

# Analiza tržišta bioplina i biometana u odabranim državama

---

**Markov, Roko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:793341>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Prijediplomski studij naftnog rudarstva

**ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U ODABRANIM DRŽAVAMA**

Završni rad

Roko Markov

N4555

Zagreb, 2024.

## **ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U ODABRANIM DRŽAVAMA**

Roko Markov

Završni rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za naftno-plinsko inženjerstvo i energetiku  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

### **Sažetak**

Bioplin i biometan su obnovljivi izvori energije koji nastaju anaerobnom fermentacijom organskog materijala. U završnom radu ukratko je opisan proces proizvodnje bioplina i biometana, njihove karakteristike i potencijal. Analizirani su njihovi izvori i uporaba u Njemačkoj, Francuskoj i Mađarskoj te stanje njihovih transportnih plinskih mreža i uvjeti za utiskivanje plina u te plinske mreže. Zatim je na osnovi trenutnih trendova analizirana budućnost tržišta bioplina i biometana u odabranim državama.

Ključne riječi: bioplin, biometan, biomasa, plinska mreža, Njemačka, Francuska, Mađarska, obnovljivi izvori energije

Završni rad sadrži: 37 stranica, 6 tablica, 23 slike i 32 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica u trajnom izboru RGNF-a.

Ocjenjivači: Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica u trajnom izboru RGNF-a

Dr. sc. Tomislav Kurevija, redoviti profesor RGNF-a

Dr. sc. Luka Perković, izvanredni profesor, RGNF

Datum obrane: 18. rujna 2024., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

# Sadržaj

POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA .....	III
1. UVOD .....	1
2. BIOPLIN I BIOMETAN .....	3
2.1. Karakteristike i proizvodnja bioplina i biometana .....	3
2.2. Potencijal bioplina i biometana kao obnovljivih izvora energije .....	5
3. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U NJEMAČKOJ .....	9
3.1. Izvori bioplina i biometana Njemačke .....	9
3.2. Uporaba bioplina i biometana u Njemačkoj .....	10
3.3. Stanje i standardi njemačke transportne plinske mreže .....	13
4. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U FRANCUSKOJ .....	16
4.1. Izvori bioplina i biometana .....	16
4.2. Uporaba bioplina i biometana u Francuskoj .....	20
4.3. Stanje i standardi francuske transportne plinske mreže .....	21
5. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U MAĐARSKOJ .....	23
5.1. Izvori bioplina i biometana .....	23
5.2. Uporaba bioplina i biometana Mađarske .....	25
5.3. Stanje i standardi mađarske transportne plinske mreže .....	26
6. BUDUĆNOST TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA ODABRANIH DRŽAVA .....	29
7. ZAKLJUČAK .....	34
LITERATURA .....	35

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2-1</b> Moguće uporabe bioplina.....	5
<b>Slika 2-2</b> Broj postrojenja po državi.....	6
<b>Slika 2-3</b> Distribucija postrojenja po vrsti sirovine .....	7
<b>Slika 2-4</b> Distribucija postrojenja po vrsti priključka na plinsku mrežu .....	7
<b>Slika 2-5</b> Distribucija postrojenja prema metodi nadogradnje. ....	8
<b>Slika 3-1</b> Izvori bioplina .....	9
<b>Slika 3-2</b> Struktura metode nadogradnje biometana.....	10
<b>Slika 3-3</b> Ukupan razvoj opskrbe energijom iz bioenergetskih izvora u Njemačkoj 2000-2019.....	11
<b>Slika 3-4</b> Trenutni doprinos bioplina i biometana ukupnoj potrošnji plina.....	12
<b>Slika 4-1</b> Broj novih biometanskih postrojenja u Europi, 2008-2022 sveukupno i u svakoj državi	16
<b>Slika 4-2</b> Pregled ukupne instalirane proizvodnje .....	17
<b>Slika 4-3</b> Prosječna veličina postrojenja za utiskivanje.....	18
<b>Slika 4-4</b> Postotak korištenja različitih sirovina .....	18
<b>Slika 4-5</b> Izvori biomase po francuskim regijama.....	19
<b>Slika 4-6</b> Struktura nadogradnje biometana .....	20
<b>Slika 5-1</b> Poljoprivredna bioplinska postrojenja u Mađarskoj 2014. ....	23
<b>Slika 5-2</b> Udio sirovina u energiji proizvedenoj u mađarskim bioplinskim postrojenjima 2012....	24
<b>Slika 5-3</b> Broj i kapacitet bioplinskih postrojenja koja se koriste poljoprivrednim otpadom u Mađarskoj .....	24
<b>Slika 5-4</b> Distribucija postrojenja po vrsti sirovine u članicama EU, Norveškoj i UK.....	25
<b>Slika 5-5</b> Udio obnovljive energije u bruto finalnoj potrošnji energije u Mađarskoj.....	25
<b>Slika 6-1</b> Potencijal bioplina (a) po populaciji (b) s potencijalnim udjelom za individualne izvore na državnoj razini (c) .....	31
<b>Slika 6-2</b> Udio uvoza ruskih fosilnih goriva u ukupnoj domaćoj potrošnji u 2019. ....	32
<b>Slika 6-3</b> Očekivana struktura potražnje za biometanom u 2030. i 2050. godini u EU. ....	33

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 3-1</b> Uloga bioenergije i obnovljive energije u električnoj energiji, transportu energije i gorivu/potrošnji toplinske energije.2019 .....	11
<b>Tablica 3-2</b> Granične vrijednosti za utiskivanje plina u Njemačke plinovode.....	14
<b>Tablica 3-3</b> Standardi kvalitete plina u Njemačkoj .....	15
<b>Tablica 4-1</b> Uvjeti utiskivanja bioplina u francusku plinsku mrežu.....	22
<b>Tablica 5-1</b> Standardi utiskivanja u mađarsku plinsku mrežu.....	27
<b>Tablica 6-1</b> Proizvodnja i potencijal bioplina u Mađarskoj .....	30

## 1. UVOD

Bioplin i biometan predstavljaju važne obnovljive izvore energije koji igraju ulogu u energetskej tranziciji, diversifikaciji energetskih izvora i smanjenju emisija stakleničkih plinova. Njihova proizvodnja i korištenje pridonosi ostvarivanju ciljeva održivog razvoja i pruža brojne ekonomske i ekološke prednosti.

Oba plina nastaju anaerobnom fermentacijom organskog materijala; procesom u kojem mikroorganizmi razgrađujući biomasu stvaraju metan i ugljikov dioksid. Bioplin se sastoji od između 50 i 75 % metana, a ostatak su CO<sub>2</sub> i male količine vodene pare, dušika, kisika i sumporovodika. Koristi se za proizvodnju električne i toplinske energije u bioplinским postrojenjima. Biometan je pročišćeni bioplin koji tipično sadrži oko 96 % metana i može se koristiti kao direktan zamjenski plin u postojećoj plinskoj infrastrukturi. Sve više se koristi u transportnom sektoru kao ekološki prihvatljivija alternativa benzinskim i dizelskim gorivima.

Njemačka, Francuska i Mađarska primjeri su zemalja koje aktivno promiču korištenje bioplina i biometana kao važnih elemenata održive energetike. Rezultat je razvitak njihovih vlastitih izvora bioplina, standarda za utiskivanje biometana u plinsku mrežu, razvoja bioplinских postrojenja i postrojenja za nadogradnju bioplina u biometan, te nastajanje zakona i poticaja za razvoj bioplinске industrije. U ovom radu, fokus će biti na primjerima Njemačke, Francuske i Mađarske kako bi se istražilo trenutno stanje i perspektive bioplina i biometana u ovim zemljama. Rad će se baviti pregledom općih značajki bioplina i biometana te za svaku zemlju pojedinačno njihovim izvorima, primjenama te standardima i stanjima plinskih mreža.

Sasvim je jasno kako će se rastom svjetske populacije povećavati i količina ljudskog i životinjskog otpada kao i ostataka hrane što pak otvara priliku korištenja istih kao bazu za proizvodnju bioplina (Mould et al., 2022). Potencijal bioplina vidljiv je ne samo u proizvodnji goriva već i stvara mogućnost korištenja otpadnog materijala kao sirovine, štoviše korisnost bioplina očituje se i u njegovom utjecaju na okoliš (povećanje kvalitete zraka i tla kao i podzemnih voda) kao posljedica međuostalim smanjenja količine kemijskog ispiranja (Mould et al., 2022). U odnosu na poljoprivredu i poljoprivrednike, proizvodnja bioplina će i za njih predstavljati razne pogodnosti; mogu koristiti gnojivo koje im je inače

višak kako bi pridonijeli vlastitoj održivosti i financijskom stanju, ekološkom aspektu, smanjenju gubitaka i proizvodnji održive energije (Mould et al., 2022).

Nadalje, biometan je interesantan zbog svoje fleksibilnosti po pitanju skladištenja te činjenici da u slučaju miješanja sa prirodnim plinom ne zahtijeva nikakve prilagodbe opreme odnosno infrastrukture dizajnirane za korištenje prirodnog plina (Savickis et al., 2020) dok bi vodik u tom slučaju zahtijevao prilagodbe (Mould et al., 2022). Poboľšanjem energetske učinkovitosti i održivosti postojeće plinske infrastrukture može se sasvim koristiti biometan kao zamjena za prirodni plin jer, u regijama gdje već postoji plinska mreža prilagođena za prirodni plin ista se može koristiti za biometan (Savickis et al., 2020). Štoviše, biometan je moguće koristiti kako za proizvodnju topline tako i za proizvodnju električne energije i uporabu u transportu zbog istih kemijskih svojstva kao i kod prirodnog plina izuzev udjela metana koji je veći od 96 % (Savickis et al., 2020).



## **2. BIOPLIN I BIOMETAN**

### **2.1. Karakteristike i proizvodnja bioplina i biometana**

Prije definiranja bioplina potrebno je pojasniti biomasu obzirom na to da upravo iz nje nastaje sam bioplin. Biomasa se može opisati kao svaka organska tvar nastala zbog rasta bilja i životinja te je upravo ona obnovljiv izvor energije od kojeg se u budućnosti očekuje najveći doprinos dijelom i zbog njene količine; svake godine nastaje oko 2000 milijardi tona od čega se za hranu koristi oko 1,2 %, za gorivo 1 %, za papir 1 % dok se ostalih 96 % uopće ne iskorištava već trune ili povećava zalihe obnovljivih izvora energije (Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, 2021). Osim bioplina od biomase nastaju i biodizel, biobenzin, a slučaju suhe biomase ona se može mljeti u komadiće pelete koji se pak onda mogu za proizvodnju topline i električne energije spaljivati u automatiziranim pećima (Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, 2021).

Način na koji nastaje bioplin iz biomase je procesom anaerobne pretvorbe organskih materijala uz pomoć anaerobnih organizama te proizveden tako sadrži i metan i ugljični dioksid (Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, 2021). Detaljnije opisana, anaerobna pretvorba proces je kojim mikroorganizmi razgrađuju organsku životinjsku ili biljnu tvar te se proizvodi plinovita smjesa zasićena vodom i u čijem se sastavu nalazi 50 do 65 % metana (SER et al., 2021). Anaerobna je pretvorba i način tretiranja organskog otpada te direktno utječe na zaštitu okoliša izbjegavajući emisije stakleničkih plinova u atmosferu (EBA, 2020). Nakon prikupljanja organske tvari potrebne za anaerobnu pretvorbu iz raznih područja (agrikulture, industrijskog sektora, ugostiteljskog otpada, komunalnog otpada, plina iz skladišta neopasnog otpada...) ona se prenosi do mjesta anaerobne pretvorbe te sortira, miješa i zagrijava po nekoliko tjedana u digestoru; bioplin koji nastaje anaerobnom pretvorbom može se iskoristiti izgaranjem u obliku električne energije ili topline (SER et al., 2021). Osim kao izvor električne energije bioplin se u obliku topline može koristiti i za funkcije grijanja te vode, a kao gorivo koristan je u kontekstu motora s unutarnjim izgaranjem što sve implicira kako bi u budućnosti mogao biti i više nego važan izvor energije (Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, 2021).

