do oko 0,95 €/Nm³ (90 €/MWh_{GTM}). Napomena je da navedene proizvodne cene biometana (bez profita za investitora, tj. bez profitne marže), ne uključuju investiciju za gasovod od lokacije postrojenja do mesta utiskivanja, kao ni potrebnu infrastrukturu na mestu priključenja. Neophodna visina prihoda koja bi obezbedila isplativ rad treba da je najmanje za 15% viša od proizvodne cene. Odgovarajuća visina prihoda za novoizgrađena biometan postrojenja u Srbiji je preko 115 €/MWh_{GTM}, koja bi omogućila vreme povrata investicije kraće od 10 godina, ukoliko je vek projekta 15 godina.

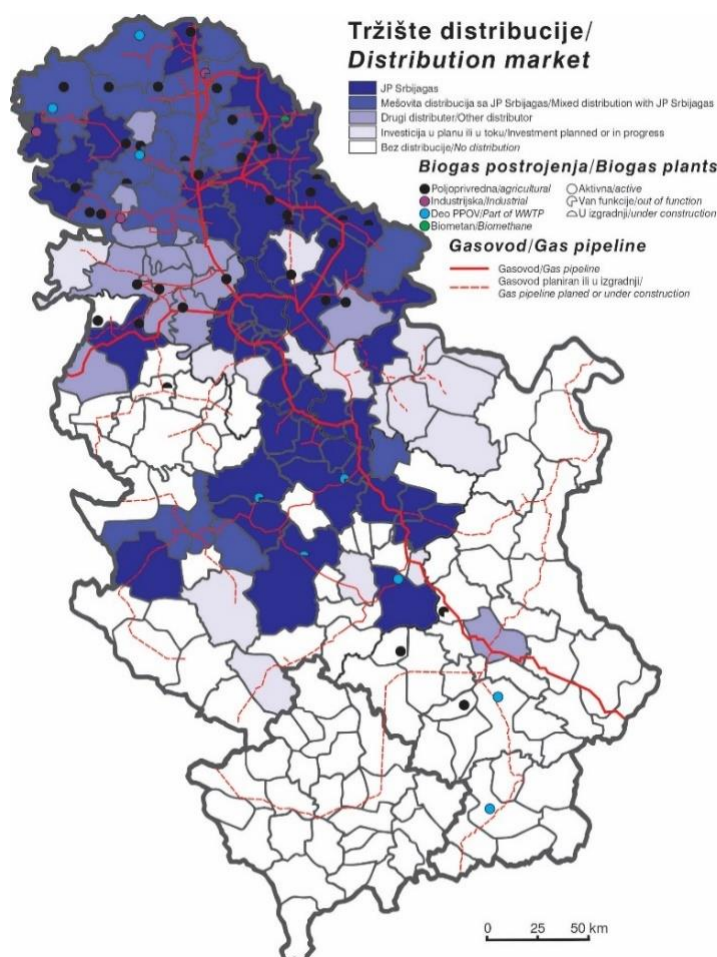
Iako postoje jasni benefiti za lokalnu zajednicu, kao i društvo u celini, potrebno je da se ubuduće radi na podizanju svesti i uključivanju svih potencijalnih aktera u sektor biometana koji se oslanja na više sektora (energetika, životna sredina, poljoprivreda, *itd*).

4.2 Tehnički aspekti

Mogućnost integracije BM u sektor PG i postojeću infrastrukturu

Ukupna potrošnja PG u RS je tokom 2022. godine iznosila 28,2 TWh¹. Gasni sektor čine: 1 proizvođač PG (NIS ad); 3 operatora transportnog sistema– OTS (*Transportgas Srbija doo, Yugorosgaz-Transport doo, Gastrans doo*); 31 operator distributivnog sistema – ODS; 63 energetska subjekta za snabdevanje; 30 energetskih subjekata za javno snabdevanje; 7 energetskih subjekata sa licencom za snabdevanje na veliko. Postoji jedno skladište prirodnog gasa (*PSG Banatski dvor doo*). Preko 320.000 krajnjih kupaca (18% od ukupne količine PG) je na regulisanom snabdevanju (domaćinstva i mali kupci, manje od 100.000 m³/god) i preko 1.300 kupaca na slobodnom tržištu (82% PG) u 2022. godini. Do 10% potrošnje PG je u formi CNG, što određuje mogućnost iskorišćenja proizvedenog biometana u RS.

Transportna mreža karakteriše se pritiscima višim od 16 bar, a dužina transportnog sistema u 2022. godini iznosila je oko 2.600 km. Dodatnih 400 km transportnog gasovoda ima tranzitnu funkciju od granice sa Bugarskom do granice sa Mađarskom. *Transportgas Srbija* i *Yugorosgaz-transport* su kompanije potencijalno relevantne za priključenje biometan postrojenja na transportnu mrežu. Distributivna mreža ima pritiske niže od 16 bar, a dužina u 2022. godini iznosila je preko 22.000 km.



Slika 3: Tržište distribucije PG, gasna mreža lokacije i biogas postrojenja^{2,3}

¹ Ministarstvo energetike i rudarstva RS (MRE). Energetski bilans Republike Srbije za 2023. godinu. www.mre.gov.rs/extfile/sector/sr/734/ENERGETSKI%20BILANS%20ZA%202023.pdf

² AERS. 2022. Izveštaj o radu agencije za energetiku za 2022. godinu. Agencija za energetiku RS, Beograd.

³ Bajatović D. 2021. Modeli tranzicije i predviđanja sistema snabdevanja prirodnim gasom. Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Na **Slici 3** dat je pregled distributivnog tržišta po opštinama RS. Dominantan snabdevač (i operator mreže) je *JP Srbijagas*, koji u pojedinim opštinama deli pravo snabdevanja sa lokalnim, a u nekoliko je zastupljen samo lokalni snabdevač. Infrastruktura PG nije završena, pri čemu delovi RS neće imati pristup distributivnoj mreži. Realizacija gasovoda je i dalje u toku, dok neće svi u potpunosti realizovani u bliskoj budućnosti.

Proizvodnja CNG podrazumeva postojanje pristupa mreži PG. Preko merno regulacione stanice (MRS), PG se sprovodi do uređaja za prečišćavanje (uklanjanje vlage i nečistoća), a zatim do kompresorske stanice za povišenje pritiska do maksimalno 250 bar uz hlađenje i uklanjanje ulja. Nadalje se skladišti na istoj lokaciji i direktno predaje potrošačima, ili se puni u mobilne sisteme (kamioni sa čeličnim bocama) i transportuje do potrošača. Vrlo sličan proces proizvodnje je i za bio-CNG, s razlikom što je potrebno da se ukloni veća količina nečistoća pre ulaska u proces.

U 2023. godini postojalo je 48 proizvodnih mesta CNG-a, sa jednakim količinama preuzetog PG sa transportnih i distributivnih gasovoda. Oko 30 preduzeća proizvodi CNG, a 3 čine oko 80% tržišta RS. Prema Energetskom bilansu RS, plan za 2024. godinu navodi da je 15-20% od ukupne potrošnja CNG u sektoru saobraćaja. Trend broja registrovanih vozila je u porastu, što će doprineti mogućnostima iskorišćenja bio-CNG u saobraćaju.

Sastav i kvalitet biometana

Postoje brojni zahtevi za kvalitetom za utiskivanje u mrežu PG i za proizvodnju bio-CNG. Usvojena je Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja PG¹, sa zahtevima za kvalitetom i hemijskim sastavom biometana koji se preuzima/isporučuje. Usvojen je i Pravilnik o kvalitetu i hemijskom sastavu PG².

Tabela 9: Uporedni pregled zahteva za kvalitetom biometana

| Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja PG | | Pravilnik o kvalitetu i hemijskom sastavu PG koji se preuzima i isporučuje sa dela transportnog sistema | |
|--|---------------|---|---------------|
| Hemijski sastav | mol % | Hemijski sastav | mol % |
| Metan (C ₁) | min. 92 | Metan (C ₁) | min. 85 |
| Etan (C ₂) | max. 4 | | |
| Propan (C ₃) | max. 2 | | |
| Butani (C ₄) | max. 1,5 | | |
| Pentani i teži (C ₅₊) | max. 0,5 | | |
| Heksan | max. 0,2 | | |
| Azot (N ₂) | max. 2 | Azot (N ₂) | max. 6 |
| Ugljen dioksid (CO ₂) | max. 1 | Ugljen dioksid (CO ₂) | max. 2,5 |
| Kiseonik (O ₂) | max. 0,02 | Kiseonik (O ₂) | max. 0,02 |
| Sadržaj sumpora (mg/m³) | | | |
| Vodonik sulfid (H ₂ S) | max. 2 | - | max. 5 |
| Merkaptan sumpor (C ₂ H ₅ SH)* | max. 5,6 | Merkaptan sumpor (C ₂ H ₅ SH)* | max. 6 |
| Ukupan sumpor | max. 20 | Ukupan sumpor | max. 21 |
| Gornja toplotna vrednost GCV 25 / 0 °C (kWh/m ³) | 10,38 – 12,20 | Gornja toplotna vrednost GCV 25 / 0 °C (kWh/m ³) | 10,23 – 13,26 |
| Wobbe gornji (25/0) kWh/m ³ | 13,22 – 15,37 | Wobbe gornji (25/0) kWh/m ³ | 13,85 – 15,32 |
| Tačka rose vode* Na temperaturi od minus 8 stepeni Celzijusa (-8°C) i apsolutnom pritisku od 3,92 MPa nema kondenzacije vode. | | | |
| Tačka rose ugljovodonika* Na temperaturi od 0 stepeni Celzijusa (0°C) i pritisku isporuke nema kondenzacije ugljovodonika | | | |
| * Odorant etil merkaptan kao sredstvo za odorizaciju može se koristiti do 31. decembra 2022. godine. | | | |

¹ Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja prirodnim gasom. "Sl. glasnik RS", br. 49/2022, 32/2023 i 97/2023. <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-o-uslovima-ispоруke-i-snaddevanja-prirodnim-gasom.html>

² Pravilnik o kvalitetu i hemijskom sastavu prirodnog gasa koji se preuzima i isporučuje sa dela transportnog sistema. "Sl. glasnik RS", br. 107/2023. http://demo.paragraf.rs/demo/combined/Old/t/t2023_12/SG_107_2023_010.htm

Gas ne sme da sadrži čvrste nečistoće, smolu ili supstance koje je proizvode i tečnosti (uglјovodonici, kondenzati, glikoli, voda itd).

Postoje i standardi koji uređuju ovu oblast: SRPS EN 16723-1:2017¹; SRPS EN 16723-2:2017²; SRPS CEN/TR 1723:2018³; SRPS EN 16726:2023⁴. Zahtevi vezani za kiseonik i uglјendioksid u standardima su relaksirani. Zahtevi za udeo uglјovodonika ne postoje, već se kontroliše metanski broj, a za očekivani sastav biometana ne postoji rizik da se ovaj aspekt ne zadovolji. Za vodonik-sulfid je već prisutno relaksiranje uslova na delu transportnog sistema RS, koji je čak i usklađen sa gasnim standardom.

Nisu u mogućnosti sve postojeće tehnologije za prečišćavanje biogasa do biometana da zadovolje zahtevane kriterijume za kvalitetom i sastavom. Razlike u sastavu sirovina uzrokuju i različit kvalitet proizvedenog biometana, a time i potrebu za prečišćavanjem. Na nivou Evrope postoji neusklađenost gasne mreže o zahtevanom kvalitetu za biometan, ali se na harmonizaciji radi. Stručna javnost na nivou EU analizira uvođenje jedinstvenog standarda za kvalitet i sastav, koji se očekuje u 2025. godini. Cilj je da se omogući nesmetani prekogranični protok biometana. Zemlje članice EU imaju ili nisku toleranciju za sadržaj kiseonika ili visoku, a prema uslovima iz Uredbe o uslovima isporuke i snabdevanja prirodnim gasom, RS ima nisku toleranciju.

Primer mogućeg potrošača biometana za neenergetske svrhe je A.D. Metanolsko-sirćetni kompleks (MSK) Kikinda, koji ima konzum PG do 30.000 Nm³/h koji koristi u procesu proizvodnje metanola. Na osnovu usmenih informacija, moguća je integracija biometana u proizvodni proces za dobijanje zelenog metanola, čija bi cena na tržištu opravdala nabavku biometana umesto PG. Prema tome, samo ovaj primer industrijskog potrošača moguće je da teoretski prihvati količinu proizvedenog biometana sa oko 120 biometan postrojenja očekivane veličine u Srbiji (250 Nm³/h, tj. ekvivalent biogas postrojenju 1 MW_e).

Predlaže se da Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja prirodnog gasa (Član 55, Stav 4), bude osnova za definisanje zahteva za kvalitet i sastav biometana, primenjivih namenski za postrojenja koja biometan utiskuju u mrežu prirodnog gasa ili proizvode bio-CNG.

Predlog je da se za utiskivanje u mrežu, uslovi za kvalitet i sastav usklade u potpunosti sa Standardom¹ uz ispunjenje zahteva za *Wobbe*-ov indeks i toplotnu moć u Uredbi. U proces donošenja novog propisa treba uključiti operatore transportnih i distributivnih gasnih mreža.

Za proizvodnju bio-CNG, potrebno je da se zahtevi u potpunosti usklade sa Standardom² za korišćenje u saobraćaju. Opcija proizvodnje virtuelnog bio-CNG (utiskivanje u okolini biometan postrojenja, a preuzimanje iz mreže prirodnog gasa na lokaciji gde se proizvodi CNG), treba da je izuzeto.

¹ SRPS EN 16723-1:2017. Prirodni gas i biometan za korišćenje u transportu i biometan za injektovanje u gasovod prirodnog gasa – Deo 1: Specifikacije za biometan za injektovanje u gasovod prirodnog gasa.

² SRPS EN 16723-2:2017. Prirodni gas i biometan za korišćenje u transportu i biometan za injektovanje u gasovod prirodnog gasa – Deo 2: Specifikacije za goriva za motorna vozila.

³ SRPS CEN/TR 1723:2018. Predložene granične vrednosti nečistoća u biometanu na osnovu kriterijuma za ocenjivanje ugrožavanja zdravlja.

⁴ SRPS EN 16726:2023. Gasna infrastruktura – Kvalitet gasa – Grupa H.

4.3 Aspekti zaštite životne sredine

U ovom poglavlju je prikazana analiza uticaja **kriterijuma održivosti** i **ušteta emisija GHG**, što su **uslovi da se energija iz biometana smatra održivom**¹. Ispunjavanje može da se uspostavi kao formalni uslov da se dobiju finansijski podsticaji, omogućiti obračunavanje OIE u bilansima, ali i da kupac biometana ima garanciju za biometan na tržištu.