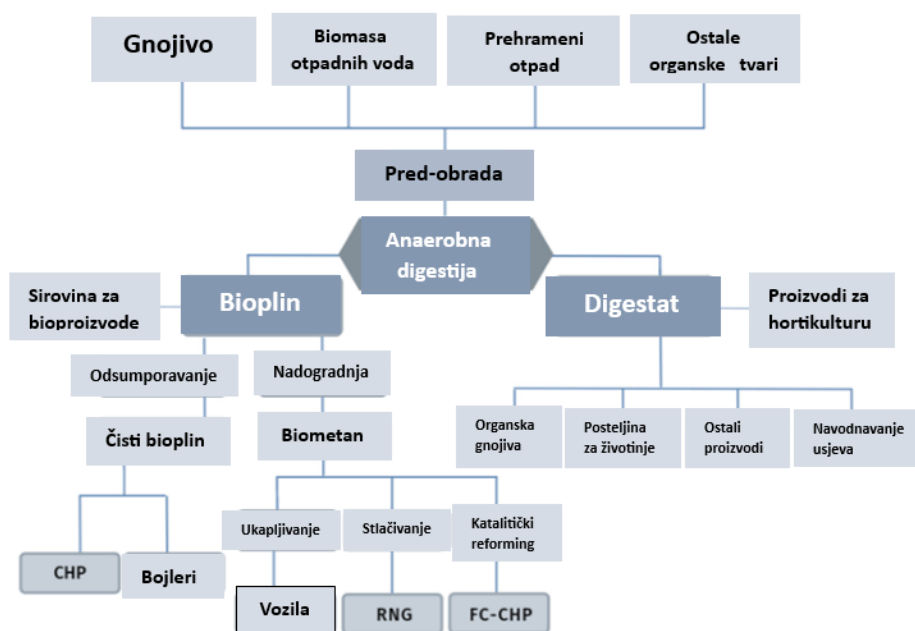
Bioplin može anaerobnom pretvorbom nastati iz više različitih oblika organske tvari. Ti su izvori (SER et al., 2021):

1. Stočne otpadne vode koje tvore tekuća gnojiva- tekuće i krute životinjske izlučevine te stajski gnoj; najčešće nastaju iz uzgoja goveda i svinja te ih se može pronaći u stočarskim objektima.
2. Ostatci usjeva odnosno poljoprivredni otpad poput kukuruzovine.
3. Energetski i prehrambeni usjevi točnije usjevi primarno uzgajani za proizvodnju energije čija se uporaba u postrojenjima za anaerobnu pretvorbu strogo regulira zbog ograničenja natjecanja energetske i prehrambene proizvodnje.
4. Međuusjevi; usjevi koji se siju i žanju u međusezonama te usjevi koji brzo rastu i služe za zaštitu tla u međusezoni sijanja.
5. Agroindustrijski mulj i nusproizvodi poljoprivredno-prehrambene industrije; svi materijali koji nastaju tijekom tehnoloških procesa proizvodnje (mliječnih proizvoda, mesa, žitarica...), a ne iskoriste se, nazivaju se nusproizvodima dok se agroindustrijskim muljem podrazumijevaju svi tekući materijali iz klaonica, tvornica mlijeka i sira, pivovara itd.
6. Životinjski nusproizvodi; Europska komisija definira načine na koje se materijali iz tri kategorije životinjskih nusproizvoda moraju odstraniti ili iskoristiti za određene namjene kako bi se održala visoka razina higijene.
7. Otpad iz kućanstva; kućni i slični otpad.
8. Zeleni otpad odnosno organski biljni otpad nastao kao rezultat održavanja javnih i privatnih zelenih površina npr. parkova, privatnih dvorišta, sportskih terena itd.
9. Ostali izvori; svi ostali oblici organskih tvari korištenih za anaerobnu pretvorbu uključujući i mulj tretiran u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda.

Nadalje, bioplin se može pročistiti do razine kvalitete prirodnog plina i ono što u tom trenu nastaje upravo je biometan (EBA, 2020). Biometan nastaje tako što se iz bioplina procesom pročišćavanja odstranjuje neželjene komponente poput ugljičnog dioksida, spojeva sumpora i vode te se nakon daljnjeg pročišćavanja i dodavanja odoranata biometanu, može utiskivati u mrežu (EBA, 2020). Za pridobivanje biometana koriste se različiti postupci obrade bioplina (EBA, 2020).

## 2.2. Potencijal bioplina i biometana kao obnovljivih izvora energije

Uporaba bioplina je široka i otvara mnoge mogućnosti te su one grafički prikazane na Slici 2-1:



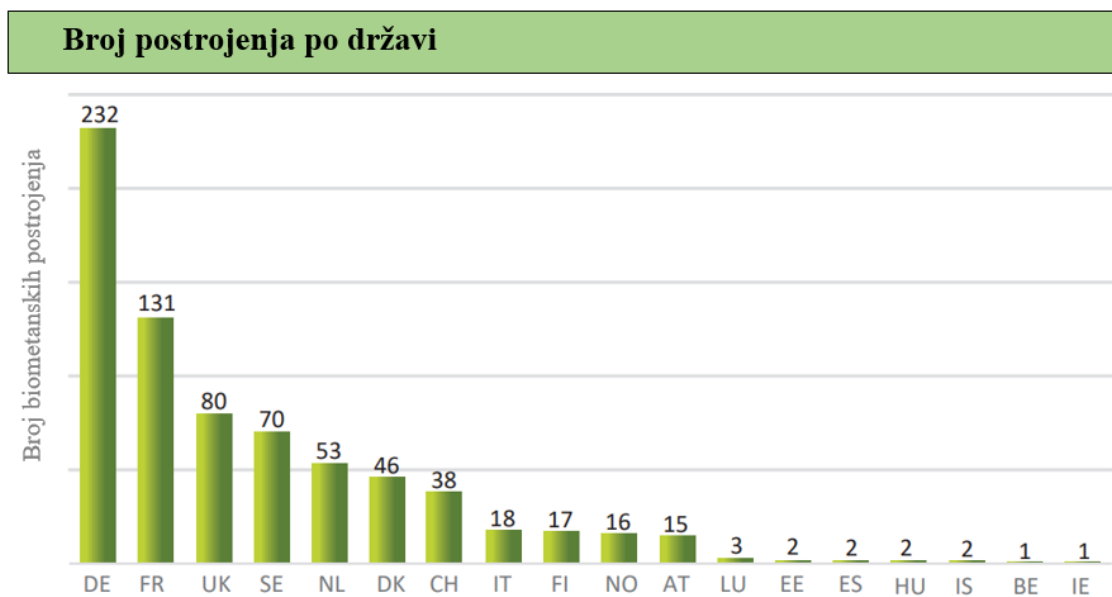
Slika 2-1 Moguće uporabe bioplina, (Pavičić et al., 2022)

Zbog raznih mogućnosti i potencijala uporabe bioplina provedena su i istraživanja koja se bave kako načinima same proizvodnje bioplina tako i njegovim iskorištavanjem. Nedavni je primjer toga istraživanje provedeno od strane Hasana et al. (2023) gdje se postavilo pitanje mogućnosti korištenja otpada iz kantine kao izvora za proizvodnju bioplina. U istraživanju otpada iz kantine su se koristili mješavinom papajine kore, vode, kravljeg gnoja i optimalno dodane baze koja ne narušava kvalitetu bioplina te je ta mješavina u 75 dana pod mezofilnim uvjetima sa specifičnim pH i temperaturnim okvirom proizvela 80,75 % metana (Hasan et al., 2023). Rezultati su pokazali kako je optimalan omjer za proizvodnju bioplina smjesa od 45-50 % organske tvari te 55-60 % vode, a rad daje i osvrt na potencijal bioplina i njegove proizvodnje (Hasan et al., 2023).

Zambrano et al. (2021) proveli su istraživanje kojim su proučavali mogućnosti proizvodnje bioplina u ruralnim područjima, točnije koristi istoga za poljoprivrednike.

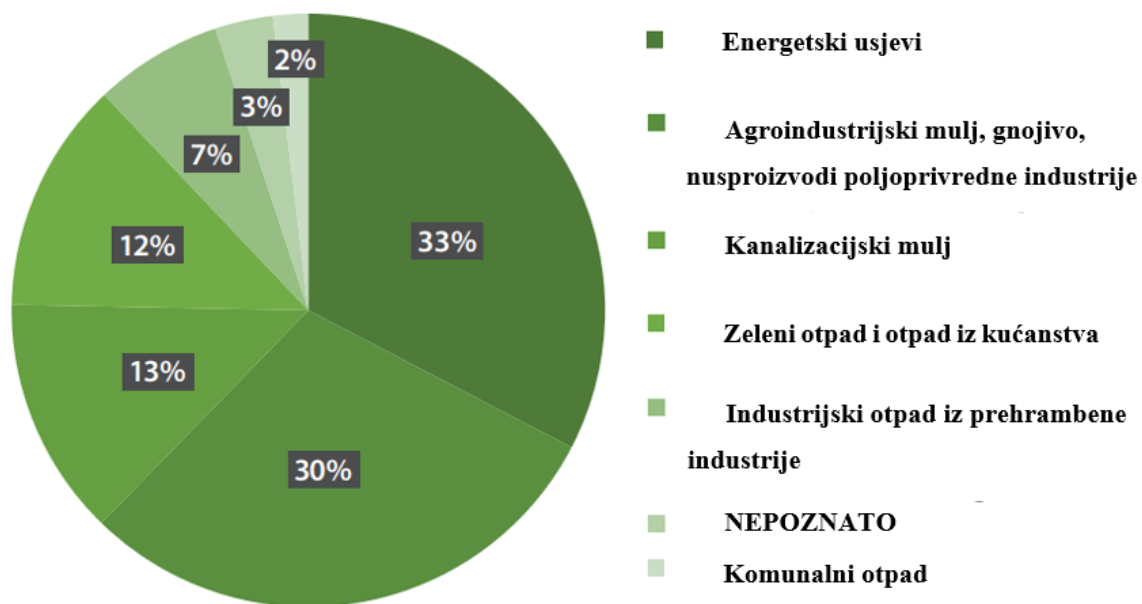
Polazili su od ideje da je sustav proizvodnje bioplina prilagođen po svojim obilježjima na provedbu na farmama; stvara mogućnost odlaganja organskog otpada, pojednostavljuje zadatak „hranidbe“ sustava, ostvaruje uštede u području ulaganja u kemijske inpute kako bi se odstranio organski otpad poput korova i tako dalje (Zambrano et al., 2021).

Očito je kako je oslanjanje na neobnovljive izvore energije neodrživo te da postoji potreba za ulaganjem u obnovljive izvore energije, a izniman potencijal u tom kontekstu ima upravo bioplin (Hasan et al., 2023). Nije stoga ni začuđujuće da se broj biometanskih postrojenja povećava te da se posvećuje sve veća pažnja proizvodnji bioplina. Na sljedećim su slikama (Slika 2-2, Slika 2-3, Slika 2-4 i Slika 2-5) redoslijedom prikazani brojevi biometanskih postrojenja po europskim državama, zatim postotci korištenih izvora za proizvodnju bioplina i biometana u istim postrojenjima kao i na sljedećoj prikazana povezanost tih postrojenja sa tipom mreža te na posljednjoj postotci korištenih metoda pročišćavanja bioplina za nastanak biometana (EBA-GiE, 2020).



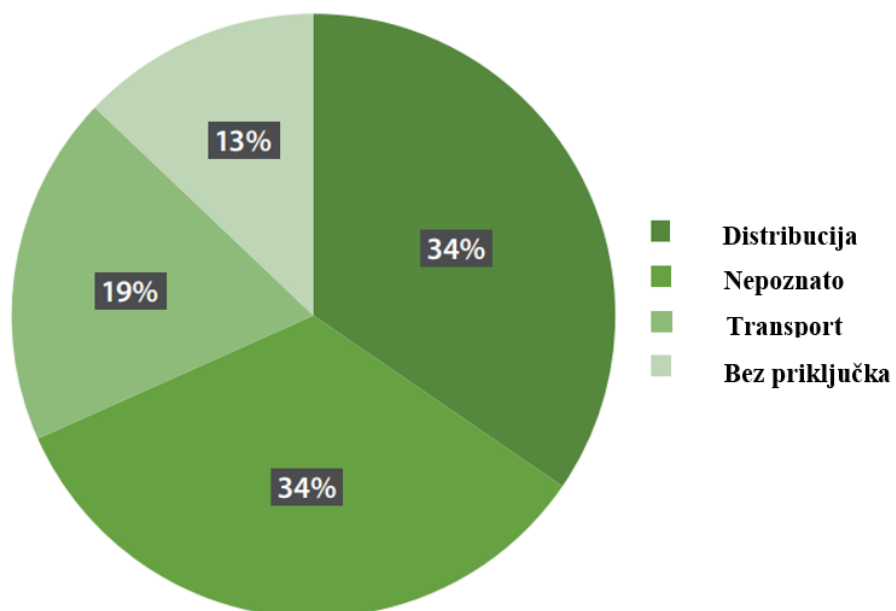
**Slika 2-2** Broj postrojenja po državi, (EBA-GiE, 2020)

### Distribucija postrojenja po vrsti sirovine



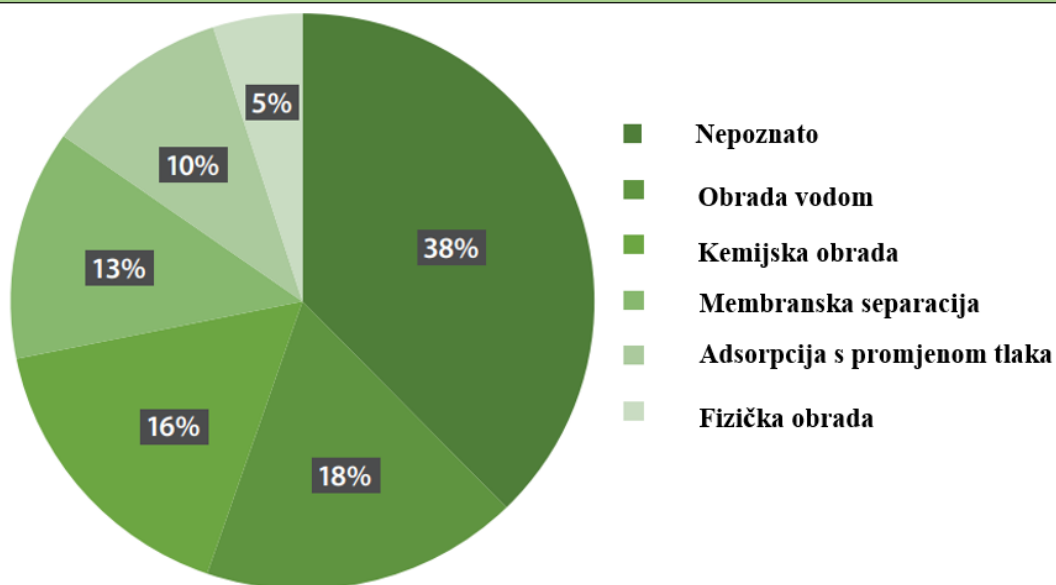
Slika 2-3 Distribucija postrojenja po vrsti sirovine, (EBA-GiE, 2020)

### Distribucija postrojenja po vrsti priključka na plinsku mrežu



Slika 2-4 Distribucija postrojenja po vrsti priključka na plinsku mrežu, (EBA-GiE, 2020)

### Distribucija postrojenja prema metodi nadogradnje



Slika 2-5 Distribucija postrojenja prema metodi nadogradnje, (EBA-GiE, 2020).

Kao primjer moguće je analizirati stanje u Hrvatskoj gdje je proizvodnja bioplina u svojoj ranoj fazi dok je proizvodnja biometana tek u planovima za budućnost (Pavičić et al., 2022). Prvo bioplinsko postrojenje u Hrvatskoj nastalo je u 2009. godini sa snagom od 1 MW, a u 2020. godini zabilježeno ih je 41, no i dalje prevladavaju postrojenja snage 1 MW dok je ukupan kapacitet snage svih postrojenja u Hrvatskoj oko 45,9 MW (Pavičić et al., 2022). Najčešće korišteni izvori za proizvodnju bioplina upravo su stajnjak i to do 60 % te kukuruzna ili travna silaža do 35 % pri čemu je razumljivo većina postrojenja smješteno u kontinentalnom dijelu zemlje (Pavičić et al., 2022).

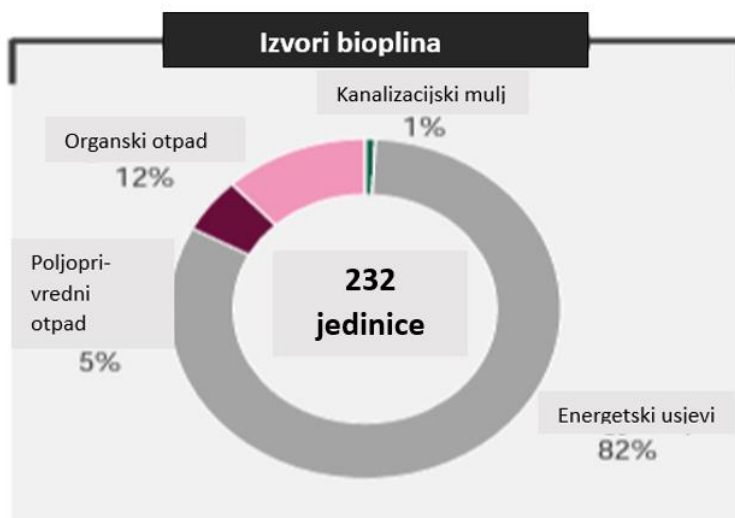
### 3. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U NJEMAČKOJ

#### 3.1. Izvori bioplina i biometana Njemačke

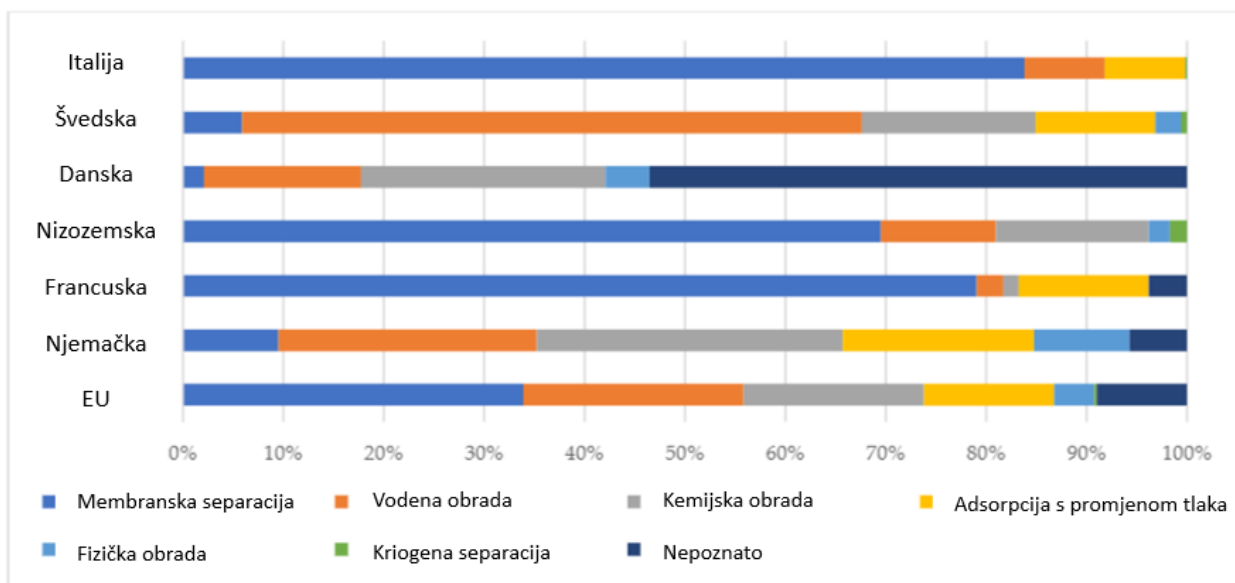
U Njemačkoj, kao i ostalim zemljama Europe, sve je veći fokus na obnovljivim izvorima energije. Tako je udio obnovljivih izvora energije u ukupnom broju izvora iste u Njemačkoj oko 15 % odnosno 1 851 PJ, a u 2019. godini 60 % tih obnovljivih izvora energije činila je biomasa i njena prerada u iznosu od 1 115 PJ dok su ostatak redom činili energija vjetra, solarna energija, hidroenergija i geotermalna energija (IEA, 2021). U kontekstu Europske unije, Njemačka je vodeća zemlja po pitanju utiskivanja biometana u mreže sa količinom od 13 TWh po godini, a odmah nakon slijede Ujedinjeno Kraljevstvo i Francuska (BGX, 2022).

U Njemačkoj je početak proizvodnje bio 2006. godine osposobljavanjem prvog biometanskog postrojenja blizu Münchena što pokazuje dosada dugu tradiciju bavljenja produkcijom biometana (REGATRACE, 2020). Od 2006. godine je broj biometanskih postrojenja samo nastavio rasti te je u 2018. godini iznosio 213 postrojenja i otprilike 10 TWh (REGATRACE, 2020).

Izvori bioplina u slučaju Njemačke su u najvećem postotku energetske usjevi sa 82 % zastupljenosti proizvodnje, zatim organski otpad, poljoprivredni otpad i kanalizacijski mulj kao što vidimo na Slici 3-1 (Sia Partners, 2020). Po pitanju metoda pročišćavanja bioplina u biometan na Slici 3-2 vidimo da se najčešće koristi obrada kemikalijama, a nešto manje obrada vodom i adsorpcija s promjenom tlaka (Ignaciuk et al., 2023).



Slika 3-1 Izvori bioplina, (Sia Partners, 2020)



**Slika 3-2** Struktura metode nadogradnje biometana, (Ignaciuk et al., 2023)

### 3.2. Uporaba bioplina i biometana u Njemačkoj

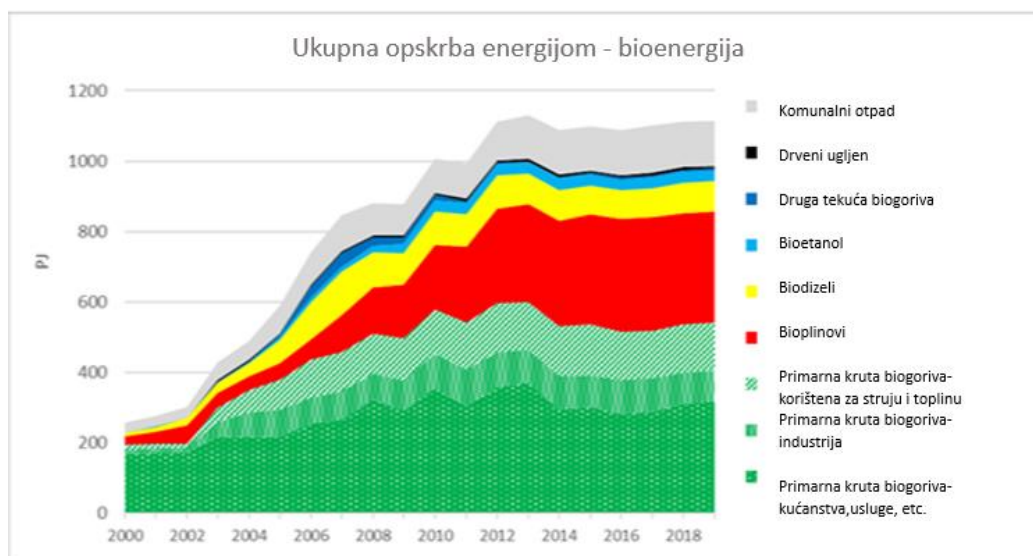
Njemačka je kao odgovor na klimatsku krizu postavila cilj dostizanja ugljične neutralnosti do 2045. godine, no trenutno samo sintetički, kemijski nositelji energije poput vodika, eMetana i eGoriva mogu biti korišteni za dobivanje velike količine energije (Böger i Fuoss, 2023). Međutim, podaci iz 2019. godine pokazuju kako je postotak obnovljivih izvora energije specifično za struju, toplinu i transport iznosio 18 % što je malo viši postotak nego u ukupnom broju izvora energije u koji se uključuje i neiskorišten toplinski otpad u na primjer nuklearnim postrojenjima (IEA, 2021). Što se tiče samog udjela bioenergije (biomasa, bioplin, biometan) u sektoru struje on u ukupnom postotku obnovljivih izvora energije iznosi 8,8 %, za prijevoz iznosi 4,7 %, a za opću toplinu i gorivo on iznosi 13,5 % te ukupno 10 % (IEA, 2021). Ovi se podaci nalaze na Tablici 3-1 ispod koja uspoređuje te postotke i sa cjelokupnom potrošnjom i udjelom obnovljive energije:



**Tablica 3-1** Uloga bioenergije i obnovljive energije u električnoj energiji, transportu energije i gorivu/potrošnji toplinske energije 2019, (IEA, 2021.)