Proces formalnog utvrđivanja ispunjavanja ovih uslova naziva se verifikacija. Proveravaju se kriterijumi održivosti (ako su primenjivi), a ušteta emisija GHG se izračunava u skladu sa metodom iz REDII. Sprovodi je ovlašćeni verifikator (uveden u Registar verifikatora) u skladu sa nekom od dobrovoljnih ili nacionalnih šema verifikacije (trenutno ima 15 dobrovoljnih na [Linku](#), koje odobrava Evropska komisija). Verifikatora „akredituje“ Nosilac šeme verifikacije, a njegova uloga je najčešće da sprovodi i kontrolu verifikatora.

U okviru verifikacije postoji i državno telo koje potencijalno ima više uloga. Primer, u Nemačkoj Federalna agencija za poljoprivredu i hranu priznaje akreditaciju verifikatora, a i upravlja NABISY (*Nachhaltige Biomasse System*) bazom za kontrolisanje sertifikata. Postrojenje za proizvodnju biometana obezbeđuje sve informacije na zahtev verifikatora i dobija Sertifikat (potvrda o održivosti) i dodatak Dokaz o održivosti (PoS – *Proof of sustainability*). PoS sadrži konkretne podatke o vrednostima uštete emisija GHG za sve sektore na koje je verifikacija primenjiva, a periodom važenja je jedna godina. Državni kontrolni organ ili kupac biometana na osnovu toga realizuju podsticaj ili kupovinu.

Kriterijumi održivosti

Postoji ukupno četiri kriterijuma održivosti koji su relevantni za proizvodnju poljoprivredne biomase koja bi se koristila kao sirovina za proizvodnju biometana. Oni se konkretno odnose na proizvodnju energetskog bilja, biljne mase od druge setve i žetvenih ostataka. Prvi kriterijum definiše da sirovina može da se prikupi jedino sa poljoprivrednog zemljišta ukoliko postoji *Plan praćenja i upravljanja uticaja na kvalitet zemljišta i ugljenika u zemljištu*. Ne očekuje se da će proizvodnja sirovina u Srbiji narušiti ispunjenje ovog kriterijume, već je potrebno da se blagovremeno uspostave procedure izveštavanja i praćenja (forma, obim i sadržaj dostavljenog plana, kao i uloge). Preostala tri kriterijuma nisu primenjivi jer se ne planira poljoprivredna proizvodnja na zemljištu značajnom za očuvanje biološkog biodiverziteta ili sa velikim sadržajem ugljenika, kao ni na tresetištu.

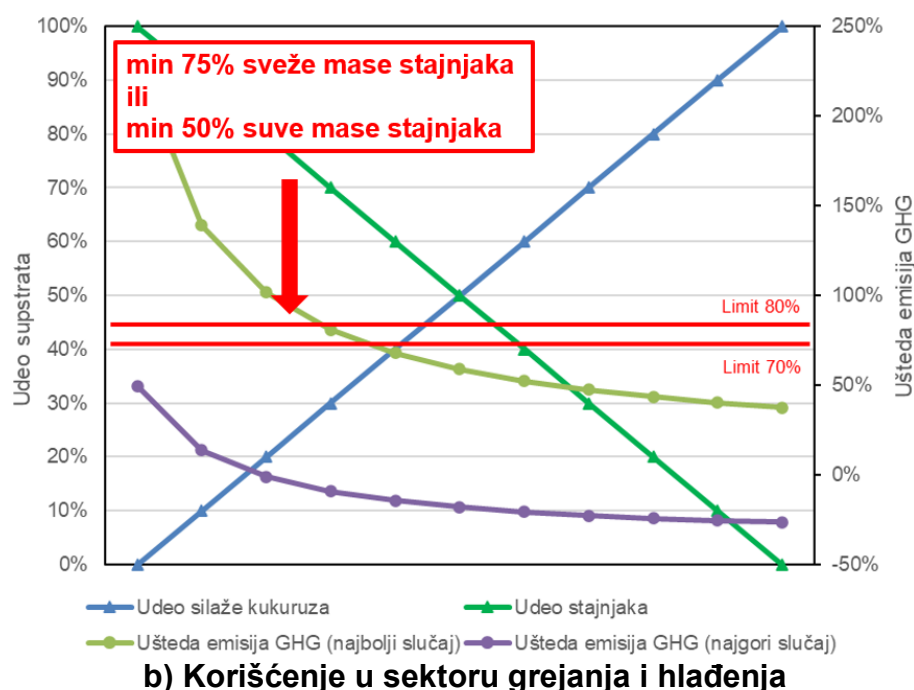
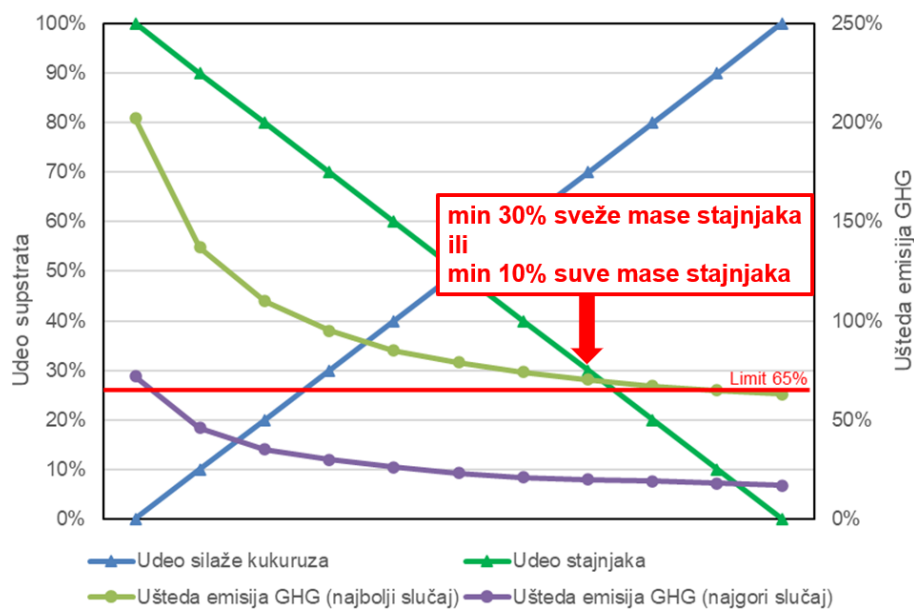
Za šumsku biomasu izdvajaju se dve grupe kriterijuma. Prvom se zahteva da se na nivou države i šumskog područja na kojem je proizvedena biomasa primenjuju propisi za uređenje seče i sistema nadzora seče šuma. Drugom se zahteva ispunjenje kriterijuma LULUCF (*Land Use, Land Use Change, Forestry*), u odnosu na ispunjenje obaveza države da ratifikuje dokumente, da podnese izveštaje i donese propise u toj oblasti, a takođe i da je proizvedena na području koje obezbeđuje ponor ugljenika. Ne očekuje se korišćenje šumske biomase za proizvodnju biometana primenom gasifikacije u kratkoročnom ili srednjoročnom periodu. Prema tome, tek dugoročno bi trebalo da se razmatraju kriterijumi održivosti. Deo potencijala šumske biomase verovatno će do tada biti iskorišćen i za druge kompetitivne namene, pa se tek u tom vremenskom periodu može očekivati i da sistem verifikacije za ovu sirovine bude u funkciji.

Organski otpad ne mora da zadovolji navedene kriterijume održivosti. Zbog toga, fokus i detaljnije razmatranje zahtevaju uštete emisija GHG, koje su elaborirane u nastavku.

¹ Uredba o kriterijumima održivosti za biogoriva, biotečnosti i goriva iz biomase, "Službeni glasnik RS", broj 96 od 2. novembra 2023.

Uštede emisija GHG

Najvažnije smernice za ostvarenje što više vrednosti uštede su: maksimiziranje udela stajnjaka zbog bonusa – negativnih emisija, kao i podsticanje tehnoloških opcija za sagorevanje otpadnog gasa (transformacija metana u ugljen-dioksid, tj. što manje metana u otpadnom gasu više su vrednosti uštede emisija GHG) i pokrivanje rezervoara ostatka fermentacije (sakupljanje rezidualnih emisija metana iz ostatka fermentacije, kojima se sprečava nekontrolisano ispuštanje u atmosferu).



Slika 4: Uštede emisija GHG za različite udele silaže kukuruza i stajnjaka

Slika 4 prikazuje rezultate analize mogućnosti proizvodnje održivog biometana, korišćenjem podataka iz REDII¹. Razmotreno je korišćenje tečnog stajnjaka i silaže

¹ European Commission (EC). 2018. Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Official Journal of the European Union, 02018L2001. <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>

kukuruzna kofermentacije kao sirovina. Pri tome, simulirani su različiti maseni udeli sirovina, kao i granični slučajevi tehnoloških opcija. Najpovoljniji slučaj podrazumeva primenu sagorevanja otpadnih gasova i pokrivanja rezervoara ostatka fermentacije, dok najnepovoljniji odsustvo primene. Minimalni udeo suve mase stajnjaka koji obezbeđuje proizvodnju održivog biometana je 10% kada se on koristi u sektoru saobraćaja, a 50% kada se koristi u sektoru grejanja i hlađenja. Razmatrajući oba slučaja korišćenja, ukoliko se primene najnepovoljnije tehnološke opcije jedino bi teoretski bilo moguće da se ostvari minimalna ušteda prilikom primene u saobraćaju i kada bi se koristilo 100% stajnjaka, što se ne praktikuje. Korišćenje biometana za generisanje električne energije zahteva da se on proizvede iz mešavine sirovina koja ima minimalno 30% udela suve mase stajnjaka. Ispunjenost kriterijuma održivosti i uštede emisija GHG uglavnom se postavlja kao uslov za dobijanje finansijskog podsticaja kada se biometan utiskuje u mrežu PG, a ukoliko se plasira na tržište ispunjenje kriterijuma održivosti se podrazumeva.

Kriterijum uštede emisije GHG zavisi od sektora u kom se biometan koristi. Lakše se dostiže korišćenjem u saobraćaju, nego kao goriva za generisanje toplotne/rashladne ili električne energije. Prema tome, ostvarena minimalna ušteda za održivi biometan u sektoru saobraćaja treba da bude 65%, u poređenju s emisijama fosilnog komparatora od 94 gCO_{2ekv}/MJ. Minimalna ušteda emisija GHG za korišćenje biometana za generisanje toplotne/rashladne i električne energije je 70% ili 80% (zavisno od datuma puštanja postrojenja u rad). Emisioni faktor fosilnog komparatora za toplotnu/rashladnu energiju iznosi 80 gCO_{2ekv}/MJ, a za električnu 183 gCO_{2ekv}/MJ.

Aspekti zaštite životne sredine koji se razmatraju za proizvodnju biometana su kriterijumi održivosti i kriterijumi uštede emisija GHG. Ukoliko su ispunjeni, energija iz biometana smatra se održivom čime može da se ispuni uslov da se dobiju finansijski podsticaji, omogućujući obračunavanje OIE u bilansima, ali i da kupac ima garanciju da je kupio održivi biometan na tržištu.

Samo jedan kriterijum koji se odnosi na proizvodnju poljoprivredne biomase primenjiv je u RS, a i u tom slučaju blagovremeno uspostavljanje procedura izveštavanja i praćenja bi obezbedilo njegovo ispunjenje. Korišćenje šumske biomase za proizvodnju biometana može da se očekuje tek dugoročno, pa bi u tom periodu i trebalo razmatrati kriterijume održivosti koji treba obezbede ponor ugljenika. Organski otpad ne mora da zadovolji navedene kriterijume održivosti. Zbog toga, fokus i detaljnije razmatranje zahtevaju jedino uštede emisija GHG.

Najvažnije smernice da se osigura održivost biometana su: maksimiziranje udela stajnjaka, kao i podsticanje tehnoloških opcija za sagorevanje otpadnog gasa i pokrivanje rezervoara ostatka fermentacije. Minimalni udeo suve mase stajnjaka u ukupnoj suvoj masi svih korišćenih supstrata treba da bude 10% kada se on koristi u saobraćaju, 30% za generisanje električne energije, a 50% za grejanje/hlađenje. Kriterijum uštede emisije GHG zavisi od sektora u kom se biometan koristi, pa tako za saobraćaj iznosi 65%, za grejanje/hlađenje i električnu energiju 70% ili 80%.

5 Barijere za integraciju biometana na tržište RS

Nadalje opisane tehničke, administrativne i ekonomske barijere koje mogu da utiču uspostavljanje biometana na tržište RS sagledavaju se u odnosu na dosadašnje, ali i aktuelno stanje sektora biogasa. Time mogu da se sagledaju potencijalna rešenja, koja će usmeriti uspešnu realizaciju u odgovarajućem pravcu i podsticaje. Navedeno je moguće uz razumevanje pozicije biometan postrojenja u odnosu na ostale energetske subjekte u sektoru PG, organizacije sektora PG i izbora sektora za plasman biometana.

5.1 Tehničke barijere

TB1. Zahtevani sadržaj kiseonika u biometanu u slučaju utiskivanja u mrežu PG

Zahtevani kvalitet biometana koji se utiskuje u mrežu PG propisuje dozvoljeni udeo kiseonika na 0,02% (Uredba i Pravilnik, videti Poglavlje 4.2). Kiseonik ima korozivna svojstva i potencijal da stvori eksplozivnu smešu sa metanom. Postoji rizik da proizvedeni biometan ne može da ostvari ovaj zahtev za kvalitetom. ODS u okviru Pravila o radu distributivnog sistema PG imaju dodatno izdvojen zahtevani sastav gasa na ulazu u mrežu PG koji bi se primenjivali u slučaju priključenja postrojenja za biometan na distributivnu mrežu, u kojima se ne nalazi zahtev za kvalitet kiseonika. Međutim, svakako bi morao da se ispoštuje, a ODS može da prilagodi zahtevani kvalitet za isporučioca PG, a to bi moglo da se primeni i za postrojenja za biometan ako su potrebne korekcije kvaliteta biometana. Praksa u Evropi je da se udeo kiseonika razmatra striktno u slučajevima kada se na trasi gasovoda gde se biometan utiskuje nalaze osetljivi industrijski potrošači (fabrika stakla) ili gasna skladišta.

TB2. Priključenje na transportnu gasnu mrežu (min 4.000 m³/h)

OTS u algoritmu priključenja na mrežu navodi da je uslov za priključenje proizvođača biogasa minimalni kapacitet 4.000 m³/h. To praktično isključuje biometan postrojenja u RS, jer su očekivani kapaciteti oko 250 Nm³/h (odgovara energetskom ekvivalentu 1 MW_e) ili oko 500 Nm³/h. To bi značilo da je potreban minimalni kapacitet postrojenja za biometan i do 16 puta veći. Ocena je da najviše zbog obezbeđenja dovoljnih količina sirovina, zbrinjavanja ostatka fermentacije, ovakvo postrojenje neće biti realizovano. Striktnim tumačenjem, biometan postrojenja neće moći da se priključe na transportnu mrežu PG (nadležnost OTS, pritisci viši od 16 bar). Ipak, priključenje postrojenja bi se odobrilo ako su zadovoljeni uslovi za kvalitetom biometana. Revizija ovog pravila se svakako preporučuje ukoliko bi se podnosio zahtev za priključenje na transportnu mrežu.

TB3. Ograničeni konzum u mreži PG

Očekivani proizvodni kapacitet za proizvodnju biometana u RS bi iznosio i do 500 Nm³CH₄/h, tj. preko 4 MNm³/god biometana. Bitan aspekt je konzum na trasi u koju se biometan utiskuje. Potrošači PG mogu da budu na javnom snabdevanju (regulisano) i snabdevanju (slobodno tržište). Granica u potrošnji je 100.000 Sm³/god. Javno snabdevanje je moguće preko distributivnog gasovoda do 6 bar i 6-16 bar, a na slobodnom tržištu preko distributivnog gasovoda 6-16 bar i preko transportnog gasovoda. Ukoliko su na distributivnoj mreži (do 6 bar) pretežno mali potrošači (domaćinstva), ne može da se računa na konstantnost konzuma tokom godine, već tokom zimskih meseci. Potreban bi bio upit za ODS u svakom pojedinačnom slučaju, ali verovatan ishod bi bio negativan (odbijanje zahteva). Izuzetak bi bio ukoliko postoji više od 50 industrijskih potrošača u javnom snabdevanju, ali procena je da nema takvih slučajeva u RS. Isti princip važi i za distributivnu mrežu PG (6-16 bar), kada su na javnom snabdevanju i oni koji PG kupuju na slobodnom tržištu, kada verovatno postoji dovoljan konzum. Neophodno bi bilo slanje upita ODS.

TB4. Analiza kvaliteta bio-CNG

Praksa u proizvodnji CNG u RS je da se kvalitet CNG ne kontroliše, s obzirom da se PG preuzima iz mreže gde su kriterijumi kvaliteta zadovoljeni. ODS koristi podatke OTS o kvalitetu PG koji preuzima. ODS i OTS kupcima PG koji ga dalje komprimuju mogu da dostave izveštaj o dnevnim količinama kao dokaz o kvalitetu gasa, ali se to u praksi ne radi. *Predlog Pravilnika o tehničkim i drugim zahtevima za komprimovani PG* je u potpunosti usklađen s Uredbom o uslovima isporuke i snabdevanja PG¹, što znači da se prikazuje očekivani kvalitet CNG na osnovu PG iz mreže. U praktičnom smislu može doći do problema u primeni Pravilnika za uzorkovanje i analize, jer se analiza kvaliteta PG sprovodi centralizovano, a kontrola CNG podrazumevala bi lokalno uzorkovanje (na mestu proizvodnje). U okviru predloga Pravilnika spominje se standard SRPS EN ISO 15403-1², koji bi trebalo da ukaže i na odgovarajući način uzorkovanja, a potrebno je usaglasiti da se omoguće i hromatografske analize. Postoji nekoliko institucija sa laboratorijskim kapacitetima u RS koje bi mogle da sprovedu akreditovana merenja, ali je potrebno da se blagovremeno inicira priprema (bar godinu dana unapred) za specifične akreditovane metode. U ceo proces trebalo bi uključiti i Akreditaciono telo Srbije (ATS) zbog procesa akreditacije i obezbeđivanja kvalifikovanih ispitivača. Standard SRPS EN 16723-2:2017³ je ciljano usvojen da odgovori na potrebu tržišta za kvalitetom bio-CNG. Najznačajniji aspekt koji je uveden u odnosu na predlog Pravilnika je dodatna kontrola nečistoća sa fokusom na jedinjenja silicijuma koja mogu da dovedu do oštećenja delova SUS motora u vozilima. Nastanak ovih jedinjenja moguć je u slučaju tretmana otpadnih sirovina sa visokim sadržajem hemikalija za negu i čišćenje, u okviru linije mulja na PPOV. Mala je verovatnoća za izgradnju ovog tipa biometan postrojenja u Srbiji (detaljnije u Poglavlju 7). Ukoliko se obuhvate i ove analize, uspostavljanje laboratorijskih kapaciteta bilo bi još kompleksnije. Preporuka je da se usvajanje Pravilnika u konačnoj formi sprovede tek nakon potvrde potencijalnih laboratorija da mogu da odgovore na zahteve uzorkovanja i analiziranja

Pravilnik u predloženoj formi (možda samo uz dodatnu napomenu na način uzorkovanja CNG-a) treba učiniti važećim samo ako navedene laboratorije potvrde da mogu da odgovore na eventualni zahtev za uzorkovanjima/analizama CNG-a. Tek nakon uspostavljanja odgovarajućih kapaciteta i analize primene, razmotriti u narednom periodu dodatno usaglašavanje sa standardom SRPS EN 16723-2:2017.

5.2 Administrativne barijere

Glavna barijera je definicija biometana (detaljno u Poglavlju 3), a u nastavku su opisane potencijalne za investitore i institucije u slučaju izgradnje biometan postrojenja.

AB1. Izbor energetske delatnosti, dobijanje energetske dozvola i licenci

Proizvodnja biometana nije prepoznata kao energetska delatnost, te se predlaže uvođenje proizvodnje biometana kao energetske delatnosti. Pravilnikom o energetske dozvoli predviđeno je da objekti koji imaju kapacitet proizvodnje preko 10 t godišnje biogoriva moraju imati energetske dozvolu. S obzirom da postrojenje za biometan može da utiskuje biometan u mrežu PG, ili da proizvodi bio-CNG/ bio-LNG, treba da se jasno navede potreba obezbeđenja za oba slučaja. Zbog vrste i kapaciteta potencijalnih biometan postrojenja, nadležnost bi trebala da je na resornom ministarstvu. U slučaju biometana, potrebno je da se definiše potreba za obezbeđenjem licence u odnosu na definisani kapacitet (na primer za biogas postrojenja u je potrebno za snage veće od 1 MW_e).

¹ Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja prirodnim gasom. "Sl. glasnik RS", br. 49/2022, 32/2023 i 97/2023

² SRPS EN ISO 15403-1² Prirodni gas — Prirodni gas koji se koristi kao komprimovano gorivo za vozila — Deo 1: Određivanje kvaliteta, koji verovatno treba da ukaže i na odgovarajući način uzorkovanja gasa

³ SRPS EN 16723-2:2017³ Prirodni gas i biometan za korišćenje u transportu i biometan za injektovanje u gasovod prirodnog gasa — Deo 2: Specifikacije za goriva za motorna vozila

AB2. Realizacija postrojenja za biometan za potrebe lokalne komunalne infrastrukture

Jedinstven slučaj je biometan postrojenje koje tretira organsku frakciju komunalnog otpada i obezbeđuje gorivo za flotu vozila za sakupljanje otpada ili se prodaje po tržišnim cenama preduzeću koje obavlja gradski prevoz putnika. Tada bi mogli da se obezbede direktni podsticaji za investicione troškove. Ovakvi projekti postoje u Evropi, a problemi za realizaciju su: mogućnost dobijanja investicione državne pomoći; nepostojanje zakonske osnove za obezbeđeno finansiranje; ekonomska isplativost projekta; odgovarajući konzum (postojanje dovoljne flote vozila); primena primarne separacije; primenljivost sekundarne separacije; korišćenje ostatka fermentacije sa ovakvog postrojenja. Ovakav model primenljiv je samo za najveće urbane centre u RS (najverovatnije samo Beograd).

AB3. Verifikacija biometana

Još uvek ne postoji primena sistema verifikacije i izdavanja sertifikata kojima bi proizvedeni biometan mogao da se sertifikuje u odnosu na ispunjenje kriterijuma održivosti i uštede emisija GHG. Obezbeđenje ovog aspekta očekuje se od nosilaca šeme verifikacije, potencijalnih verifikatora i resornog ministarstva. Investitorima treba da bude jasan postupak obezbeđenja sertifikata, neophodni uslovi, kao i način izveštavanja.

5.3 Ekonomske barijere

EB1. Cena PG

Niža nabavna/tržišne cene PG, u poređenju sa proizvodnim cenama potencijalnih biometan postrojenja u Srbiji, mogu direktno da utiču konkurentnost biometana i mogućnost njegovog plasmana na tržište. To važi naročito za slučaj cene PG za javno snabdevanje (oko 40 €/MWh_{GTM} bez PDVa i marži), ali i za cenu CNG (oko 80 €/MWh_{GTM} bez PDVa, nema akcize). Od početka 2025. godine očekuje se uvođenje akcize na CNG, a ukoliko postoji mogućnosti oslobađanja bio-CNG od akcize, konkurentnost biometana bi se unapredila. Zato je integracija biometana na tržište RS moguća jedino uz odgovarajući podsticaj.

EB2. Finansiranje gasne infrastrukture

Priključenje na mrežu PG pored administrativne procedure, podrazumeva i izgradnju odgovarajuće infrastrukture i nabavku opreme, na čega značajno utiče mikrolokacija biometan postrojenja. To su gasovod do mesta priključenja, MRS, telemetrijski uređaji, gasni hromatografi, itd. ODS i OTS ne žele da snose ovakav visoki trošak, koji treba da prihvati investitor biometan postrojenja.

Potencijalna tehnička barijera je zahtevani sadržaja kiseonika. Postoji mogućnost prekoračenja definisanog limita i treba ga realizovati uz dozvolu operatora gasnih mreža, što je trend i u zemljama EU. Zatim, to su i minimalni protok biometana u slučaju utiskivanja u transportnu mrežu i obezbeđivanje konzuma, a takođe su premostive u saradnji s operatorima. Posebna tehnička barijera je kontrola kvaliteta bio-CNG, ali je *Predlog Pravilnika o tehničkim i drugim zahtevima za komprimovani PG* moguće rešenje.

Administrativne barijere uzrokovane definicijom biometana u zakonskim propisima dovele su do neprepoznatljivosti biometana u energetske delatnostima, energetske dozvolama i licencama. Usklađivanje je neophodno zbog otklanjanja poteškoća u sprovođenju investicija postrojenja za biometan.

Od ekonomskih barijera, ističe se niska cena prirodnog gasa u poređenju sa cenom biometana, što iziskuje obezbeđenje podsticaja. Potencijalna ekonomska barijera može da predstavlja i visok investicioni trošak za infrastrukturu, ukoliko se biometan postrojenja nalaze udaljeno od mesta priključenja na mrežu prirodnog gasa.

6 Dostupnost i mogućnost integracije inovativnih tehnologija

U ovom poglavlju će se dati pregled tehnologija koje su inovativne u odnosu na trenutno zastupljene u Evropi i Srbiji, a mogu da se implementiraju u oblasti biogasa i biometana. Razmatraju se posebno tehnologije za predtretman sirovine, tehnologije za proizvodnju sirovog biogasa ili konverziju biomase, a posebno deo za naknadnu konverziju ili za prečišćavanje sirovog biogasa do biometana.

Potrebno je da se razmotri zrelost tehnologija koje mogu da se u Srbiji implementiraju. Zbog toga tehnologije na niskom stepenu razvoja, u laboratoriji (TRL– *Techonology Readiness Level*, u opsegu 1-4) ili validirano/demonstrirano u relevantnom okruženju (TRL 5-6), nije smisleno analizirati za kratkoročnu (2027. godina) ili srednjeročnu (2030. godina) implementaciju. U drugom delu ovog poglavlja razmotrene su i potencijalne tehnologije, koje su još uvek u razvoju i koje bi mogle da se razmotre za implementaciju u dugoročnom periodu (2050. godina). Nadalje su elaborirane tehnologije koje se smatraju inovativnima i koje su ocenjene da će moći da se implementiraju u Srbiji srednjeročno i dugoročno, a da se ispune tehničko-tehnološki i ekonomski preduslovi. Kao izvor korišćen je izveštaj BIP¹.

6.1 Inovativne tehnologije za 2030. godinu

Korišćenje žetvenih ostataka

Kada se koriste žetveni ostaci (kukuruzovina, pšenična slama) kao individualni supstrat (u monofermentaciji) ili kao dominantni supstrat uz manji procenat drugog supstrata (u kofermentaciji), potrebno je da se primeni postupak predtretmana. Korišćenje žetvenih ostataka koji nisu prošli određenu vrstu predtretmana nije moguće primenom standardne (konvencionalne) tehnologije za proizvodnju biogasa. Ovakva vrsta supstrata (lignocelulozna biomasa) može da bude korišćena svega nekoliko tona po danu (npr. na postojećim biogas postrojenjima snage 1 MW_e koristi se do 3 t/d), ili nešto veća količina ukoliko se primeni najosnovniji predtretman u vidu mehaničkog usitnjavanja (mlevenje, seckanje). To je zanemariva količina u smislu energetskog doprinosa i ostvarenje uštede zamenom drugih skupljih supstrata kao što je silaža kukuruza.

Žetveni ostaci, kao lignocelulozni i vlaknasti materijali, teško se i sporo razgrađuju u procesu anaerobne fermentacije (AF), uzrokuju fizičke probleme i zastoje u radu zbog taloga, kore, grudvi. Smanjuju radnu zapreminu fermentora, uzrokuju zastoj produkovanog biogasa, blokiraju pumpe i cevovode. Potrebno je duže vreme zadržavanja supstrata u fermentoru, sadrže molekularnu strukturu koja nije dostupna anaerobnim mikroorganizmima i enzimima (kristalna struktura ili mala površina) i ostvaruje se niži prinos biogasa. Glavni izvor za dobijanje metana su šećeri i drugi mali molekuli, koji su u lignoceluloznoj biomasi ugrađeni u celulozi, hemicelulozi i ligninu (lignin je teško razgradiv, predstavlja opnu i onemogućuje razgradnju celuloze i hemiceluloze). Odgovarajućim predtretmanom mogu da se promene karakteristike supstrata (povećana površina kontakta sa bakterijama, probijeni zaštitni sloj u vidu lignina) kao i da se time uklone navedeni relevantni problemi prilikom korišćenja žetvenih ostataka. Pozitivni efekti su smanjenje viskoziteta i time potrebnog energetskog inputa za mešanje, skraćanje potrebnog vremena zadržavanja supstrata, povećanje prinosa biogasa, povećanje sposobnosti ispumpavanja, intenzivnija razmena materije, homogeniji sadržaj fermentora, itd.