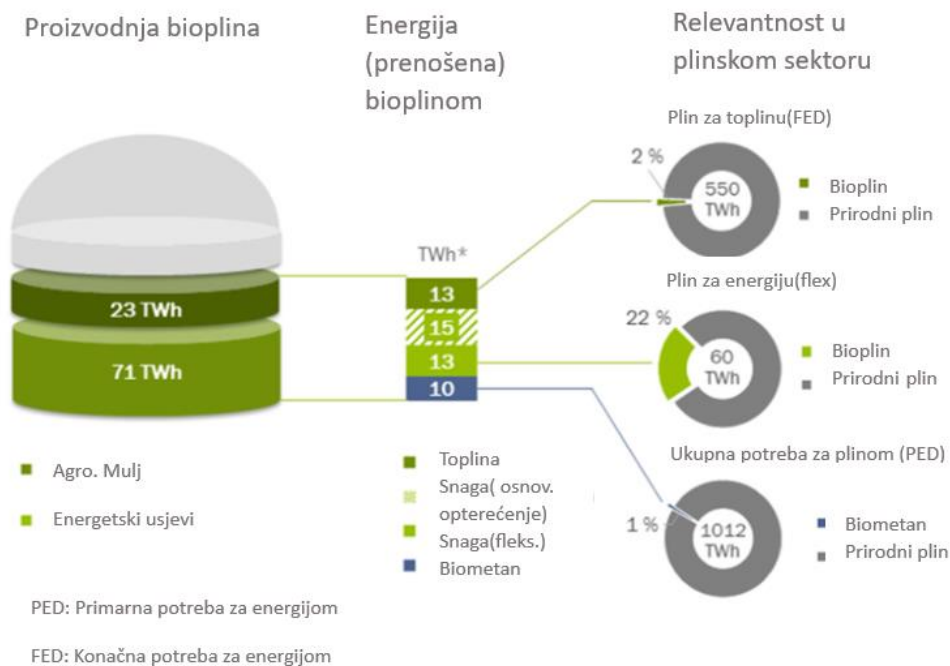
Sektor	Udio bioenergije	Udio u obnovljivoj energiji	Ukupna potrošnja
<b>Električna energija</b>	8,8 %	42,6 % (22 % vjetar)	<b>569 TWh (2048 PJ)</b>
<b>Transport energije</b>	4,7 %	5,4 %	<b>2378 PJ</b>
<b>Ukupna potrošnja goriva i topline</b>	Direktno iz biomase: 11,6 % Biobazirana toplina: 1,9 %	14,2 %	<b>4324 PJ</b>
<b>Sveukupna konačna potrošnja energije</b>	10 %	18,4 %	<b>8668 PJ</b>

Na Slici 3-3 ispod vidi se kako se mijenjao udio korištenih oblika bioenergije kroz dva desetljeća i jasno prikazuje rast uporabe bioplina (IEA, 2021).



**Slika 3-3** Ukupan razvoj opskrbe energijom iz bioenergetskih izvora u Njemačkoj 2000-2019, (IEA, 2021)

Bioplin se, kako je prikazano na Slici 3-4, u 2023. i dalje najviše koristi kao izvor za dobivanje električne energije u Njemačkoj, a prikazana je i njegova važnost u drugim sektorima.



**Slika 3-4** Trenutni doprinos bioplina i biometana ukupnoj potrošnji plina, (Thrän et al., 2023)

Njemačka je po pitanju biometana izvozna država, a onaj udio biometana koji i uvozi najčešće se koristi za grijanje, a u zadnjih nekoliko godina izvoz biometana iz Njemačke iznosio je između 150 i 200 GWh (REGATRACE, 2020). Biometan se na tržištu goriva distribuira kroz plinsku mrežu povezanu sa stanicama za stlačivanje prirodnog plina (engl. *Compressed Natural Gas*, CNG) kojih u Njemačkoj postoji oko 900, a njih 250 ima udio biometana u CNG-u. (REGATRACE, 2020).

Potrebno je naglasiti kako po pitanju uporabe bioplina i biometana i dalje ima mali broj projekata za lokalnu raspodjelu biometana bez pristupa plinskoj mreži, što pokazuje potrebu za investiranjem u takve projekte (REGATRACE, 2020.) jer je potrebno udaljiti se od ovisnosti o prirodnom plinu (Thrän et al.2023). Metode koje se mogu dodatno koristiti u tu svrhu bile bi smanjenje potrošnje, povećanje energetske učinkovitosti i proširenje koncepta spajanja sektora (Thrän et al., 2023). Bioplin je u tom procesu izmjene fosilnih goriva sa obnovljivima više nego bitan izvor energije kako za Njemačku tako i za cijelu Europu (Thrän et al., 2023).

### 3.3. Stanje i standardi njemačke transportne plinske mreže

Svi operateri biometanskih postrojenja u Njemačkoj koji ih žele spojiti na plinsku mrežu imaju pravo na pristup istoj, a pouzdan okvir vremena i cijene spajanja (koja se dijeli među operaterima postrojenja i plinske mreže) uređen je Pravilnikom o pristupu plinskoj mreži (Scholwin et al., 2020). Najbitnije odredbe pravilnika su (Scholwin et al., 2020):

1. Operator bioplinskog postrojenja sam pokriva troškove na svom vlasništvu i one potrebne za pročišćenje plina.
2. Mrežne poveznice između posjeda, pročišćavajućih postrojenja i plinske mreže dijele se tako da operator plinske mreže pokriva 75 %, a operator postrojenja 25 %.
3. Troškovi se postrojenja za utiskivanje dijele istim omjerom 75 % i 25 % no postoji novčana granica za operatera bioplinskog postrojenja od 250 000 € te operator plinske mreže mora pokriti sve iznose iznad te granice.
4. Operator plinske mreže mora i ponuditi moguće rješenje ako utiskivanje biometana prelazi kapacitete mreže tako da ju nadogradi ili transformira.
5. Operator plinske mreže svoje troškove prenosi na korisnike mreže kroz naplatu plinske mreže.

Pravno uređenje u Njemačkoj dozvoljava utiskivanje i povlačenje balansirano u periodu od 12 mjeseci što je organizirano kroz sistem zona balansiranja vođenih od strane sudionika na tržištu, a za prirodni je plin ovakva uravnoteženja potrebno raditi na dnevnoj bazi (Scholwin et al., 2020). Uz to bitno je napomenuti kako balansiranje biometana mora pokriti samo 75 % u odnosu na zahtjeve za prirodni plin, a rezultat je takvog sustava olakšan proces balansiranja koji pak omogućava operaterima bioplinskih postrojenja dugometražne prodaje u skladu sa planovima za podržavanje proizvodnje bioplina, a i odražava činjenicu da se sezonske fluktuacije u proizvodnji plina pojavljuju s obzirom na potražnju po različitoj sezoni (Scholwin et al., 2020).

Postoje standardi razvijeni u skladu sa granom plinske mreže, a to su (Scholwin et al., 2020):

1. Unificiranje ugovora između operatera biometanskih postrojenja i operatera plinskih mreža; KOV odnosno Kooperacijski ugovor među operatorima njemačkih plinskih mreža (njem. *Kooperationsvereinbarung zwischen den Betreibern von in Deutschland gelegenen Gasversorgungsnetzen*).

2. Tehnički standardi po pitanju fizičke kvalitete plina organizirani su od strane DVGW-a, točnije Njemačke udruge komunalnih usluga plina i vode (njem. *Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches* ) kako bi se osigurala kvaliteta plina u mreži; najbitniji su DVGW standardi G260 i G262.

Standardi postavljeni radi kvalitete plina u mreži odnose se i na sastav plina koji se smije utiskivati u mrežu. Tako na tablicama prikazanim dolje (Tablica 3-2, Tablica 3-3) je moguće očitati ograničenja za određene komponente koje je potrebno ne prekoračiti radi utiskivanja bioplina/biometana u plinsku mrežu.

**Tablica 3-2** Granične vrijednosti za utiskivanje plina u Njemačke plinovode, (Scholwin et al., 2020)

Granične vrijednosti (prema DVGW Arbeitblatt G260)			
Parametar	Jedinica	Niskotlačne mreže	Visokotlačne mreže
CH <sub>4</sub>	Mol%	≥ 90	≥ 95
CO <sub>2</sub>	Mol%	≤ 10	≤ 5
H <sub>2</sub> S	mg/m <sup>3</sup>	5 (privremeno 10)	
O <sub>2</sub>	%	Za suhi plin 3, Za vlažni 0,5	
H <sub>2</sub>		Nema specifične vrijednosti	
Sumpor ukupni	mg/m <sup>3</sup>	30 (privremeno 150)	
Merkaptani	mg/m <sup>3</sup>	6 (privremeno 16)	
Udio vode	mg/m <sup>3</sup>	S tlakom u cjevovodu do 10 bara ≤ 200 S tlakom u cjevovodu većim od 10 bara ≤ 50	
Wobbe – indeks (W <sub>d,g</sub> )	kWh/m <sup>3</sup>	10,5-13,0	12,8-15,7
Relativna gustoća	d	0,55-0,75	
Spojni Tlak(p <sub>an</sub> )	mbar	18 – 24	
Ogrijevna vrijednost (H <sub>d,g</sub> )	kWh/m <sup>3</sup>	8,4-13,1	

**Tablica 3-3** Standardi kvalitete plina u Njemačkoj, (EBA, 2017)

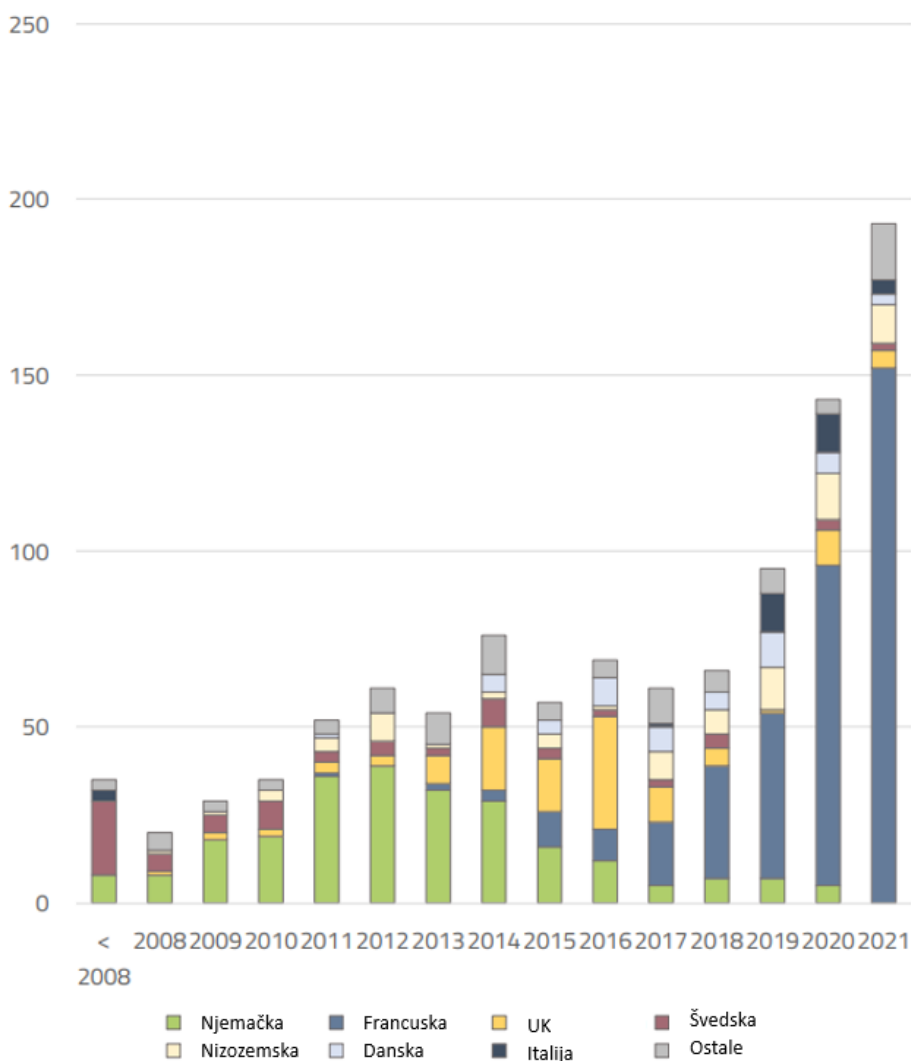
Parametar	Jedinica	Granične vrijednosti		Metoda testiranja
		Min	Max	
Ukupnan isparljiv silikon	mgSi/m <sup>3</sup>		0.3 (čiste) do 1 razrijeđen	EN ISO 16017-1:2000 TDS-GC-MS
Ulje za stlačivanje		Bez nečistoća		ISO 8573-2:2007
Talog (nečistoće)		Bez nečistoća		ISO 8573-4:2001
CO	% mol	–	0,1	EN ISO 6974 series
NH <sub>3</sub>	mg/m <sup>3</sup>		10	NEN 2826:1999 or VDI 3496 Blatt 1:1982-04 NF X43-303:2011
Amine	mg/m <sup>3</sup>		10	VDI 2467 Blatt 2:1991-08