Nadalje su opisane dve tehnologije čiji isporučiooci su se izjasnili da mogu da prerade i koriste supstrate za proizvodnju biogasa/biometana na bazi 100% žetvenih ostataka.

¹ Biomethane Industrial Partnership (BIP). 2023. *Innovative technologies for biomethane production: Review of the current state of the art*. Prepared by Task Force 5. <https://bip-europe.eu/downloads/?filter%5B%5D=20>

Kompanija *AGRES SYSTEMS GmbH* nudi tehnologiju predtretmana *ECONOMIZER*¹, koja bi prethodila konvencionalnoj tehnološkoj celini za proizvodnju biogasa/biometana bilo kog drugog isporučiooca tehnologije. Kompanija *WABIO*² nudi integrisani sistem predtretmana u okviru sopstvenog postrojenja za anaerobnu fermentaciju koje nudi kao tehnološku celinu. Ni jedna od prikazanih tehnologija nije široko rasprostranjena u praksi.

ECONOMIZER

ECONOMIZER je trgovački naziv za tehnologiju predtretmana koja se zasniva na principu eksplozije parom (*steam explosion*). Najvažnija prednost ove tehnologije je da može da utečnjava vlaknaste supstrate (žetvene ostatke), prikazano primerom na **Slici 4**. Sama tehnologija sastoji se od međuskладиšta sa sistemom za doziranje žetvenih ostataka u rastresitom stanju, nakon čega sirovina odlazi u postrojenje za predtretman. Nakon predtretmana, sirovina se u utečnjenom stanju prepumpava u fermentore standardne tehnologije za proizvodnju biogasa.



Slika 5: Žetveni ostaci pre (levo) i nakon predtretmana (desno)

Samom predtretmanu prethodi doziranje, vlaženje materijala recirkulisanom vodenom parom iz prethodnog ciklusa (šarže). Faza predtretmana (na temperaturi 180-220 °C i pritisku 10-25 bar), tj. zagrevanjem na povišenom pritisku odvajaju se organske kiseline hemiceluloze. Tretman traje oko 20 min, posle čega se pritisak naglo spušta na atmosferski. Usled nagle promene pritiska, voda naglo ključa (nagla promena zapremine i pritiska–eksplozija), razbija strukturu okolne mase i utečnjava sirovinu. Masa se nakon toga hladi pre prepumpavanja u fermentor. Na internet sajtu kompanije prikazano je da za sada postoje tri referentna postrojenja (Italija, Nemačka, Ukrajina), od kojih su dva postrojenja za proizvodnju biogasa, a jedno za proizvodnju biometana.

WABIO

WABIO je kompanija koja nudi specifičnu tehnologiju za koju se ponuđač na tržištu u Srbiji izjašnjava da je njenom primenom moguće da se koriste isključivo žetveni ostaci. Prema navodima ponuđača, ovu tehnologiju karakteriše sledeće odsustvo mehaničkog mešanja sadržaja fermentora, koje se sprovodi hidraulički. Faza hidrolize sprovodi se u odvojenim rezervoarima, prilagođena fermentacija hidrolizata i šaržna postfermentacija, sa recirkulacijom filtrata za pripremu suspenzije.

Na internet sajtu kompanije prikazano je da postoji šest referentnih postrojenja (Nemačka 3, Indonezija/Kina/Srbija 1). Osim navedenog u Srbiji, koje je izgrađeno u Vrbasu (postrojenje za proizvodnju biogasa za električnu energiju iz ostataka šećerane), jedno je još u fazi izgradnje u Srpskoj Crnji (postrojenje za proizvodnju bio-LNG iz stajnjaka i žetvenih

¹ <https://www.agres.systems/en/>

² <https://wabio.de/>

ostataka) i jedno u fazi puštanja u pogon u Jarku (biogas postrojenje za električnu energiju iz digestata sa drugog biogas postrojenja uz dodatak žetvenih ostataka).

6.2 Inovativne tehnologije za 2050. godinu

Kriogena tehnologija

Kriogena tehnologija može da se koristi u proizvodnji biometana u nekoliko varijanti, i to za prečišćavanje biogasa do biometana visoke čistoće, dodatno prečišćavanje biometana do biometana visoke čistoće, utečnjavanje biometana visoke čistoće do bio-LNG.

U prvoj varijanti, sprovodi se primarno uklanjanje nečistoća iz biogasa, zatim hlađenje biogasa do niskih temperatura na kojima se CO₂ zamrzava i na taj način separiše od gasovitog metana. Zaleđeni CO₂ se zatim uklanja u tečnom ili gasovitom obliku iz dela postrojenja u kom se nalazi u narednoj (sekvencionalnoj) fazi procesa. Proizvod je biometan visoke čistoće sa koncentracijama CO₂ u opsegu 50-100 ppm. Za sada su sistemi pogodni za male i srednje kapacitete, dok se za budućnost očekuje razvoj za veće kapacitete, kao i sniženje investicionih troškova. U drugoj i trećoj varijanti, sprovodi se dodatno prečišćavanje i utečnjavanje biometana visoke čistoće do bio-LNG dodatnim hlađenjem biometana visoke čistoće na temperature niže od -160 °C. Većina drugih tehnologija za prečišćavanje biogasa do biometana ne mogu da postignu kvalitet biometana visoke čistoće, a kriogena tehnologija je jedna tehnološka opcija.

Postoji ograničeni broj ponuđača, a takođe je i mali broj izgrađenih postrojenja koji imaju instaliranu kriogenu tehnologiju. Pošto je za sada moguća implementacija za male i srednje kapacitete, kriogeni kompresor (suštinski deo postrojenja) za takve kapacitete nije široko dostupan za nabavku.



Slika 6: Deo postrojenja za prečišćavanje biogasa do utečnjelog biometana uklanjajući H₂S i sušenje (levo), kriogeno hlađenje za odvajanje CO₂ (desno)

Nadalje je prikazan primer postrojenja za proizvodnju utečnjelog biometana u okolini Torina u Italiji (poseta u martu 2023. godine u okviru projekta [GreenMeUp](#)). Proizvodni kapacitet postrojenja iznosi 250 kgCH₄/h i 400 kgCO₂/h. Koncept postrojenja je da koristi sirovine iz zadruge poljoprivrednika, ali bez energetskog bilja (te se koristi stajnjak, drugi usev, žetveni ostaci, organski otpad). Proizvedeni utečnjeni biometan se koristi isključivo za saobraćaj. Kriogeni kamioni dolaze nekoliko puta nedeljno i preuzimaju bio-LNG. Firma koja otkupljuje utečnjeni biometan i koja poseduje infrastrukturu za LNG nalazi se na autoputu kod Milana. Ovo je jedno od 10 postojećih bio-LNG postrojenja, a planira se uskoro izgradnja oko 20 novih. Sama tehnologija sastoji se od dela za prečišćavanje s aktivnim ugljem za uklanjanje H₂S. Hlađenje na niskim temperaturama postiže se primenom amonijaka kao rashladnog fluida i stirling motora. Zatim se primenjuje kriogeno hlađenje za odvajanje CO₂ i NH₃, pa se sprovodi sušenje za uklanjanje vlage. Dodatno se primenjuje tehnologija PSA

(*Pressure Swing Adsorption*) da se uklone zaostale količine CO₂, čije prisustvo može da se bude 50 ppm maksimalno, jer je suvi led rizik u infrastrukturi.

Biogeni CO₂ kao izvor za metanaciju

CO₂ je gas koji doprinosi efektu staklene bašte i time i klimatskim promenama. Međutim, u novije vreme, razmatra se kao resurs koji se već uveliko i koristi u industriji i inovativno u energetici. Za razliku od fosilnog CO₂ (dobijenog sagorevanjem fosilnog goriva), biogeni CO₂ (dobijen generisanjem energije iz biomase, kruži u atmosferi emitovanjem, pa korišćenjem u procesu fotosinteze za ponovnu izgradnju biljne mase), ne doprinosi efektu staklene bašte i nema uticaja na klimatske promene. Zbog toga se korišćenje biogenog CO₂ za bilo koju namenu nametnulo kao potreba, ukoliko se teži ciljevima dekarbonizacije. Primer je da se u EU prognozira potražnja u 2050. godini oko 500 Mt/god, dok je u 2022. godini bila 41 Mt/god, od čega 4 Mt/god u tečnoj fazi¹.

Proizvodnja biometana je upravo izvor biogenog (i koncentrovanog) CO₂. Za proizvodnju 140 Nm³CH₄/h, takođe se proizvodi i 110 Nm³CO₂/h. Čistoća biogenog CO₂, u odnosu na primenjenu tehnologiju je od 96% (membranska) do 100% (kriogeno hlađenje za proizvodnju bio-LNG). Konkurentni način je korišćenje viška obnovljive električne energije za "hvatanje" (*capture*) atmosferskog CO₂ izrazito niske koncentracije (oko 400 ppm).

Prema tome, opcija korišćenja biogenog CO₂ dobijenog u proizvodnji biometana (odvajanjem CH₄ i CO₂) je proizvodnja dodatne količine biometana postupkom metanacije (CCU– *Carbon Capture and Utilisation*). To podrazumeva korišćenje H₂ i CO₂ kao sirovina za proizvodnju CH₄ (i H₂O kao nusproizvoda). Postupak može da se sprovede u samom fermentoru (*in-situ*), koji još uvek nije zreo (TRL=3-5). Zrela demonstraciona tehnologija (TRL=9) je ona koja koristi izdvojeno postrojenje za metanaciju (*ex-situ*), na samoj lokaciji biometan postrojenja. Postoje tehnološke opcije za biološku i katalitičku metanaciju.

Troškovi proizvodnje i dostupnost vodonika su glavna prepreka za ovu tehnologiju¹, jer su investicioni i operativni troškovi za proizvodnju vodonika visoki. Deo postrojenja za metanaciju ima CAPEX 20-200 €/MWh i OPEX 13 €/MWh. Ukoliko se metanacija integriše na biometan postrojenju, potrebno je da se obezbedi kontinualni rad na projektovanom kapacitetu. Ukoliko se vodonik proizvodi iz obnovljivih izvora (solarne ili vetroelektrane), pogon podrazumeva prekide, te je potrebno da se obezbedi veliko skladište za CO₂.

U biološkoj metanaciji proces se odvija uz pomoć mikroorganizama koje odlikuje niska produktivnost metana, što uzrokuje potrebu za velikom zapreminom reaktora. Energetska efikasnost celog procesa je niska i iznosi 50% do 60% (oko 80% je efikasnost reakcije, a 70% je efikasnost elektrolizera). Katalitička metanacija odvija se uz pomoć metalnog katalizatora na višim temperaturama i pritiscima. Neophodan preduslov je da se uklone nečistoće iz CO₂ koje smanjuju reaktivnost katalizatora i remete proces.

Biometan dobijen metanacijom smatra se sintetičkim metanom, a naziva se još i metan nebiološkog porekla (NBO, *non biological origin*). Udeo raspoloživog biogenog CO₂ koji će se koristiti za proizvodnju sintetičkog (e-goriva) u 2050. godini u EU je oko jedne trećine među ostalim namenama². Preporuka je da se prilikom razmatranja ove tehnologije u dugoročnim potencijalima za biometan ipak ne pretpostavi da će se iskoristiti celokupna količina. Navedeni izvor razmatra sve izvore „uhvaćenog” CO₂. U slučaju postrojenja za biometan logičnije je da se na licu mesta proizvode dodatne količine biometana (ili drugog e-goriva), nego da se biogeni CO₂ transportuje do drugog mesta za druge namene. Postoji

¹ *Biomethane Industrial Partnership (BIP). 2024. Biogenic CO₂: The role of the biomethane industry in satisfying a growing demand. Prepared by Task Force 4.1. https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2024/04/TF4.1_BioCO2-from-biomethane-production_final-report.pdf*

² *Butnar I, Cronin J, Pye S. 2020. Review of Carbon Capture Utilisation and Carbon Capture and Storage in future EU decarbonisation scenarios. Final report prepared for The Carbon Capture and Storage Association. UCL Energy Institute. <https://zeroemissionsplatform.eu/wp-content/uploads/Report-Review-of-CCU-and-CCS-in-future-EU-decarbonisation-scenarios.pdf>*

i ograničenje npr. za prehrambenu industriju zbog čistoće CO₂, koja može da bude obezbeđena kriogenim hlađenjem i proizvodnjom 100% čistog CH₄ i CO₂.

Gasifikacija biomase i metanacija syngas-a

Gasifikacija je postupak proizvodnje gasa iz čvrstog goriva, korišćen prvenstveno da se proizvedu gasovita goriva za domaćinstva iz uglja i treseta. Predstavlja proces nepotpunog sagorevanja (uz nedostatak potrebne količine kiseonika) na visokim temperaturama i pritiscima¹, čiji je produkt gorivi gas ("syngas"). Syngas nadalje može da se koristi u dodatnom procesu sagorevanja ili za proizvodnju drugih energenata. Syngas predstavlja mešavinu komponenti koji su nosioci energije u vidu CO, H₂, CH₄, kao i C₂H₆ i C₃H₈, ali i nečistoće u vidu kondenzibilnog gasa (katran i vodena para) i praškastih materija.

Proces se sastoji od sušenja, termičkog razlaganja, nepotpunog sagorevanja, gasifikacije. Za direktnu gasifikaciju koristi se toplotna energija egzotermne reakcije biomase, dok za indirektnu spoljni izvor. Inovacija za indirektnu gasifikaciju je zagrevanje mikrotalasima i omogućava proizvodnju gasa bez prisustva azota, a prednost procesa je i mogućnost konverzije bilo koje vrste biomase u syngas. U dodatnom procesu metanacije (biološka ili katalitička), potrebno je da se uklone CO₂ i H₂O, kao i prisutne nečistoće.

Za proizvodnju biometana, karakterističan kapacitet je od nekoliko desetina MW do nekoliko stotina MW. TRL iznosi 6-8, što odgovara demonstracionom nivou. Dalji razvoj tehnologije zahteva potvrdu pouzdanosti u kontinualnom i dugotrajnom radu u proizvodnim kapacitetima na industrijskom nivou. Prednosti su da pogodnost za razne vrste goriva i pripadajuće karakteristike, mogućnost izgradnje velikih kapaciteta i dostizanje visokih efikasnosti konverzije biomase. Nedostatak su visoki proizvodni troškovi (preko 100 €/MWh), neusklađenost isplativih kapaciteta gasifikacije (ispod 50 MW) i metanacije (preko 50 MW), niska energetska gustina biomase (visoki logistički troškovi). Tehnološki izazovi su prečišćavanje syngas-a od katrana i doziranje biomase u komore pod pritiskom. Postoji mali broj isporučioaca tehnologije.

Primer koji integriše proces gasifikacije biomase i metanaciju je GoBiGas (*Gothenburg Biogas Gasification*) projekat², najviše odmakao u razvoju. Najvažniji rezultat je razvijena demonstraciona faza koja ima proizvodni kapacitet primarne energije biometana od 20 MW, koristeći šumsku biomasu, dok je preporučeni kapacitet za praksu oko 200 MW. Potrebna količina sirovine iznosi oko 450.000 t suve biomase godišnje. Proizvodni trošak biometana iznosi 60 €/MWh, od čega je 15 €/MWh sirovina.

¹ European Technology and Innovation Platform Bioenergy (ETIP Bioenergy). 2020. Bioenergy Fact Sheet– Biomethane. www.etipbioenergy.eu/images/ETIP_B_Factsheet_Biomethane.pdf

² Thunman H. GoBiGas demonstration – a vital step for a large-scale transition from fossil fuels to advanced biofuels and electrofuels. Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. ISBN: 978-91-88041-15-9. https://research.chalmers.se/publication/503260/file/503260_Fulltext.pdf

Za kratkoročni period (2027. godina) ne preporučuje se primena inovativnih tehnologija za proizvodnju biometana, osim onih koje se već primenjuju u EU i RS, tj. koje su tržišno zrele i dokazane u pogonu u sektorima biogasa i biometana.

Za srednjeročni period (2030. godina) može da se preporučí jedino primena inovativnih tehnologija za predtretman žetvenih ostataka, koji bi se iskoristili kao sirovina za proizvodnju biometana. Integracija tehnologija za predtretman žetvenih ostataka omogućila bi korišćenje sirovina koje imaju nižu cenu u odnosu na energetske bilje, stajnjak i organski otpad. Iako zahteva dodatnu investiciju, operativni trošak za sirovinu značajno bi se snizio i nadomestio potrebno ulaganje. Izbor isporučioaca tehnologije, uslova finansiranja i izvedbe projekta treba pažljivo da se sprovede, da se smanji mogućnost neiskorišćenja projektovanog kapaciteta i ugrožavanja isplativosti investicije.

Za dugoročni period (2050. godina) mogu da se razmotre inovativne tehnologije koje zbog tehnoloških nedostataka, visokih investicionih troškova i niske dostupnosti tehnologije nisu preporučljive za srednjeročni period. Nakon 2030. godine mogu da se razmotre demonstracioni projekti, koji bi promovisali inovativne tehnologije i obezbedile njihovu integraciju. Kriogena tehnologija može da promoviše proizvodnju utečjenog biometana (bio-LNG) za saobraćaj, uz proizvodnju 100% čistog bio-CO₂. Tehnologija metanacije promovisala bi CCU (*Carbon Capture and Utilisation*) tehnologije koje efikasno doprinose procesu dekarbonizacije, kao i proizvodnji e-goriva. Tehnologija gasifikacije u kombinaciji sa metanacijom u Srbiji dugoročno može da obezbedi velike kapacitete za proizvodnju biometana. Međutim, centralizovano postrojenje sa velikim količinama sirovine moguće bi bilo uz organizovanje novih logističkih lanaca ostataka od šumske biomase i potencijalno žetvenih ostataka.

7 Ocena potencijala sirovina za proizvodnju biometana

Pošto u Srbiji za sada ne postoji nijedno postrojenje za proizvodnju biometana, nadalje prikazani potencijal sirovina predstavljaju bilanse relevantne samo za buduća potencijalna postrojenja. Postojeća biogasa postrojenja za dobijanje električne energije imaju već iskorišćeni određeni potencijal sirovina, te je njihova potencijalna rekonstrukcija na postrojenja za biometan nakon isteka PPEE razmotrena kao posebna vrsta potencijala.

Četiri nivoa potencijala su bilansirana za razmatrane sirovine: 1) Teoretski, sastoji se od ukupne količine sirovina; 2) Tehnički, zavisi od mogućnosti prikupljanja, primenjenog logističkog pristupa, dostupnosti, itd; 3) Održivi, uključuje socio-ekonomske i/ili kriterijume za zaštitu životne sredine, koji bi se mogao koristiti i za druge svrhe osim za biometan; 4) Za biometan, utvrđen nakon konkurentne upotrebe za energiju ili za druge namene, koji je realan potencijal ako se donesu odgovarajuće odluke za mobilizaciju razmatranih sirovina.

Potencijali za biometan su definisani za tri vremenska perioda: 2027. godina (kratkoročni); 2030. godina (srednjeročni), 2050. godina (dugoročni). Za svaki period je utvrđeno tri vrste potencijala, primenjujući konzervativni pristup, onaj za očekivane potencijale i optimistički. Dobijeni rezultati su iskorišćeni za analizu nacionalnih ciljeva.

7.1 Stajnjak

Ukupna proizvodnja u Srbiji iznosi 16,70 Mt/god čvrstog stajnjaka i 11,23 Mm³/god tečnog stajnjaka (teoretski potencijal). Potencijal za biometan iznosi 0,29 Mt/god iz čvrstog i 3,17 Mm³/god iz tečnog stajnjaka. Ove i nadalje prikazane brojke predstavljaju stanje preračunato iz statističkih podataka¹ i sprovedenog istraživanja za stajnjak u Srbiji².

Potencijal za biometan obuhvata stajnjak sa farmi sa više od 500 uslovnih grla (UG = životinja mase 500 kg) i količinu stajnjaka koja se koristi na postojećim biogas postrojenjima za proizvodnju električne energije do kraja isteka statusa PPEE. Potencijal je sveden na stajnjak goveda, svinja i živine (brojlara), koji je primenjiv u procesu anaerobne fermentacije. Do sada navedeno, odnosi se na konzervativne potencijale. Očekivani potencijali za kratkoročni period podrazumevaju da se sakupi stajnjak i sa farmi sa brojem životinja od 100 do 500 UG. Optimistični potencijali za kratkoročni period podrazumevaju da se sakupi 50% stajnjaka i sa farmi sa 50 do 100 UG.

Optimistični potencijali za srednjeročni period podrazumevaju da se sakupi 100% stajnjaka i sa farmi sa 50 do 100 UG. Konzervativni potencijali za dugoročni period podrazumevaju da se i 25% stajnjaka sa farmi sa brojem životinja od 20 do 50 UG iskoristi za proizvodnju biometana, za očekivane 50%, a za optimistične 100% ove vrste stajnjaka uz živinski stajnjak nosilja sa farmi preko 100 UG.

Stajnjak predstavlja najvažniju sirovinu koja treba da predstavlja osnovu za formiranje biometan sektora, najviše iz razloga jer osigurava održivost proizvodnje kroz uštedu GHG emisija. Detaljniji opis ovog aspekta dat je u potpoglavlju 4.2. Stanje u sektoru stočarstva RS je vrlo nepovoljno, a rezultat poslednjeg Popisa poljoprivrede pokazuje da je došlo do smanjenja stočnog fonda: goveda 18%, svinje 31%, živina 5%. Iako se smanjenje odnosi na farme najmanje veličine koje većinom nisu razmotrene u ovom bilansu potencijala, svakako će uticati na mogućnost mobilizacije stajnjaka ubuduće.

¹ Republički zavod za statistiku (RZS). 2021. Anketna o strukturi poljoprivrednih gazdinstava, 2018. Lična komunikacija.

² Viskovic M, Djatkov Dj, Nesterovic A, Martinov M, Cvetkovic S. 2022. Stajnjak u Srbiji – količine i emisije gasova s efektom staklene bašte. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)* 67(1): 29-46. <https://doi.org/10.2298/JAS2201029V>

7.2 Energetsko bilje

Analiza potencijala energetskog bilja zasniva se na silaži kukuruza, koje ima najviši prinos energije po jediničnoj površini poljoprivrednog zemljišta, uz dobro uspostavljen proizvodni i logistički lanac. Pretpostavka za konzervativni potencijal je da se 40% udela suve materije iz silaže kukuruza koristi u mešavini sa stajnjakom (pristup ograničenja primenjen za postojeća biogas postrojenja u Srbiji). Za očekivane potencijale, pretpostavka je 45% udela suve materije, dok za optimistične potencijale 50%. Analiza podataka Statističkog zavoda Srbije¹ u narednoj tabeli prikazuje podatke o površinama zemljišta u Srbiji i Vojvodini (ukupno, poljoprivredno korišćeno i nekorišćeno). Prema kratkoročnom konzervativnom cilju bilo bi potrebno od 0,4%-0,6%, a prema dugoročnom optimističkom cilju 3,2%-4,5% korišćenog poljoprivrednog zemljišta u Srbiji. Navedene vrednosti za dugoročne ciljeve bi se proporcionalno uvećale ukoliko se razmotri uticaj klimatskih promena na smanjenje očekivanih prinosa u 2050%.

Tabela 10: Zemljište u Srbiji i Vojvodini¹

| Vrsta zemljišta | Srbija, ha | Vojvodina, ha |
|----------------------------|------------|---------------|
| Ukupno dostupno | 5,178.692 | 1,983.154 |
| Korišćeno poljoprivredno | 3,475.894 | 1,574.366 |
| Nekorišćeno poljoprivredno | 289.953 | 64.643 |

7.3 Drugi usev

Potencijali iz drugog useva podrazumevaju proizvodnju tritikale i raži na istoj poljoprivrednoj površini kao i silaža kukuruza. Pri tome, na polovini površine na kojoj je zastupljena silaža kukuruza bi se uzgajala raž, a na drugoj tritikala. Raž i tritikala su se pokazali kao dobra praksa za postojeća biogas postrojenja u Srbiji. Princip je da se koristi ista poljoprivredna površina, ostvaruju se niži troškovi proizvodnje, ali su niži i prinosi zelene mase i niži prinosi biogasa. Korišćeni pristup razmatra da će drugi usev proizvoditi poljoprivrednici koji već proizvode silažu kukuruza koja je namenjena za proizvodnju biometana. Druge ratarske kulture, kao što je sirak, nisu razmatrane, jer je dosadašnja praksa u Srbiji na biogas postrojenjima pokazala da uzrokuje procesne probleme kao što je formiranje kore u fermentorima i vlasnici se sve ređe odlučuju za ovu sirovinu.

7.4 Žetveni ostaci

Žetveni ostaci (poljoprivredna biomasa) najvažniji su potencijal biomase u Srbiji, a naročito u Vojvodini koja je poljoprivredni region. Međutim, korišćenje lignocelulozne biomase u procesu anaerobne fermentacije zahteva energetski intenzivnu i skupu tehnologiju za predtretman. Ukupni potencijal definisan je na osnovu roda ratarskih kultura i podacima iz literature koji omogućavaju preračunavanje mase ostataka na osnovu mase zrna²³. Tehnički je količina koja može da se sakupi sa polja, razmatrajući gubitke i karakteristike ostatka (sadržaj vlage, zaprljanost)⁴. Održivi potencijal je količina koja može da se ukloni sa polja, bez negativnog uticaja na plodnost zemljišta. Primenjen je koeficijent od 40% udela u odnosu na teoretski.

¹ Republički zavod za statistiku (RZS). 2023. <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/1300020201?languageCode=sr-Latn>

² Republički zavod za statistiku (RZS). 2020. Baza podataka republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije. <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/130102?languageCode=en-US>

³ Scarlat N, Martinov M, Dallemand J.F. 2010. Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: potential and limitations for bioenergy use. *Waste management*, 30(10), 1889-1897.

⁴ Martinov M, Djatkov Dj, Viskovic M. 2019. Potentials of crops residues – A case study for the province Vojvodina. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 70, 181-188.

Potencijal za biometan iz žetvenih ostataka je za region Vojvodine i Beograda sa farmi sa minimum 5 ha, dok za ostale regione sa farmi sa minimum 10 ha. Za kukuruzovinu su razmatrani samo rani hibridi (FAO grupe 100-400), da se osigura sakupljanje ostatka sa niskim sadržajem vlage i uzročno niskim zaprljanjem zemljom. Takođe, sprovedena je alokacija žetvenih ostataka za druge namene ubuduće, uključujući i već iskorišćene količine. To je prostirka u stočarstvu 615.000 t/god suve pšenične slame¹, 60.000 t/god suve pšenične i 140.000 t/god suve mase sojine slame za grejanje domaćinstava. Kompetitivna namena je i proizvodnja biogoriva iz lignocelulozne biomase, u vidu fabrike bioetanola koja koristi 150.000 t/god suve pšenične slame i 100.000 t/god suve kukuruzovine. Definisani konzervativni potencijal žetvenih ostataka rezultira pokazateljem da navedena količina treba da se sakupi s oko 5% do 10% poljoprivrednog zemljišta u Srbiji.

Očekivani potencijali za kratkoročni period podrazumevaju da se neće izgraditi postrojenje za proizvodnju lignoceluloznog bioetanola, te da u godišnji potencijal može da se uvrsti prethodno navedena količina. Optimistični potencijali za kratkoročni period podrazumevaju da se iskoristi i količina ostataka koja se koristi za grejanje domaćinstava.

Potencijali za srednjeročni period podrazumevaju da se prinos biljnih vrsta (i zrna i žetvenih ostataka) smanji za 10%, zbog uticaja klimatskih katastrofa (suša, nevreme). Ovaj aspekt već ima uticaja na poljoprivrednu proizvodnju i preporuka je da se svakako razmatra za budućnost. Unapređenje proizvodnje u smislu navodnjavanja kukuruza se ne očekuje masovno, koje bi moglo da nadomesti razmatrani gubitak. Ni unapređeni postupak sakupljanja ne može da nadomesti razmatrani gubitak jer ne postoji više raspoložive biomase koja sme da se odnese sa polja jer postoji ograničenje zbog održavanje plodnosti zemljišta, kao i sprečavanja erozije. Potencijali za dugoročni period podrazumevaju da se zbog uticaja klimatskih katastrofa prinos biljnih vrsta smanji za 30%.