U Njemačkoj je između 2002. i 2012. godine porast obnovljivih izvora energije doživjelo upravo područje biogoriva (200 PJ do 580 PJ), obnovljivi je komunalni otpad sa 30 PJ u 2000. porastao na 130 PJ u 2014. godini i od tad je na istoj razini, a bioplin je između 2000. i 2015. porastao sa 25 PJ na 315 PJ te je time Njemačka postala vodeća u Europi po proizvodnji bioplina, no u zadnje vrijeme ta se razina stabilizirala dok druge zemlje i dalje doživljavaju poraste (IEA, 2021). Krajem 2020. godine u Njemačkoj je na 242 postrojenja bioplina/biometana proizvedeno više od 11 000 GWh godišnje od kojih je barem 157 utisnih u mrežu prirodnog plina (SER et al., 2021).

## 4. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U FRANCUSKOJ

### 4.1. Izvori bioplina i biometana

Zadnjih godina sve se više prihvaća i ostvaruje ideja proizvodnje bioplina i biometana u Francuskoj te se prema statističkim podacima predviđa kako bi ona čak mogla prestići Njemačku u nekoliko godina i postati vodeći izvoznik bioplina i biometana u Europi. Od 2013. se broj Francuskih biometanskih postrojenja postepeno povećavao te se gotovo udvostručio na prijelazu iz 2019. u 2020. godinu nagon čega je nastavio ubrzano rasti što je vidljivo na dolje prikazanoj Slici 4-1:



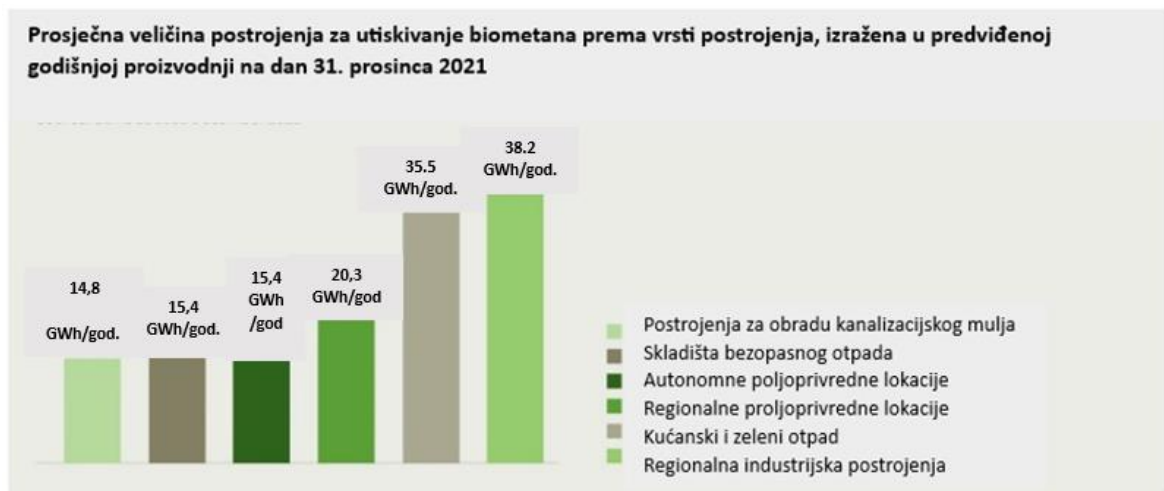
**Slika 4-1** Broj novih biometanskih postrojenja u Europi, 2008-2022 sveukupno i u svakoj državi, (Geelen et al., 2023)

31. prosinca 2020. godine broj bioplinskih postrojenja Francuske iznosio je 1075 (Teréga, 2021). S time je oko 71 % posto bioplinskih postrojenja kao izvor bioplina u proizvodnji koristilo poljoprivredne baze, ali ne i energetske usjeve (Pavičić et al., 2022). Izvori bioplina i biometana u Francuskoj su (SER et al., 2021):

1. Autonomna poljoprivredna postrojenja koja vode poljoprivrednici i gdje se anaerobnom pretvorbom prerađuje više od 90 % poljoprivrednih materijala.
2. Regionalna poljoprivredna postrojenja koja vodi poljoprivrednik ili zajednica poljoprivrednika i gdje se anaerobnom pretvorbom prerađuje više od 50 % materijala s farmi uključujući i regionalni otpad npr. industrijski.
3. Regionalna industrijska postrojenja koja vode jedan ili više proizvođača ili voditelj projekta te uključuje anaerobnu pretvorbu materijala s farme ili drugdje i regionalni otpad.
4. Biootpadna i postrojenja kućnog otpada koje vodi lokalna uprava, jedan ili više proizvođača ili udruga upravljanja otpadom te se anaerobnom pretvorbom prerađuje selektivno skupljen biootpad ili kućni otpad.
5. Postrojenja kanalizacijskog mulja gdje se on anaerobnom pretvorbom prerađuje tijekom tretmana otpadnih voda.
6. Postrojenja skladištenog neopasnog otpada koja se rješavaju otpada koji se ne može prerađivati i iskoristiti na drugim mjestima te se propadanjem tog otpada sakuplja metan

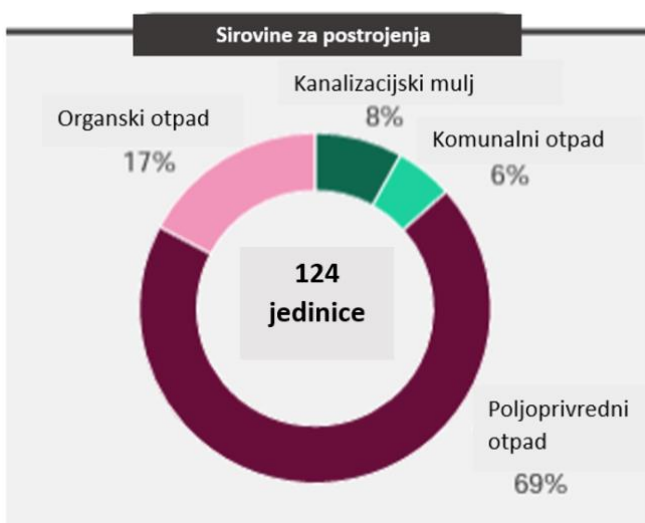


**Slika 4-2** Pregled ukupne instalirane proizvodnje, (SER et al., 2021)



**Slika 4-3** Prosječna veličina postrojenja za utiskivanje 31/12/2021, (SER et al., 2021)

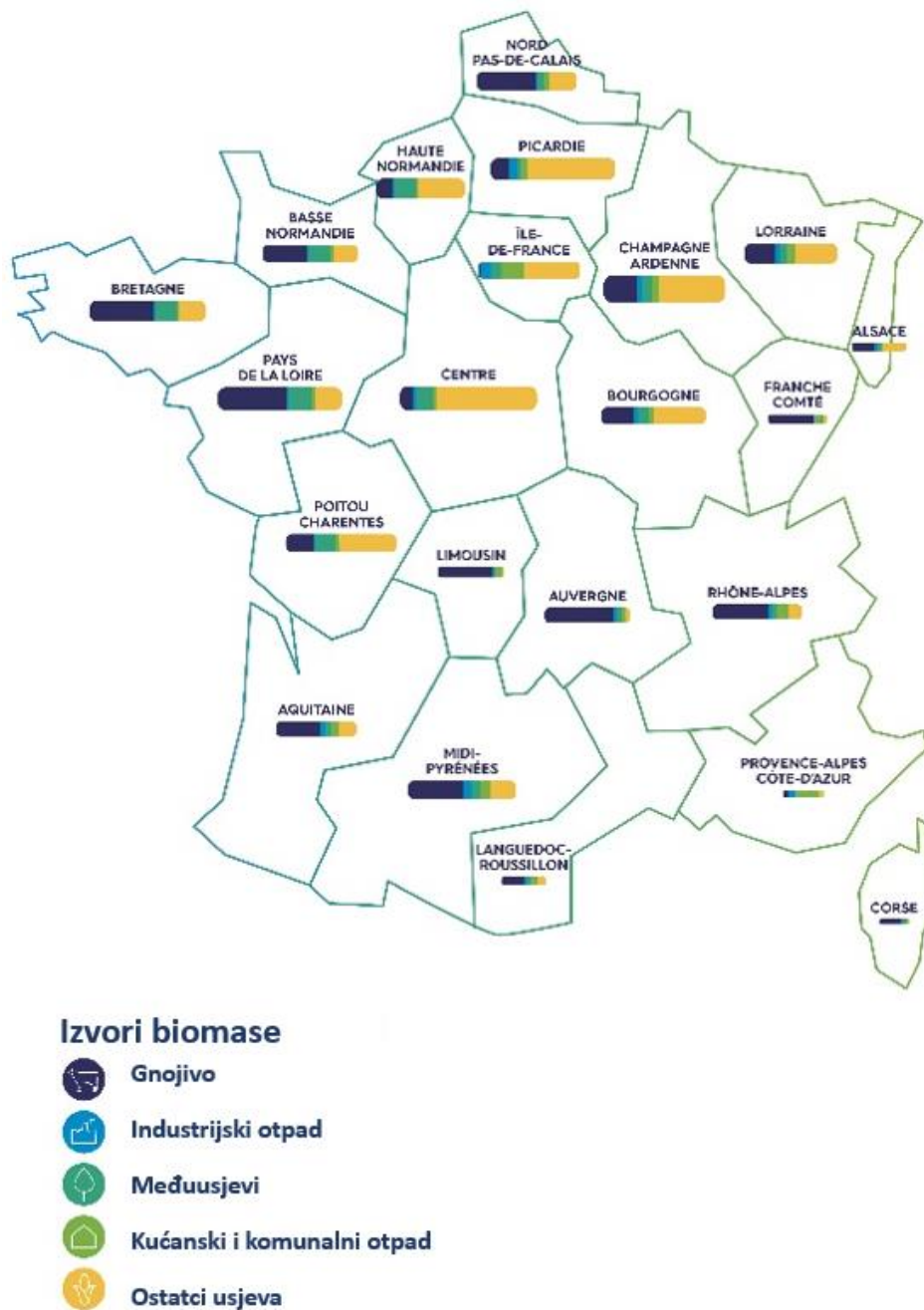
Na Slici 4-2 moguće je vidjeti zastupljenost bioplinskih/biometanskih postrojenja po tipu izvora, a od sveukupnog broja od 365 postrojenja čak ih je 55 % odnosno 230 autonomnog poljoprivrednog tipa dok je samo 3 % odnosno 11 postrojenja skladištenog neopasnog otpada (SER et al., 2021). Na Slici 4-3 vidimo da po utiskivanju najveću brojku uzimaju regionalna industrijska postrojenja sa 38,2 GWh godišnje, a najmanje postrojenja kanalizacijskog mulja sa 14,8 GWh godišnje dok su najzastupljeniji autonomni poljoprivredni izvori s 20,3 GWh godišnje (SER et al., 2021). U usporedbi s podacima iz 2020. na Slici 4-4 vidi se kako je u godinu dana malo porastao udio poljoprivrednih izvora u proizvodnji bioplina i biometana (Sia Partners, 2020).