7.5 Deponijski gas

Prilikom analize potencijala za produkciju biometana sa deponija komunalnog otpada postavljeni su minimalni ekonomski i tehnički kriterijumi. Analizirane su deponije na kojima je moguće ekstrakcija najmanje 125 Nm³CH₄/h, odnosno 250 Nm³/h deponijskog gasa (ekvivalentno kogenerativnom postrojenju od oko 500 kW_e). U analizama je primenjen i definisani zahtev u Programu upravljanja otpadom², da se smanji odlaganje biorazgradivog otpada na deponije (na 75% do 2028, 50% do 2032. i za 65% do 2039. u odnosu na referentu količinu iz 2008). Kada se ovaj propis primeni, uticaće na smanjenje produkcije metana na deponijama. Korišćeni su podaci Nacionalnog registra izvora zagađivanja pri Agenciji za zaštitu životne sredine, koji se odnose na nivo generisanje otpada u opštinama i gradovima RS, kao i podaci Programa upravljanja otpadom³. Proračun je sproveden korišćenjem softvera „Central-Eastern Europe GMI Landfill Gas Model“, na bazi podataka iz nacionalnog registra podataka o upravljanju otpadom u opštinama i regionima Srbije. U periodu do 2027. godine razmatrane su aktivne sanitarne deponije, kao i nesantarne (smetlišta) u Novom Sadu i Nišu za koje se očekuje zatvaranje i sanacija. Iako ispunjavaju tehničke uslove, nije očekivano da će se na njima graditi sistemi za sakupljanje i iskorišćenje deponijskog gasa. U periodu do 2030. godine očekuje se da će veći broj deponija ispuniti minimalne kriterijume, pa je i potencijal za produkciju biometana veći. Analiza obuhvata i opcije smanjenja odlaganja dela biorazgradivog otpada prema ciljevima Programa upravljanja otpadom. U periodu do 2050. godine očekuje se puna primena zahteva za

¹ Viskovic M, Djatkov Dj, Nesterovic A, Martinov M, Cvetkovic S. 2022. Stajnjak u Srbiji – količine i emisije gasova s efektom staklene bašte. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)* 67(1): 29-46. <https://doi.org/10.2298/JAS2201029V>

² Vlada Republike Srbije. 2022. Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022 – 2031. godine. Službeni glasnik RS 30/18. www.srda.rs/wp-content/uploads/2022/02/Program-upravljanja-otpadom-u-Republici-Srbiji-za-period-2022-2031.-godine.pdf

³ Program upravljanja otpadom u RS za period 2022-2031. godina ("Sl. glasnik RS", br. 12/2022).

smanjenje odlaganja, što će rezultirati dodatnim smanjenjem broja deponija koje će ispunjavati minimalne ekonomske kriterijume za produkciju biometana.

7.6 Kanalizacioni mulj

Potencijal za biogas u 2020. godini ocenjen je da bi bio 6.8 MW_e (14 MNm³CH₄/god), a posle 2020. godine 8.2 MW_e (17 MNm³CH₄/god)¹. Oko 308 Mm³ (74% iz domaćinstava) otpadnih voda ispuštaju se u kanalizacioni sistem Srbije², a tretira se samo oko 19% otpadnih voda (2% primarno, 10% sekundarno, 7% tercijarno). Ukupna proizvodnja mulja na postojećim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda je procenjena na 11.000–15.000 t_{SM}/god (suve materije), u skladu sa Specifičnim planom za Implementaciju *EU Directive 91/271/EES za komunalne otpadne vode*. PPOV u Srbiji uglavnom upravljaju javna preduzeća, a time i muljem.

Tabela 11: Planirana nova postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Srbiji³

| Kapacitet | Broj 2018.-2032. | Broj 2033.-2044. | Populacija (miliona ES) |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| ES > 150.000 | 4 | | 2,74 |
| 50.000 < ES ≤ 150.000 | 12 | | 1,58 |
| 15.000 < ES ≤ 50.000 | 49 | | 1,37 |
| 10.000 < ES ≤ 15.000 | | 19 | 0,25 |
| 2.000 < ES ≤ 10.000 | | 255 | 1,18 |
| ES < 2.000 | | 19 | 0,03 |
| Ukupno | 65 | 293 | 7,15 |

ES: ekvivalent stanovnika.

Teoretski potencijal relevantan je za ukupan iznos ekvivalent stanovnika u Srbiji (7,15 miliona ES = 37,0 kten), na osnovu **Tabele 11**. Tehnički potencijal je određen za ona postrojenja koja pokrivaju minimum 10.000 ES, a održivi za minimum 50.000 ES. Potencijal za biometan određene je na osnovu pretpostavke da bi se biometan proizvodio samo na najvećim postrojenjima kojih ima četiri (2,74 miliona ES = 14,2 kten). Pri tome, razmatra se mogućnost ukрупnjavanja postrojenja za anaerobnu stabilizaciju mulja koji bi se sakupio sa više pojedinačnih PPOV. Takođe, generalni pristup za razmatranje proizvodnje biometana iz kanizacionog mulja je da uspostavljena praksa da se proizvedeni biogas sa ovakvih postrojenja iskoristi za sopstvene energetske potrebe, električne i toplotne, za „liniju vode” (PPOV) i „liniju mulja” (biogas postrojenje).

Za kratkoročni period je pretpostavka da nije moguće da se izgrade nova PPOV na kojima bi se generisao mulj, koji bi mogao da se iskoristi kao sirovina za proizvodnju biometana. Konzervativni potencijali i očekivani potencijali podrazumevaju da se na postojećim PPOV proizvedeni biogas koristi u kogeneraciji za obezbeđenje sopstvenih energetskih potreba postrojenja. Za optimistične potencijale je usvojeno da će postojeće postrojenje u Subotici da se preorijentiše na demonstracionu proizvodnju biometana.

Za srednjeročni period pretpostavka je da će se izgraditi PPOV sa više od 150.000 ES. Optimistični potencijali podrazumevaju da će se sva najveća PPOV u kombinaciji sa „linijom mulja” ukupnog kapaciteta 2.740 kES nameniti za proizvodnju biometana. Za dugoročni period je pretpostavka da će se izgraditi sva planirana PPOV. Optimistični potencijali

¹ Martinov M, Scarlet N, Djatkov Dj, Dallemand J.F, Viskovic M, Zezeji B. 2020. Assessing sustainable biogas potentials - case study for Serbia. *Biomass Conversion and Biorefinery* 10(2): 367-381. doi.org/10.1007/s13399-019-00495-1

² Statistical Office of the Republic of Serbia (RZS). 2023b. Baza podataka republički zavod za statistiku Republike Srbije. <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010306?languageCode=sr-Cyrl>

³ Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede (MPŠV). 2021. Plan upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije za period 2021. do 2027. godine. https://rdvode.gov.rs/doc/Predlog_Plana_upravljanja_%202021-2027-01112021.pdf

podrazumeva izgradnju „linije mulja” na postrojenjima preko 50.000 ES, a sa onih preko 10.000 ES mulj bi se sakupljao centralizovano i tretirao na „liniji mulja”.

7.7 Klanični otpad

Osnova za određivanje potencijala je prethodno istraživanje autora ove studije¹, koje je prilagođeno i preračunato za proizvodnju biometana. Do sada se u Srbiji klanični otpad koristi samo na jednom biogas postrojenju, u količini oko 3.000 t/god. Prema tome, praktično celokupna količina klaničnog otpada mogla bi da se koristi u budućnosti na postrojenjima za proizvodnju biometana i iznosi 10,3 MNm³/god ili 8,8 kten. To predstavlja objedinjeni i teoretski, tehnički, održivi i potencijal za biometan. Sva tri vremenska roka posmatraju se podjednako, pod pretpostavkom da se količina klaničnog otpada neće menjati tokom vremena. Konzervativni potencijali podrazumevaju da će se 25% potencijala klaničnog otpada iskoristiti za proizvodnju biometana, očekivani potencijali 50% i optimistični potencijali 75%. Preostali deo klaničnog otpada bi se zbrinuo na alternativne načine.

7.8 Kuhinjski otpad iz komercijalnog (HORECA) sektora

U cilju ispunjavanja zahteva za smanjenje odlaganja biorazgradivog otpada na deponije, posebna pažnja biće usmerena na smanjenje deponovanja otpada hrane koji dominira kao biorazgradiva frakcija. Nalaže se odvojeno sakupljanje otpada od hrane i upućivanje na biološke tretmane poput AF i kompostiranja, čime će se istovremeno smanjivati količina deponovanog otpada i potencijal deponija za produkciju metana, ali i stvarati mogućnosti za produkciju istog iz procesa AF.

Ukupna količina generisanog otpada od hrane na nivou Srbije procenjuje se na oko 900.000 t/god. Iako do sada nisu sprovedena sveobuhvatna merenja u cilju određivanja učešća različitih izvora otpada od hrane u ukupnim količinama, analizom dostupnih podataka, tj. sektorskih studija dobijeni su sledeći podaci. Komercijalni sektor u ukupnoj produkciji otpada od hrane učestvuje sa 48% (432.000 t/god), od čega prehrambena industrija generiše 29% (261.000 t/god), HORECA sektor 12% (108.000 t/god) i trgovine 7% (63.000 t/god)²³⁴. Oko 170.000 t/god otpada iz prehrambene industrije se već zbrine na osnovu analize koja je sprovedena u okviru Poglavlja 2 (podaci o sektoru biogasa i postojećim biogas postrojenjima). Glavna pretpostavka za određivanje potencijala za tri vremenska roka je da će većina ovakve vrste organskog otpada biti zbrinuta procesom AF, tj. u proizvodnji biometana, kao i da će doći do povećanog generisanja ubuduće.

7.9 KBO– Komunalni biorazgradivi otpad

Program upravljanja otpadom⁵ nalaže postepeno smanjenje odlaganja biorazgradivog otpada na deponije i njegovo preusmeravanja na druge oblike tretmana i iskorišćenja u cilju smanjenja emisija GHG i racionalnijeg korišćenja prirodnih resursa. Domaćinstva u Srbiji su najveći generator komunalnog biorazgradivog otpada, posebno u domenu bio-otpada, tj. otpada od hrane. Procenjuje se da domaćinstva trenutno generišu 468.000 t/god otpada od hrane. Jedan od glavnih problema za iskorišćenje ove frakcije je činjenica da se u Srbiji ne

¹ Martinov M, Scarlet N, Djatkov Dj, Dallemand J.F, Viskovic M, Zezelj B. 2020. Assessing sustainable biogas potentials - case study for Serbia. *Biomass Conversion and Biorefinery* 10(2): 367-381. doi.org/10.1007/s13399-019-00495-1

² Anonim. 2021. *Merenje količine i morfološkog sastava otpada od hrane iz domaćinstava u Beogradu*. Izdavač: Centar za unapređenje životne sredine, Beograd. ISBN 978-86-82252-00-9.

³ Centar izvrsnosti za cirkularnu ekonomiju i klimatske promene. 2020. *Upravljanje viškovima i otpadom od hrane*. Finansirao GIZ, Novembar 2020.

⁴ NALED. 2019. *Analiza sistema upravljanja otpadom od hrane u Republici Srbiji*. https://naled.rs/htdocs/Files/04672/Analiza_Otpada_od_hrane.pdf

⁵ Vlada Republike Srbije. 2022. *Program upravljanja otpadom u Republici Srbiji za period 2022 – 2031. godine*. Službeni glasnik RS 30/18. www.srda.rs/wp-content/uploads/2022/02/Program-upravljanja-otpodom-u-Republici-Srbiji-za-period-2022-2031.-godine.pdf

sprovodi primarna separacija otpada u domaćinstvima. Takođe nije uspostavljen logistički sistem za odvojeno sakupljanje, logistiku i zbrinjavanje.

Teoretski potencijal je ukupni biorazgradivi za 2030. godinu i iznosi 2,061.251 t, dok je tehnički vrednost zasnovana je na proceni da je moguće sakupiti 80% bio-otpada, 30% papira i kartona, 20% zelenog otpada i 30% ostalog biorazgradivog otpada što u zbiru iznosi 1,211,908 t. Navedena količina već podrazumeva promenu broja stanovnika i kompostiranje određenog udela u domaćinstvima. Održivi potencijal je količina koja neće smeti da se deponuje u 2030. godini i iznosi 801.263 t, što je 50% ukupne količine biorazgradivog otpada u referentnoj 2008. godini. Potencijal za biometan je pretpostavljen kao preostala količina nakon iskorišćenja 340,000 t (40% biorazgradivi frakcija koja bi mogla da se predvidi za anaerobnu stabilizaciju i proizvodnju biometana) koja će se spaliti na postrojenju za insineraciju u Vinči (30 MW_e i 56.5 MW_t za daljinsko grejanje). Dodatna pretpostavka je da je već značajan deo ove vrste otpada usmeren na kompostiranje.

7.10 Biometan sa rekonstruisanih biogas postrojenja

Postojeća biogas postrojenja koja su u statusu PPEE predstavljaju infrastrukturu na kojoj se zbrinjavaju organski otpad i nusproizvodi, pri čemu su logistički lanci razrađeni i uspostavljena je dobra praksa u tome, a takođe i u korišćenju tehnologije. Prema tome, nakon isteka perioda PPEE, pretpostavka je da bi većina vlasnika biogas postrojenja bilo zainteresovano da rekonstruiše sopstveno biogas postrojenje na postrojenje za proizvodnju biometana. Realizacija toga zavisila bi od više faktora, kao što su isplativost, pogodnost postojećeg kapaciteta, uslovi za priključenje na mrežu prirodnog gasa, mogućnost plasmana biometana na tržište uz odgovarajuću finansijsku nadoknadu. Osnovu za bilansiranje potencijala predstavljaju podaci iz Poglavlja 2, koji se odnose na biogas postrojenja koja su radila u toku 2023. godine, pri čemu je dodatno pretpostavljeno da su se i da će se izgraditi dodatni kapaciteti od početka 2024. godine i ubuduće.

Za kratkoročni period može da se računa biogas na postrojenja kojima će do 2027. godine isteći status PPEE i imaju ukupnu instaliranu električnu snagu od 1,6 MW_e, za srednjeročni period 11,2 MW_e, a za dugoročni 34,8 MW_e. Pretpostavka je da će se nakon početka 2024. godine instalirati dodatnih maksimalno 30 MW_e, koja bi uključivala ona koja se izgrade za status PPEE sa FiT za električnu energiju, po novom sistemu za cenu električne energije na aukcijama, kao i projekti koji su dobili status PPPEE i nikad nisu realizovana za proizvodnju biogasa za kogeneraciju i ostvariće se kao postrojenja za proizvodnju biometana. Prema tome, biogas postrojenja kojima bi istekao status PPEE do 2050. godine iznosi ukupno 64,8 MW_e.