**Slika 4-4** Postotak korištenja različitih sirovina, (Sia Partners, 2020)

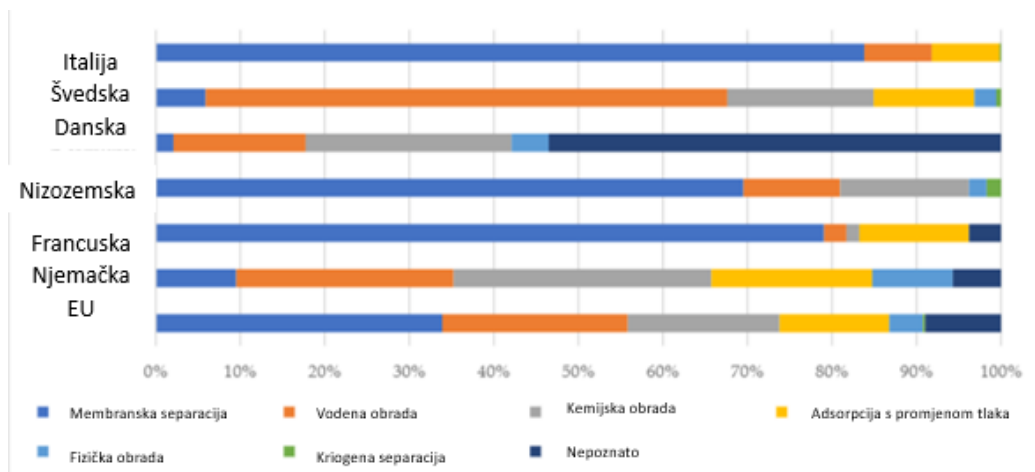


Prema Slici 4-5 moguće je vidjeti najzastupljenije izvore bioplina i biometana po regijama Francuske (Teréga, 2021).



**Slika 4-5** Izvori biomase po francuskim regijama, (Teréga, 2021)

Po pitanju procesa pročišćavanja bioplina u biometan u Francuskoj je daleko najzastupljeniji postupak membranske separacije, a na drugom je mjestu adsorpcija s promjenom tlaka što vidimo na Slici 4-6.



Slika 4-6 Struktura nadogradnje biometana, (Ignaciuk et al., 2023)

## 4.2. Uporaba bioplina i biometana u Francuskoj

Još od 2011. godine proizvodnja bioplina dio je francuske razvojne strategije obnovljivih izvora energije te je 2015. godine Akt francuske tranzicije energije za zeleni rast (franc. *Loi de transition énergétique pour la croissance verte*, LTECV), postavio minimalni cilj proizvodnje od 10 % (39 do 42 TWh) potrošnje plina do 2030. godine što je u 2019. potvrđeno kao realističan i dostižan cilj (SER et al., 2021). Iako su u Francuskoj proizvodne jedinice, to jest postrojenja, inače u brojkama nižim od 40-30 GWh po godini, uz neke iznimke, taj se output postepeno povećavao u zadnjem desetljeću te je u 2015. bio na oko 82 GWh godišnje, a u 2022. godini skoro 7 TWh po godini (BGX, 2022).

Naime, francusko je tržište biometana jedno od dinamičnijih u Europi; uz svoj postojan rast mora se i nositi sa promjenama koje se kontinuirano događaju poput situacije na tržištu, zakonskih regulacija, carina, mogućnosti i kapaciteta utiskivanja, broja biometanskih postrojenja u Francuskoj i tako dalje (Teréga, 2021). U takvom okruženju veliku ulogu imaju operatori transportnih plinskih mreža kako bi se olakšala daljnja proizvodnja i razvoj obnovljivih izvora energije (Teréga, 2021).

Iznenadno, unatoč brojnim informacijama i statistikama o izvorima bioplina i biometana u Francuskoj, količina informacija i statistika o uporabi bioplina i biometana puno je manja. Herbes u 2018. godini navodi kako u to vrijeme u Francuskoj biometan služi većinom kao gorivo, ali i navodi kako bi se u sektoru grijanja mogla razviti veća uloga biometana ovisno o potražnji i mogućnostima ponude tržišta (Herbes et al., 2018).

### **4.3. Stanje i standardi francuske transportne plinske mreže**

U Francuskoj je od 2011. godine utiskivanje bioplina u plinske mreže počelo sve više dobivati na važnosti te je postavljeno više ambicioznih ciljeva, na primjer Francuska je bila jedna od rijetkih zemalja koja je imala specifičan cilj isključivo za biometan, a to je bilo proizvesti 8 TWh biometana do 2023. godine (Savickis et al., 2020); te ciljeve pratio je i stabilan rast broja biometanskih postrojenja (REGATRACE, 2020). Količina biometana utisnutog u plinsku mrežu za prirodni plin udvostručena je između 2016. i 2017. godine kada je bilo utisnuto 406 milijuna kWh što bi odgovaralo potrošnji 34 000 kućanstava (Savickis et al., 2020).

Kod nekih kompanija koje nude usluge praksa je prodavati privatnim i korporativnim potrošačima „zelenu“ energetska ponudu gdje je struja 100 % obnovljivog izvora, a plin može biti od 5 do 100 % obnovljivog izvora što pruža prostor bioplinu (REGATRACE, 2020), a registar jamstava od 2021. u svrhu pružanja ove ponude vodi GRDF odnosno operater plinske mreže u Francuskoj (Ignaciuk et al., 2023). Prema uređenju financijskih izvora u Francuskoj biometanska se postrojenja ne razlikuju od kogeneracijskih postrojenja; subvencije su većinski 10 % investicije, 70 % čine bankovni krediti kao i nekad grupno financiranje dok je ostatak financiran od strane vlasnika postrojbe (REGATRACE, 2020). Jedan od standarda u Francuskoj je taj da proizvođač biometana ima garantiranu cijenu u trajanju od 15 godina s time da količina ostvarene podrške ovisi o veličini postrojenja i količini materijala kao i kompenzaciji sa bonusima za tretman otpadnih voda i usluga vezanih uz komunalni otpad (Ignaciuk et al., 2023). Od 2018. godine operater plinske mreže pokriva 40 % troškova, a od 2019. počinju se razvijati novi investicijski fondovi (REGATRACE, 2020).

Uvjeti za utiskivanje bioplina u plinske mreže, odnosno specifični uvjeti miješanja, koji su vrijedili 2016. godine prikazani su na Tablici 4-1:

**Tablica 4-2** Uvjeti utiskivanja bioplina u francusku plinsku mrežu, (Maggioni i Pieroni, 2016).

	Jedinica	Iznos
Wobble indeks	MJ/m <sup>3</sup>	V.plin: 49,1 – 56,52 N.plin: 43,24 – 47,02
Uk.kalorična vrijednost	MJ/m <sup>3</sup>	V.plin: 38,52 – 46,08 N.plin: 34,2 – 37,8
Relativna gustoća		0,555 – 0,7
Rosište vode	°C	< 5 °C (pri max. P)
Rosište ugljikovodika		< 2 °C (1-70 bar)
CH <sub>4</sub>	%	>95
CO <sub>2</sub>	%	<2,5
H <sub>2</sub>	%	<6
CO	%	<2
O <sub>2</sub>	%	<100 ppmv
Ukupan sumpor	mgS/m <sup>3</sup>	<30
H <sub>2</sub> S	mgS/m <sup>3</sup>	<5
Merkaptani	mgS/m <sup>3</sup>	6,0
Udio odoranata	mg/m <sup>3</sup>	15-40
NH <sub>4</sub>	mg/m <sup>3</sup>	<3
Hg	µg/m <sup>3</sup>	<1
Cl	mg/m <sup>3</sup>	<1
Spojevi koji sadrže fluor (F)	mg/m <sup>3</sup>	<10

Međutim, prema podacima iz 2020. godine biometan se prodaje i utiskuje direktno u plinsku mrežu bez nekih specifičnih uvjeta miješanja (REGATRACE, 2020).

## 5. ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U MAĐARSKOJ

### 5.1. Izvori bioplina i biometana

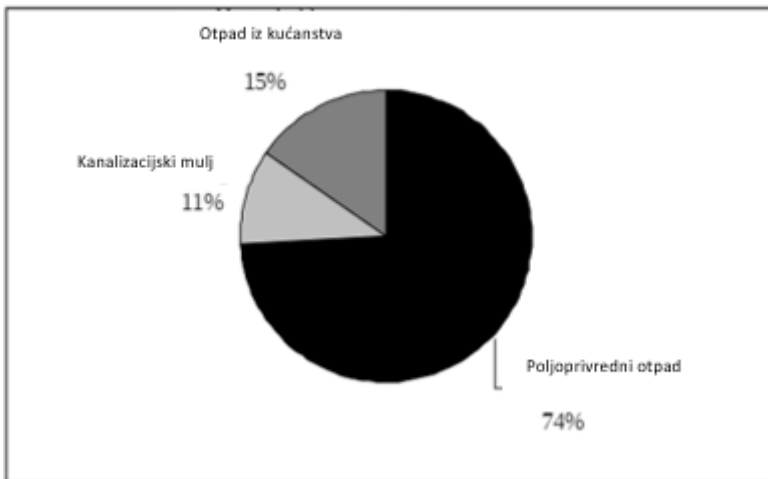
Svake godine u Mađarskoj se proizvede znatna količina organskog otpada i nusproizvoda iz poljoprivrede, prehrambene industrije i komunalnog sektora koji bi se mogli iskoristiti kao izvori za proizvodnju bioplina i biometana (Fazekas et al., 2013). Time bi se uostalom doprinijelo i financijskim uštedama kompanija, diversifikaciji resursa i lokalnom razvoju kao i kreiranju lokalnih radnih mjesta, a u pogledu očuvanja okoliša svakako bi se utjecalo na očuvanje fosilnih resursa, tretmane otpada, smanjenje stakleničkih plinova i tako dalje.



Slika 5-1 Poljoprivredna bioplinska postrojenja u Mađarskoj 2014., (Fazekas et al., 2013)

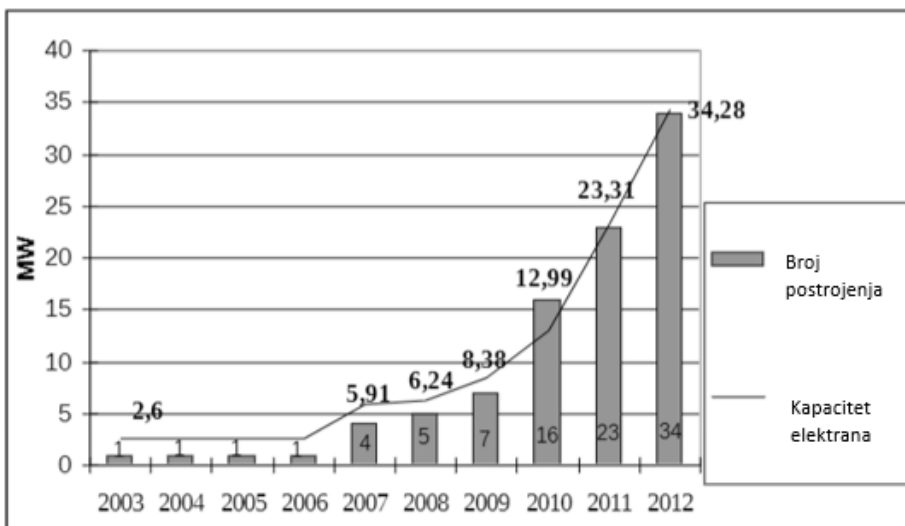
Na Slici 5-1 prikazana je rasprostranjenost bioplinskih postrojenja s poljoprivrednim otpadom kao izvorom u Mađarskoj 2014. godine. Logika iza rasporeda bioplinskih postrojenja manjih kapaciteta bila je upravo blizina velikih stočnih farmi i sličnih posjeda kako bi se lakše došlo do izvora za proizvodnju bioplina (Fazekas et al., 2013)

2013. godine većina bioplinskih postrojenja Mađarske kao izvor za proizvodnju bioplina koristilo je upravo poljoprivredni otpad, što se vidi i na grafičkom prikazu na Slici 5-2.