Konzervativni potencijali podrazumevaju da se iskoristi 30% kapaciteta za srednjeročni i dugoročni period, dok je za kratkoročni to prvo izgrađeno postrojenje u RS snage 635 kW_e. Očekivani potencijali podrazumevaju da se iskoristi 50% kapaciteta, a optimistični 70%.

7.11 Biogeni CO₂ kao izvor za metanaciju

U okviru Poglavlja 6, prikazane su tehnologije koje omogućavaju proizvodnju dodatne količine biometana iz biogenog CO₂ (bioCO₂), koji praktično potiče iz biometana, tj. dobijen prečišćavanjem biogasa kad se većinom razdvajaju CO₂ i CH₄. Biometan dobijen metanacijom smatra se sintetičkim metanom, a naziva se još i e-gorivo ili NBO gorivo. Ova vrsta goriva će u budućnosti dobiti na značaju, što pokazuje i da u okviru REDIII minimalni udeo energije iz svih vrsta NBO goriva u sektoru saobraćaja treba da bude 2,6%, a u okviru RePowerEU minimalno 5,7%. Nije očekivano da će se iskoristiti celokupna količina dobijenog bioCO₂ iz prethodno navedenih sirovina jedino za proizvodnju sintetičkog metana, već samo deo, dok preostali za druge namene. Primena ove tehnologije nije izvesna u

kratkom roku u Srbiji. U periodu do 2030. godine mogućnost postoji jedino za demonstracione projekte, koji nisu izvesni i doprinos u ukupnim potencijalima bi bio nizak ili čak zanemariv, nije se uvrstio ovaj potencijal. Mogućnost proizvodnje biometana nebiološkog porekla razmotrena je jedino za dugoročni period. Konzervativni potencijali za 2050. godinu podrazumevaju da se iskoristi 10% nastalog biometana iz svih ostalih potencijala do sada navedenih izvora, očekivani 30%, a optimistični 50%.

7.12 Šumska biomasa

Prema Nacrtu Strategije razvoja energetike RS¹, procena tehničkog potencijala drvne (šumske) biomase je 1.668 kten. Pod pretpostavkom da je trećina neiskorišćeni potencijal, to iznosi oko 556 kten za 2050. godinu, a održivi potencijal predstavlja istu vrednost kao i tehnički. Za biogoriva uzeta je vrednost od oko 30% održivog potencijala, jer drvna biomasa može da se koristi i kao čvrsto gorivo za grejanje, ali i generisanje električne energije, koj su smatrani za konkurentne namene.

Nadalje prikazani rezultati dobijeni su primenom principa prikazanih u okviru Poglavlja 6 u vezi inovativnih tehnologija. Konzervativni potencijali podrazumevaju da se neće izgraditi postrojenje za gasifikaciju šumske biomase i metanaciju *syngas*-a. Očekivani potencijali podrazumevaju da će se izgraditi postrojenje snage 100 MW izraženo kroz primarnu energiju biometana, što bi zahtevalo oko 225.000 t suve biomase godišnje (97 kten, pod pretpostavkom da je donja toplotna moć apsolutno suve šumske biomase oko 5 MWh/t). Ovo bi predstavljalo polovinu preporučenog kapaciteta navedene tehnologije, ali je pretpostavka da će se do 2050. godine sniziti CAPEX. Optimistični potencijali podrazumevaju da će se izgraditi postrojenje snage 200 MW izraženo kroz primarnu energiju biometana, a analogno bi bilo potrebno 450.000 t suve biomase godišnje (193 kten). Ovo upravo predstavlja postrojenje preporučenog kapaciteta. Iako potrebna količina šumske biomase prevazilazi održivi potencijal, pretpostavka je da će se organizovati dodatni logistički lanci da se sakupi otpadna šumska biomasa.

7.13 UKUPNI POTENCIJALI

Matrica rezultata analiziranih potencijala za tri vremenska roka i korišćenjem tri različita pristupa, prikazana je u **Tabela 12**. Rezultati potencijala dati su korišćenjem više energetske jedinice i proračunati su na osnovu vrednosti GTM. Takođe, prikazani su i efekti potencijala biometana u odnosu na mogućnost zamene PG (finalna potrošnja, uvoz, ukupna domaća potrošnja).

Primer razvrstavanja optimističnih potencijala prema sirovinama u okviru REDII direktive prikazan je u **Tabela 13**. Biometan proizveden iz silaže kukuruza se klasifikuje kao nenapredni. Nasuprot tome, svi ostali udeli potencijala biometana potiču iz sirovina koje se nalaze na listi A ili liste B iz Aneksa IX REDII direktive. Biometan sa ove dve liste predstavlja napredni i ima mogućnost da se računa duplo (obračun sa multiplikatorom), ukoliko se iskoristi u sektoru saobraćaja. Ograničenja i zahtevi za udeo u ukupnoj energiji u sektoru saobraćaja su: nenapredni najviše 7%, napredni lista A najmanje 3,5%, lista B najviše 1,7%.

¹ Nacrt Strategije razvoja energetike RS za period do 2040. godine sa projekcijama do 2050. godine

Tabela 12: Potencijali biometana– pregled i efekti zamene PG

| Konzervativni | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| Jedinica | Kratkoročni 2027. godina | Srednjeročni 2030. godina | Dugoročni 2050. godina |
| MStm ³ /god | 415 | 560 | 741 |
| MNm ³ /god | 393 | 531 | 702 |
| TJ _{GTM} /god | 15.656 | 21.138 | 27.970 |
| GWh _{GTM} /god | 4.349 | 5.872 | 7.769 |
| kten _{GTM} /god | 374 | 505 | 668 |
| % finalne potrošnje PG* | 40,6 | 47,9 | 52,4 |
| % uvoza PG* | 15,5 | 18,9 | 24,1 |
| % domaće potrošnje PG* | 13,4 | 16,6 | 23,4 |
| Očekivani | | | |
| Jedinica | Kratkoročni 2027. godina | Srednjeročni 2030. godina | Dugoročni 2050. godina |
| MStm ³ /god | 696 | 798 | 1.459 |
| MNm ³ /god | 660 | 756 | 1.383 |
| TJ _{GTM} /god | 26.259 | 30.111 | 55.072 |
| GWh _{GTM} /god | 7.294 | 8.364 | 15.298 |
| kten _{GTM} /god | 627 | 719 | 1.315 |
| % finalne potrošnje PG* | 68,2 | 68,2 | 103,2 |
| % uvoza PG* | 26,0 | 26,9 | 47,5 |
| % domaće potrošnje PG* | 22,4 | 23,7 | 46,2 |
| Optimistični | | | |
| Jedinica | Kratkoročni 2027. godina | Srednjeročni 2030. godina | Dugoročni 2050. godina |
| MStm ³ /god | 924 | 1.064 | 2.770 |
| MNm ³ /god | 876 | 1.008 | 2.626 |
| TJ _{GTM} /god | 34.860 | 40.089 | 104.338 |
| GWh _{GTM} /god | 9.683 | 11.136 | 28.983 |
| kten _{GTM} /god | 833 | 958 | 2.492 |
| % finalne potrošnje PG* | 90,5 | 104,1 | 195,6 |
| % uvoza PG* | 34,5 | 35,8 | 90,1 |
| % domaće potrošnje PG* | 29,8 | 31,6 | 87,5 |

ekv-MW_e: ekvivalent proizvodnje biometana izražen u ekvivalentnoj električnoj snazi u kogenerativnim gasnim motorima; MNm³: miliona (10⁶) normalnih metara kubnih; MStm³: miliona standardnih metara kubnih; GTM: gornja toplotna moć (proračun sprovedene na bazi GTM biometana); TJ: tera (10¹²) džula; GWh: giga (10⁹) vat časova; kten: kilo (10³) tona ekvivalentne nafte (toe = ton oil equivalent); *: energetski pokazatelji iz projekcije INEKP-a za scenario S.

Tabela 13: Optimistični potencijali– razvrstavanje prema REDII (Annex A/B)

| Sirovina/Izvor | % u 2027. | % u 2030. | % u 2050. | Vrsta | Komentar |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|--------|--|
| Energetsko bilje | 28,6 | 29,4 | 22,3 | - | Nenapredni za saobraćaj |
| BGP 1G* | 0,05 | 0,5 | 1,2 | | |
| Stajnjak | 17,9 | 18,4 | 14,0 | A | Napredni za saobraćaj, računa se duplo |
| Drugi usev | 13,2 | 13,5 | 10,3 | | |
| Žetveni ostaci | 35,7 | 28,3 | 8,7 | | |
| Deponijski gas | 2,4 | 4,3 | 0,8 | | |
| Kanalizacioni mulj | 0,04 | 1,5 | 1,2 | | |
| Šumska biomasa | 0,0 | 0,0 | 5,6 | | |
| Kuhinjski otpad | 0,6 | 1,0 | 0,9 | | |
| KBO | 0,5 | 1,2 | 1,0 | | |
| BGP 2G-A* | 0,1 | 1,0 | 2,2 | | |
| BGP 2G-B* | ~0 | 0,03 | 0,1 | | |
| Klanični otpad | 0,9 | 0,8 | 0,3 | e-fuel | Napredni za saobraćaj, računa se duplo |
| Bio-CO ₂ | 0,0 | 0,0 | 31,5 | | |

BGP: postojeća biogas postrojenja za rekonstrukciju na biometan; KBO: komunalni biorazgrađivi otpad; *: dobijeno preračunavanjem korišćenih sirovina za proizvodnju biogasa u postojećim biogas postrojenjima na osnovu godišnjih izveštaja; e-fuel: sintetičko gorivo ili e-gorivo (dobijeno iz električne energije, pretežno za vodonik koji se koristi u metanaciji).

Konzervativni potencijali za proizvodnju biometana za kratkoročni period (2027. godina) skoro u potpunosti (95%) su omogućeni sirovinama iz poljoprivrede (stajnjak, energetske bilje, drugi usevi, žetveni ostaci). Iako skoro polovinu čine žetveni ostaci (47%), ovaj potencijal treba prihvatiti s rezervom zbog tehnološkog ograničenja detaljno opisanog u Poglavlju 7. Razlog za nizak udeo potencijala biometana iz otpada je u nedovoljnoj zastupljenosti odgovarajućih logističkih lanaca, neodgovarajuće infrastrukture i jasnih strategija za energetske iskorišćenje. Za značajniju mogućnost iskorišćenja otpada za proizvodnju biometana, potrebna je među-sektoralna strategija i saradnja državne uprave iz sektora energetike i životne sredine. Potencijal biometana može da zameni 40-90% finalne potrošnje, 16-35% uvoza, i 13-30% ukupne domaće potrošnje prirodnog gasa u 2027. godini, u zavisnosti od primenjenog pristupa bilansiranja.

Optimistični potencijali za proizvodnju biometana za dugoročni period (2050. godina) maksimizuju iskorišćenje otpada koji bi učestvovao sa 45% u ukupnim potencijalima uz sirovine iz poljoprivrede sa 55%. Postrojenja za proizvodnju biometana iz otpada bi se izgradila na lokacijama gde je izvor ove vrste otpada značajan (veći gradovi), uz pretpostavku da se otpad neće zbrinuti konkurentnim postupcima (insineracija, kompostiranje) ili za deponijski gas iskorišćenjem u kogeneraciji. Najveći udeo iz otpada predstavlja biometan proizveden tehnologijom metanacije biogenog CO₂ (detalji u Poglavlju 6). Takođe, doprinela bi i inovativna tehnologija gasifikacije šumske biomase i potencijalno žetvenih ostataka u kombinaciji sa metanacijom, koja ipak ima nedostatak nemogućnosti vraćanja organskih hraniva iz biomase nakon procesa na poljoprivredno zemljište. Potencijal biometana može da zameni 50-200% finalne potrošnje, 24-48% uvoza, i 23-88% ukupne domaće potrošnje prirodnog gasa u 2050. godini.

Definisani potencijali će se, prema usvojenoj metodologiji iz priručnika za razvoj nacionalnih strategija za biometan¹, iskoristiti za predlog nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana, uz razmatranje mogućnosti mobilizacije potencijala iz određene sirovine, primenom tehnoloških ograničenja, udela sirovina za ispunjenje kriterijuma uštede GHG emisija, itd.

¹ Emprin L, Toop G, Yordanova S, Alberici S, Cihlar J. 2022. *Manual for National Biomethane Strategies*. Guidehouse Netherlands B.V., Utrecht. https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2023/12/2022-Manual-for-National-Biomethane-Strategies_Gas-for-Climate.pdf

8 Predlog nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana

Predlog nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana u RS elaborirani su za tri definisana vremenska roka– 2027. godina (kratkoročni), 2030. godina (srednjeročni), 2050. godina (dugoročni). U zavisnosti od roka, u obzir su uzeti potencijali za proizvodnju biometana definisani konzervativnim, očekivanim ili optimističnim pristupom. To znači da je za bliže vremenske rokove razmotrena mogućnost iskorišćenja udela potencijala određenih konzervativnim pristupom, jer se ne smatra da će do 2030. ili 2050. godine doći do značajne promene dostupnosti određenih vrsta sirovina. Stoga, za dalje vremenske rokove razmotreno je iskorišćenje udela potencijala dobijenih očekivanim i optimističkim pristupima, kada se očekuje i veća mobilizacija sirovina, kao i primena inovativnih tehnologija.

Kratkoročni cilj (2027. godina)

baziran je prvenstveno na mogućnostima delimičnog iskorišćenja postojećih kapaciteta za proizvodnju biogasa koji se koristi za generisanje električne energije. Postojeća biogas postrojenja mogu ukupno da doprinesu sa **18,6 kten**. Potreban vremenski rok da bi se biogas postrojenje rekonstruisalo na postrojenje za proizvodnju biometana iznosi do godinu i po dana. To obuhvata ukupno vreme za prikupljanje ponuda, odabir tehnologije i izvođača, kao i sanaciju i rekonstrukciju. Ukoliko se vlasnici postrojenja na vreme odluče i definišu neophodni preduslovi, priprema može da počne i pre isteka statusa PPEE, čime bi se značajno uštedelo na vremenu i omogućila spremnost kapaciteta za proizvodnju biometana za 2027. godinu.