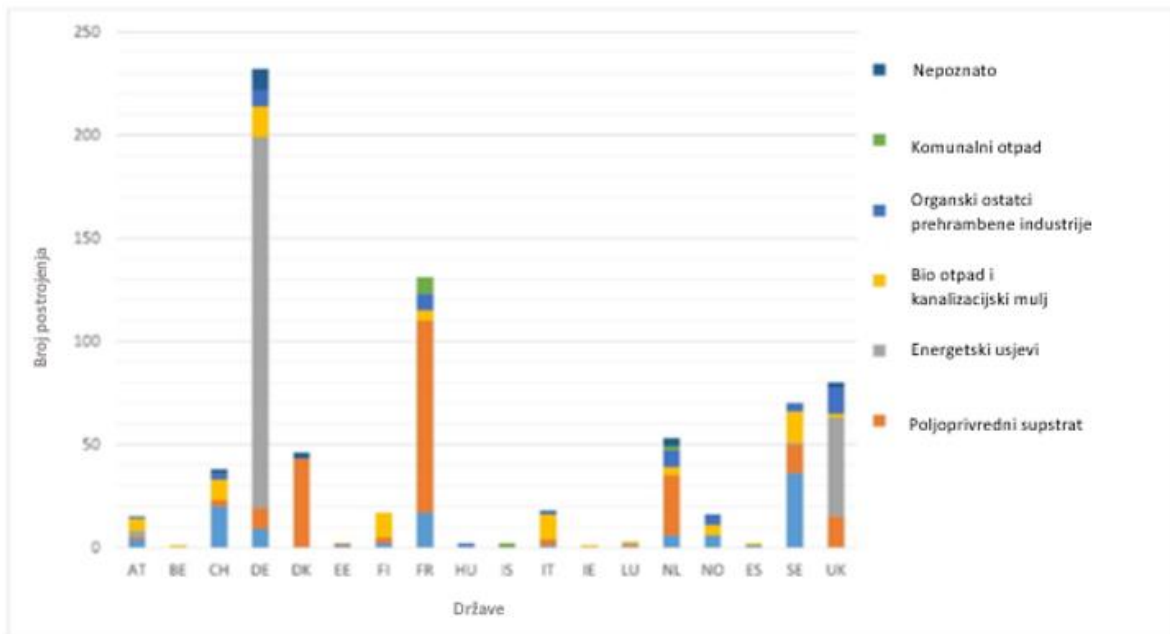
**Slika 5-2** Udio sirovina u energiji proizvedenoj u mađarskim bioplinskim postrojenjima 2012., (Fazekas et al., 2013)

U to vrijeme bilo je 34 takvih bioplinskih postrojenja, a na Slici 5-3 vidimo da su njihovi maksimalni kapaciteti iznosili nešto manje od 35 MW.



**Slika 5-3** Broj i kapacitet bioplinskih postrojenja koja se koriste poljoprivrednim otpadom u Mađarskoj (Fazekas et al., 2013).

Prema podacima iz 2022. godine može se očitati kako je u Mađarskoj kao najzastupljeniji izvor proizvodnje bioplina bila prehrambena industrija i industrija pića, odnosno njihov industrijski otpad što je vidljivo iz prikaza na Slici 5-4:

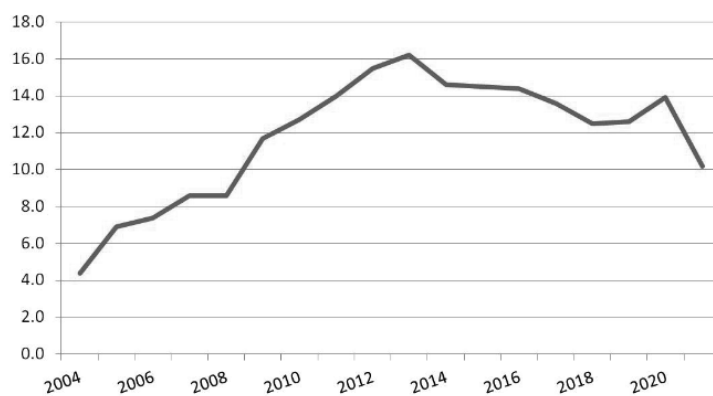


**Slika 5-4** Distribucija postrojenja po vrsti sirovine u članicama EU, Norveškoj i UK, (Ignaciuk et al., 2023)

Podaci koji bi govorili o izvorima proizvodnje bioplina i biometana u tom desetogodišnjem međurazdoblju su manjkavi.

## 5.2. Uporaba bioplina i biometana Mađarske

Na grafu Slike 5-5 prikazan je udio obnovljivih izvora energije u Mađarskoj od 2004. do 2022. godine. Procjenjuje se kako je 70 % od tih obnovljivih izvora energije korišteno za grijanje, 17 % za električnu struju, a ostatak za prijevoz (Deak, 2022).



**Slika 5-5** Udio obnovljive energije u bruto finalnoj potrošnji energije u Mađarskoj, (Deak, 2022).

Primarna potrošnja bioplina u Mađarskoj iznosi otprilike petinu u odnosu na razinu zemalja Europske unije (Deak, 2022). 2022. godine u Mađarskoj je bilo zabilježeno 76 bioplinski postrojenja koja su koristila poljoprivredni otpad kao izvor proizvodnje, no samo su dva takva postrojenja bila sposobna i provoditi procesom pročišćavanja bioplina u biometan i od ta dva samo je jedan bio spojen na plinsku mrežu Mađarske iako zbog broja kućanstava (74,9 % cjelokupnog broja Mađarskih kućanstava) spojenih na plinsku mrežu postoji prilika za veću uporabu biometana (Deak, 2022).

Bioplinsko postrojenje Szarvas jedno je od najvećih na području centralne istočne Europe te preradom otpada iskorištava organski otpad kako bi proizvela električnu energiju i toplinu sa kapacitetom kombinirane energetske proizvodnje do 4 MW električne energije (Szóke, 2023). Godišnje, bioplinsko postrojenje Szarvas procesuirala oko 40 000 tona otpada i proizvede prosječno 12,5 milijuna metara kubičnih bioplina (Szóke, 2023).

### **5.3. Stanje i standardi mađarske transportne plinske mreže**

U Mađarskoj je krajem 2019. godine jedno od dvaju biometanskih postrojenja bilo spojeno na plinsku mrežu prirodnog plina i iznosilo je 67 GWh po godini (SER et al., 2021), odnosno nije bilo spojeno 50 % biometanskih postrojenja Mađarske, a takva je situacija bila i u Norveškoj dok je gora bila u Švedskoj gdje 75 % biometanskih postrojenja nije bilo spojeno na plinsku mrežu te u Italiji i Islandu gdje nije bilo nijedno spojeno (Schmid et al., 2019).

Što se tiče samog procesa licenciranja bioplinskih postrojenja u Mađarskoj činjenica je da je ono komplicirano i da nije sigurno hoće li se uopće inicijalna kapitalna investicija isplatiti za vrijeme rada bioplinskog postrojenja čak i uz subvencioniranje (Deak, 2022). Specifično, u Mađarskoj su investiranja u bioplin i biometan potaknuta bespovratnim potporama, a početna je cijena zelene struje postavljena na nisku razinu (Deak, 2022). Bitno je napomenuti kako bespovratna potpora ne pokriva trošak cijele investicije te su dakako potrebni i drugi krediti što sve stavlja daljnji financijski pritisak na poduzetnike, a ovi se poticaji mogu usporediti sa onima u ostalim europskim zemljama gdje je to uređeno tako da kupnja zelene struje rezultira cijenama duplim onih mađarskih (Deak, 2022).



Nadalje, u 2021. godini novi sustav spajanja na transmisijske i distribucijske mreže u Mađarskoj podrazumijevao je mogućnost spajanja na mreže kroz sudjelovanje u konkurentnom natječaju za dodjelu prava ili pak kroz individualnu proceduru kako bi se omogućilo spajanje na mreže bez plaćanja cijene mrežnog pristupa (Füzi i Bedő, 2023). Broj mjesta odnosno kapaciteta za besplatne pristupe mreži regularno određuje mađarski operater mreža to jest MAVIR Zrt te se operateri postrojenja mogu prijavljivati za ta mjesta (Füzi i Bedő, 2023). Međutim, zbog loših rezultata ovog sustava u 2022. određeno je kako će se pristup mreži ostvarivati kroz individualne procedure u kojima operater postrojenja ostvaruje upravo svoj pristup mreži, a svi se troškovi takvih razvoja snose od strane operatera uključujući i one nužne za javni razvoj mreže (Füzi i Bedő, 2023). Što se tiče posebnih uvjeta miješanja koje mora zadovoljiti biometan prije utiskivanja u plinsku mrežu oni se mogu očitati sa Tablice 5-1 prikazane dolje, a tiču se kisika i ugljičnog dioksida kao i Wobbe-indeksa.

**Tablica 5-1** Standardi utiskivanja u mađarsku plinsku mrežu, (Scholwin et al., 2020)

		Granične vrijednosti (prema EASEE)	
Parametar	Jedinica	min	max
Wobbe indeks( $W_{d,g}$ )	kWh/m <sup>3</sup>	13,6	15,81
CO <sub>2</sub>	Mol%		2,5
O <sub>2</sub>	Mol%		0,001

Prema sektoru za obnovljive izvore energije kao rashod do 2030. godine za Mađarsku navodi potrebu ukupnog investiranja u obnovljive izvore energije u iznosu od otprilike 44,5 bilijuna € (Ślusarz et al., 2023). Od trenutnog investicijskog stanja u Mađarske obnovljive izvore energije važno je i napomenuti doprinos europskih fondova. Europska je komisija odobrila Mađarskoj iznos od 2,36 milijardi € za njihov plan ubrzanog investiranja u strategijske sektore u skladu sa Green Deal Industrial Plan-om te je tom mjerom moguće ostvariti potporu kroz direktne potpore ili porezne olakšice (European Commission, 2023). Jedna od mjera direktnih potpora utječe na bioplinsku produkciju, a to je mjera ubrzanja izvođenja obnovljive energije. Prema mjeri ubrzanja izvođenja obnovljive energije zemlje članice mogu stvarati sheme za investicije u sve obnovljive izvore energije što uključuje i

bioplin i biometan sa pojednostavljenim natječajnim procedurama koje su brzo implementirane uz zaštitne mjere radi jednakih mogućnosti (European Commission, 2023).

Aktualno u području bioplina i biometana Mađarske je kupnja bioplinskog postrojenja Szarvas 25. Srpnja 2023. godine od strane MOL grupe, s ciljem razvoja mogućnosti i kapaciteta postrojenja za razvoj obnovljive energije kao i ubrzanje samog procesa tranzicije regije na obnovljivu energiju (Szóke, 2023). Iz trenutnih investicijskih programa i događanja u Mađarskoj vidljivo je kako se može očekivati rast u proizvodnji i uporabi bioplina i biometana.

## **6. BUDUĆNOST TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA ODABRANIH DRŽAVA**

U 2023. godini 130 je zemalja postavilo cilj nultih emisija stakleničkih plinova do 2050. godine, a u kontekstu Pariškog sporazuma (pravno obvezujućeg internacionalnog dokumenta o klimatskim promjenama) 110 od 191 zemalja potpisnica je predalo novi nacionalni akcijski plan o smanjenju emisija i pružanju financijske pomoći potrebitijim zemljama (Mertins et al., 2023). Vrijednost se prirodnog plina smanjuje u svijetu zbog dekarbonizacije energetskeg sustava, a najveći doprinos istomu u budućnosti nositi će vodik i biometan (Mertins et al., 2023).

Prema Nacionalnom klimatskom i energetskeg planu Njemačke postavljen je cilj od 30 % udjela obnovljive energije u ukupnoj energetskeg potrošnji do 2030. godine, a 2021. godine Njemačka je vlada uredila svoj Zakon o klimatskeg zaštiti tako što je prihvatila ambicioznije ciljeve u pogledu klimatske zaštite na nacionalnoj razini (IEA, 2021). Ciljevi Njemačkog klimatskeg akcijskeg plana do 2050. godine su (IEA, 2021):

1. 60 % udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije.
2. 80 % udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji struje.
3. 40 % smanjenja energetske potrošnje u sektoru transporta.
4. 50 % smanjenja cjelokupne energetske potrošnje.
5. 80-95 % smanjenja emisija stakleničkih plinova.

Njemačka je kasnije odobrila pravne promjene koje su omogućile ubrzanje procesa postizanja klimatske neutralnosti te sad planira ostvariti svoje ciljeve do 2045. godine, a ne 2050. (IEA, 2021). Obzirom na činjenicu da je Njemačka za sada vodeća po proizvodnji i uporabi bioplina i biometana u Europi može se očekivati kako će upravo oni imati veliku ulogu u ostvarenju klimatskeg ciljeva Njemačke.