Za nova postrojenja za biometan iskorišćenjem dostupnih potencijala sirovina u kratkom roku, uzimajući u obzir i tehnološka ograničenja za žetvene ostatke, moguće je računati na ukupno **13,3 kten**. Na njima bi se koristile sirovine u vidu stajnjaka, energetskog bilja, druge setve, žetvenih ostataka, kao i kuhinjskog otpada (HORECA sektor). Do 2027. godine ne predviđa se cilj za proizvodnju biometana iz klaničnog otpada, kanalizacionog mulja niti komunalnog biorazgradivog otpada. Organski otpad iz prehrambene industrije, pogodnog kvaliteta i forme, već se nalazi u vrednosnom lancu za proizvodnju biogasa u Srbiji, pa je njegovo korišćenje predviđeno kroz logističke lance za postojeća biogas postrojenja koja bi se rekonstruisala na proizvodnju biometana.

Udeli sirovina u **Tabela 14** zadovoljavaju preporučeni minimalni maseni udeo suve materije stajnjaka od 50% u mešavini svih sirovina, i obezbeđuju ispunjenje kriterijuma za uštedu emisija GHG. Jedino biometan proizveden iz energetskog bilja predstavlja nenapredni biometan. Svi ostali udeli biometana, potiču iz sirovina koji se nalaze na listi A iz Aneksa IX u okviru REDII¹ direktive, te predstavljaju napredni biometan i imaju mogućnost da se računaju duplo (obračun sa multiplikatorom), ukoliko se iskoriste u sektoru saobraćaja.

Tabela 14: Predlog nacionalnog cilja za biometan za 2027. godinu (nova postrojenja)

| Sirovina | Količina SM, kt/god | Energija, kten | Energetski udeo, % | Vrsta, REDII |
|------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------|
| Stajnjak | 29,2 | 6,2 | 46,1 | A |
| Energetsko bilje | 9,2 | 3,1 | 23,1 | 1G |
| Drugi usev | 6,5 | 2,1 | 15,4 | A |
| Žetveni ostaci | 3,4 | 1,0 | 7,7 | A |
| Kuhinjski | 3,8 | 1,0 | 7,7 | A |
| Ukupno | 52,1 | 13,3 | 100,0 | – |

SM: suva materija; REDII: Renewable Energy Directive (klasifikacija biometana prema vrsti sirovine koji se koristi za proizvodnju, Annex IX– liste A i B); ten: tona ekvivalentne nafte (toe = ton oil equivalent); 1G: prva generacija (nenapredni biometan).

¹ REDII: Renewable Energy Directive

Srednjeročni cilj (2030. godina)

Srednjeročni cilj obuhvataju postojeća postrojenja za proizvodnju biogasa koja bi se rekonstruisala na postrojenja za proizvodnju biometana i novoizgrađena postrojenja za proizvodnju biometana. Ukupno je moguće računati na **186,5 kten**. Sastav i udeo sirovina je sličan kao za 2027. godinu da se omogući ispunjenje kriterijuma za uštedu emisija GHG. Procena je da je moguće da se mobiliše stajnjak da se proizvede oko 80 kten/god biometana, od raspoloživog konzervativnog potencijala 123 kten/god. Ovo je maksimizovan pod-cilj za stajnjak, da se mobilizacijom stajnjaka za proizvodnju biometana omogući smanjenje ukupne emisije GHG u RS.

Tabela 15: Predlog nacionalnog cilja za biometan za 2030. godinu

| Sirovina | Količina SM, kt/god | Energija, kten | Energetski udeo, % | Vrsta, REDII |
|------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------|
| Stajnjak | 415 | 80 | 42,9 | A |
| Energetsko bilje | 207 | 64 | 34,3 | 1G |
| Drugi usev | 102 | 30 | 16,1 | A |
| Žetveni ostaci | 36 | 10 | 5,4 | A |
| Kuhinjski | 10 | 2,5 | 1,3 | A |
| Ukupno | 770 | 186,5 | 100,0 | - |

SM: suva materija; REDII: Renewable Energy Directive (klasifikacija biometana prema vrsti sirovine koji se koristi za proizvodnju, Annex IX– liste A i B); ten: tona ekvivalentne nafte (toe = ton oil equivalent); 1G: prva generacija ili nenapredni biometan.

Dugoročni cilj (2050. godina)

Koncipiran je po sličnom principu kao i srednjeročni. Procena je da je moguće da se mobiliše toliko stajnjaka da se proizvede oko 118 kten/god biometana, dostupno od očekivanih potencijala 227 kten/god. Uvršten je i klanični otpad i KBO. Optimistični potencijal za proizvodnju biometana iz klaničnog otpada za 2050. godinu je 7,3 kten, a doprinos cilju je 4,1 kten/god, jer će se preostale količine zbrinjavati kompetitivnim postupcima. Iz komunalnog biorazgradivog otpada moglo bi da se proizvede oko 23,9 kten biometana, a doprinos cilju iznosi 7,5 kten/god. Takođe, obuhvaćen je i biometan proizveden iz CO₂ koji je biološkog porekla (bioCO₂), dobijen uklanjanjem iz biogasa u postupku prečišćavanja do biometana. Pretpostavka je da će se oko jedne četvrtine CO₂ preostalog iz biometana iz svih ostalih sirovina upotrebiti za dodatnu proizvodnju biometana, a preostala količina upotrebiti za druge kompetitivne namene.

Tabela 16: Predlog nacionalnog cilja za biometan za 2050. godinu

| Sirovina | Količina SM, kt/god | Energija, kten | Energetski udeo, % | Vrsta, REDII |
|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------|
| Stajnjak | 612 | 118 | 32,3 | A |
| Energetsko bilje | 306 | 94 | 25,9 | 1G |
| Drugi usev | 149 | 44 | 12,1 | A |
| Žetveni ostaci | 52 | 15 | 4,0 | A |
| Kuhinjski | 30 | 8 | 2,2 | A |
| KBO | 43 | 8 | 2,2 | A |
| Klanični | 108 | 4 | 1,1 | B |
| bioCO ₂ | - | 73 | 20,0 | e-gorivo |
| Ukupno | 1.150 | 365 | 100,0 | - |

KBO: komunalni biorazgradivi otpad; bioCO₂: biometan proizveden iz CO₂ biološkog porekla, dobijen prečišćavanjem biogasa do biometana; SM: suva materija; REDII: Renewable Energy Directive (klasifikacija biometana prema vrsti sirovine koji se koristi za proizvodnju, Annex IX– liste A i B); ten: tona ekvivalentne nafte (toe = ton oil equivalent); 1G: prva generacija ili nenapredni biometan.

Efekti predloženih nacionalnih ciljeva

U narednoj tabeli prikazan je Pregled energetske pokazatelja predloženih ciljeva za, kroz alternativne (energetske) jedinice zbog mogućnosti preračunavanja za druge potrebe. Date su varijante za GTM i DTM (donju toplotnu moć) biometana.

Tabela 17: Energetski pokazatelji predloženih nacionalnih ciljeva za biometan u RS

| Na bazi gornje toplotne moći (GTM) biometana | | | | | | |
|--|---------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Rok | ekv-kW _e | MNm ³ /god | MStm ³ /god | PJ _{GTM} /god | TWh _{GTM} /god | kten _{GTM} /god |
| 2027. | 15.560 | 33,555 | 35,397 | 1,336 | 0,371 | 31,91 |
| 2030. | 90.919 | 196,064 | 206,830 | 7,806 | 2,168 | 186,45 |
| 2050. | 177.813 | 383,447 | 404,504 | 15,267 | 4,241 | 364,65 |
| Na bazi donje toplotne moći (DTM) biometana | | | | | | |
| Rok | ekv-kW _e | MNm ³ /god | MStm ³ /god | PJ _{DTM} /god | TWh _{DTM} /god | kten _{DTM} /god |
| 2027. | 15.560 | 33,555 | 35,397 | 1,204 | 0,335 | 28,77 |
| 2030. | 90.919 | 196,064 | 206,830 | 7,037 | 1,955 | 168,08 |
| 2050. | 177.813 | 383,447 | 404,504 | 13,763 | 3,823 | 328,72 |

ekv-kW_e: ekvivalent proizvodnje biometana izražen u ekvivalentnoj električnoj snazi u kogenerativnim gasnim motorima; MNm³: miliona (10⁶) normalnih metara kubnih; MStm³: miliona standardnih metara kubnih; GTM: gornja toplotna moć (proračun sprovedene na bazi GTM biometana); DTM: donja toplotna moć (proračun sprovedene na bazi DTM biometana); PJ: peta (10¹⁵) džula; TWh: tera (10¹²) vat časova; kten: kilo (10³) tona ekvivalentne nafte (toe = ton oil equivalent).

Efekti predloženih nacionalnih ciljeva za proizvodnju biometana u Srbiji u narednoj tabeli analizirani su u odnosu na projekcije energetske bilansa RS definisanog u usvojenoj verziji INEKP-a. Korišćeni su podaci za tri vremenska roka za scenarije **S** i **S-N**, koji uvrštavaju implementaciju dodatnih mera u odnosu na osnovni scenario (**WEM**). Cilj oba scenarija je smanjenje emisija povećanjem OIE i energetske efikasnosti (EE). Scenario **S-N** dodatno razmatra uvođenje nuklearnih elektrana ukupnog kapaciteta do 1.000 MW u elektroenergetski sistem RS. Dodatno, korišćen je i *Nacrt Strategije razvoja energetike RS* da se definišu vrednosti za energiju PG u bruto domaćoj potrošnji RS, kao i uvoz PG.

Tabela 18: Efekti predloga nacionalnih ciljeva

| Parametar | Jedinica | 2027. | | 2030. | | 2050. | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-------|-------|---------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | GTM | DTM | GTM | DTM | GTM | | DTM | |
| | | S/S-N | S/S-N | S/S-N | S/S-N | S | S-N | S | S-N |
| Zamena PG ukupno | % | 1,1 | 1,0 | 6,1 | 5,5 | 12,8 | 13,7 | 11,5 | 12,4 |
| Zamena PG u FP | % | 3,5 | 3,1 | 17,7 | 15,9 | 28,6 | 28,6 | 25,8 | 25,8 |
| Zamena uvoza PG | % | 1,3 | 1,2 | 7,0 | 6,3 | 13,2 | 14,1 | 11,9 | 12,7 |
| Zamena PG u saobraćaju | % | 95,4 | 86,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Doprinos BM u saobraćaju ¹ | % | 1,3 | 1,2 | 2,3 | 2,3 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,6 |
| Doprinos BM u saobraćaju ² | % | 2,3 | 2,1 | 3,8 | 3,8 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Ušteda GHG | ktCO _{2ekv} /god | 190 | 185 | 555 | 510 | 975 | | 890 | |
| Ušteda ukupne GHG u RS | % | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 1,0 | 3,7 | 3,9 | 3,4 | 3,6 |
| Potrebne investicije ³ | M€ | 75-95 | | 430-550 | | 845-1065 | | | |
| Vrednost biometana ⁴ | M€/god | 45 | 40 | 260 | 235 | 510 | | 460 | |

PG: prirodni gas; FP: finalna potrošnja energije; BM: biometan; GHG: Greenhouse Gases (gasovi koji doprinose efektu staklene bašte); GTM: gornja toplotna moć (proračun sprovedene na bazi GTM biometana); DTM: donja toplotna moć (proračun sprovedene na bazi DTM biometana); 1&2: bez i sa dvostrukim obračunavanjem količine energije naprednog biometana (multipliranje); 3: vrednost potrebnih ukupnih investicija za izgradnju postrojenja za proizvodnju biometana (CAPEX); 4: neophodan ukupan prihod za proizvođače.

Energetski efekti izraženi su preko mogućnosti zamene PG (bruto domaća potrošnja-ukupno; finalna potrošnja; uvezena količina). Takođe se izražava doprinos energije biometana u ukupnoj energiji u sektoru saobraćaja. Pri tome, posebno se prikazuje udeo bez i sa dvostrukim obračunavanjem naprednog biometana, ukoliko je proizveden iz sirovine koja to omogućuje. Napomena je da se scenariji **S** i **S-N**, a time i analizirani efekti, razlikuju jedino u projekcijama za 2050. godinu, te su stoga i posebno prikazani.

Kratkoročni cilj podrazumeva da se celokupna količina biometana predviđena ovim ciljem iskoristi u sektoru saobraćaja. U tom slučaju, u scenariju S zamenio bi se PG u sektoru saobraćaja u iznosu preko 95%. Ovim iznosom bi se pokrili udeli energije za PG i za tečna biogoriva definisani *INEKP*-om. Za srednjeročni i dugoročni cilj, preostala količina biometana preusmerava se na korišćenje u finalnoj potrošnji kao zamena za PG.

Dodatni efekat u vidu potencijala za smanjenje ukupnih emisija GHG, ostvario bi se smanjenjem emisija metana iz stajnjaka koji bi se zbrinuo na odgovarajući način u postrojenje za proizvodnju biometana i zamenom PG kao fosilnog goriva. Opseg potrebnih ukupnih investicija za izgradnju postrojenja za proizvodnju biometana, procenjene su bez obzira na izvor finansiranja, tj. da li investicioni trošak snosi delimično investitor uz pomoć pozajmice od banke, ili se on pokriva određenom subvencijom. Vrednost biometana predstavlja neophodan ukupan prihod namenjen za proizvođača biometana, prodaju proizvedenog biometana, koji obuhvata proizvodne troškove i profit, bez obzira na izvor finansiranja. Pretpostavka je da je visina ukupnog prihoda slična kao u drugim evropskim državama gde je biometan zastupljen na tržištu i gde postoji FIT za biometan (Italija, Francuska).

Predlog ciljeva za proizvodnju biometana u RS iznose:

- kratkoročni (2027. godina) 31,9 kten;
- srednjeročni (2030. godina) 186,5 kten;
- dugoročni (2050. godina) 364,7 kten.

Predlog je da se kratkoročni cilj iskoristi u potpunosti u sektoru saobraćaja. Time bi se obezbedilo oko 90% energije u saobraćaju koja je predviđena u *INEKP*-u da bude iz tečnih biogoriva i prirodnog gasa. Smatra se da do 2027. godine u RS neće biti izgrađeni kapaciteti za proizvodnju tečnih biogoriva (npr. biodizel i bioetanol), a naročito za napredne generacije biogoriva koje se proizvode iz sirovina koje nisu hrana ili krmivo, već iz nusproizvoda (npr. slama) ili otpada (npr. komunalni, kuhinjski). Stoga, biometan predstavlja dominantni instrument za dekarbonizaciju sektora saobraćaja u kratkoročnom periodu.

Srednjeročno i dugoročno, predlog je da se ciljevi iskoriste u saobraćaju u tolikoj meri da se u potpunosti (100%) obezbedi udeo energije predviđen prema *INEKP*-u za tečna biogoriva i prirodni gas. Preostala količina se zatim iskoristi u finalnoj potrošnji po pripadajućim sektorima, kao zamena 16-29% prirodnog gasa.