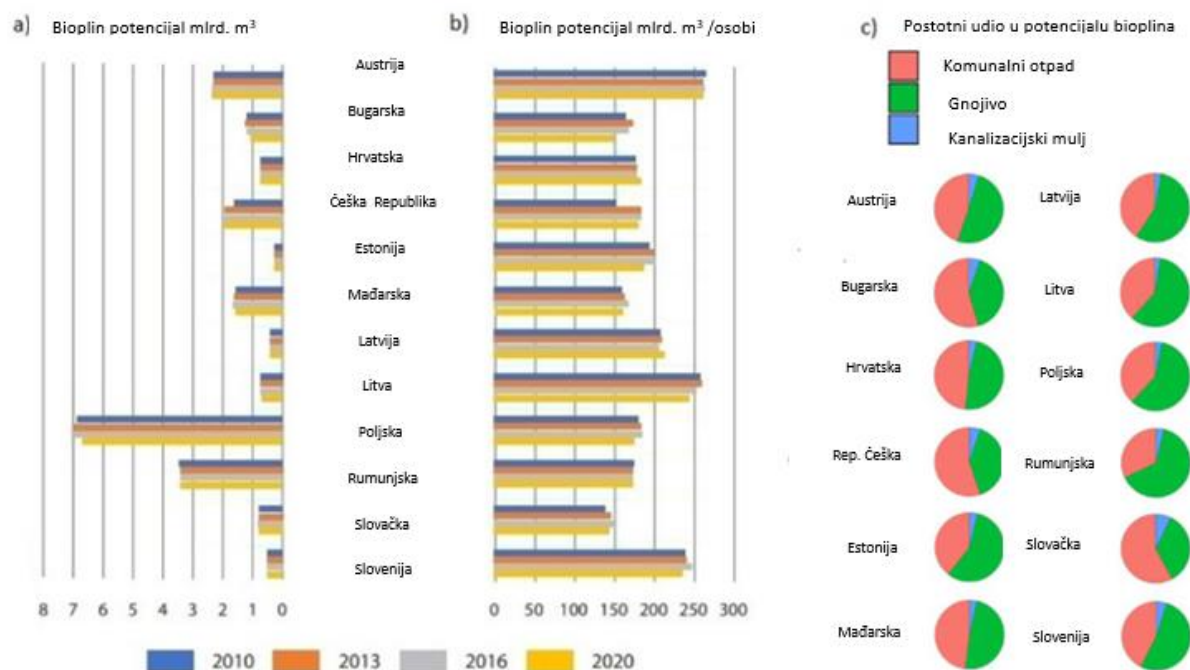
Francuska pak po pitanju ubrzanja energetskeg tranzicije kao jednu od metoda navodi utiskivanje biometana u plinsku mrežu (Teréga, 2021). Zakon o energetskeg tranziciji za zeleni razvoj (LTECV) kao cilj postavlja povećanje udjela obnovljivih plinova u francuskeg potrošnji prirodnog plina za 10 % do 2030. godine dok novi Dugotrajni energetskeg raspored (PPE) postavlja kao cilj utiskivanje 7 do 10 % biometana u mrežu također do 2030. godine, a do 2028. za biometansko utiskivanje postavlja cilj od 14 do 22 TWh (Teréga, 2021). Po pitanju znanja francuskeg potrošača o bioplina i biometanu može se reći kako oni nisu sasvim

sigurni i podijeljenih su mišljenja; mogu navesti financijske i okolišne razloge za i protiv bioplina, a preferiraju izvore poput poljoprivrednog i kućanskog otpada dok odbacuju ideju energetske usjeva (Herbes et al., 2018). Ukratko, francuska javnost vrednuje lokalnu proizvodnju malih proizvođača i odobrava benefite koje bioplin donosi po pitanju okoliša no ima iskrivljenu sliku cijene biometanske proizvodnje (Herbes et al., 2018). Bioplin i biometan u Francuskoj postaju sve razvijeniji i prihvaćeniji te bi u budućnosti, uz prihvaćanje bioplina od strane stanovništva, Francuska mogla postati vodeća u proizvodnji bioplina i biometana kao i njihovoj uporabi.

Mađarska od 2017. godine povećava svoje ambicije po pitanju rješavanja klimatskih izazova te je u 2020. postala jedna od prvih zemalja centralne Europe koja je postavila cilj ugljične neutralnosti za 2050. godinu u zakon i predstavila Nacionalnu strategiju za čisti razvoj. Cilj za 2030. godinu koji je Mađarska postavila je da 90 % njene proizvodnje električne energije bude iz nisko-ugljičnih izvora (IEA 50, 2022). Na Tablici 6-1 i Slici 6-2 vidi se prikaz potencijala Mađarske po pitanju proizvodnje bioplina iz kojeg se može zaključiti kako je budućnost bioplina i biometana Mađarske obećavajuća.

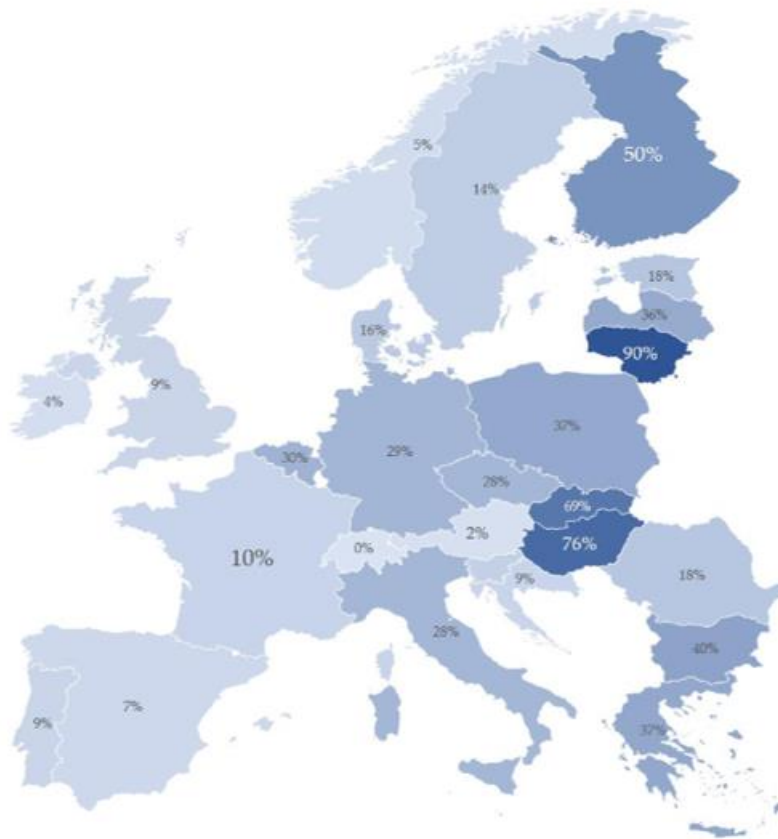
**Tablica 6-1** Proizvodnja i potencijal bioplina u Mađarskoj, (Fazekas et al., 2013)

<b>Sirov materijal</b>	<b>Trenutno iskorišten materijal(milijun m<sup>3</sup>/god )</b>	<b>Ekvivalent trenutnoj utilizaciji u prirodnom plinu (mil. m<sup>3</sup>/god )</b>	<b>Potencijalno iskoristiv volumen (mil. m<sup>3</sup>/god )</b>	<b>Prirodni plin ekvivalentan utilizaciji (mil. m<sup>3</sup>/god )</b>
Komunalni plin	24,27	11,1	36	16,5
Kanalizacijski plin	16	9,6	72	43,2
Bioplin od poljoprivrednog otpada	71	45,4	1064	681
<b>Ukupno</b>	<b>111,24</b>	<b>66,1</b>	<b>1172</b>	<b>740,7</b>



**Slika 6-1** Potencijal bioplina (a) po populaciji (b) s potencijalnim udjelom za individualne izvore na državnoj razini (c), (Šlusarz et al., 2023)

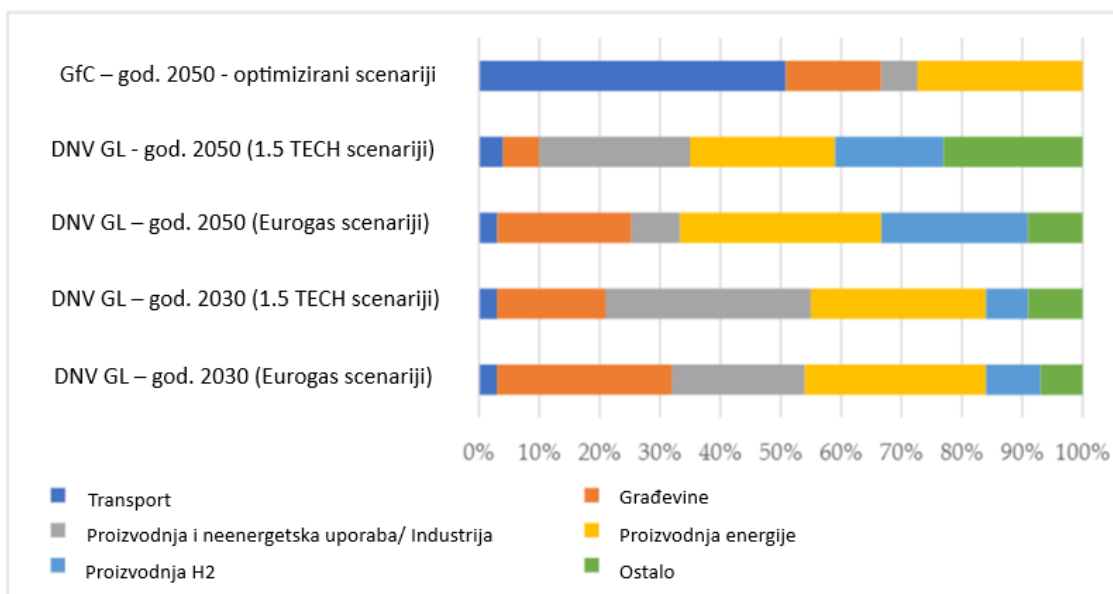
Što se tiče samog stanja energetskog tržišta u Europi, ono je sada obilježeno Rusko-ukrajinskom krizom te bi se moglo reći kako je to najveća energetska kriza od 1973. godine zbog čega autoriteti europskih zemalja postupno redefinišu svoje energetske politike koje su se oslanjale na ruski uvoz prirodnog plina, petrolejskih proizvoda i fosilnih goriva (Ignaciuk et al., 2023). Na ispod prikazanoj karti Slike 6-2 može se vidjeti u kojem postotku su ruska fosilna goriva činila dio potrošnje kućanstava zemlje.



**Slika 6-2** Udio uvoza ruskih fosilnih goriva u ukupnoj domaćoj potrošnji u 2019. (Ignaciuk et al.)

Zbog energetske krize, Europska unija predstavila je akcijski plan u 2022. koji bi trebao poslužiti kao podloga za prevladavanje izazova nedostupnosti prirodnog plina i fosilnih goriva iz Rusije i smanjenjem potrebe za istim (Ignaciuk et al., 2023). Kao ključan dio u tom procesu Europska komisija navodi obnovljive izvore energije, a posebno biometan te kao jedan od ciljeva postavlja povećanje potrošnje biometana u zemljama članicama sa 166,1 do 341,9 TWh godišnje (Ignaciuk et al., 2023). Biometanski akcijski plan europske unije podrazumijeva financijsku podršku zemljama članicama u iznosu od 35 milijardi € što svakako pridonosi ostvarivosti cilja, no biti će potrebno i pružiti tehnološku podršku zemljama bez dostatnih tehnoloških mogućnosti kao i omogućiti odvojeno sakupljanje organskog otpada radi proizvodnje bioplina, odnosno biometana te bi bilo poželjno stvoriti partnerstvo biometanske industrije koje bi ujedinilo vladine sektore, znanstveni sektor i industrijski sektor (Ignaciuk et al., 2023).

Ključna je posljedica ove krize povećanje cijena prirodnog plina do te razine da će biti mnogo isplativije ulagati u proizvodnju biometana i povećati će se njegova profitabilnost; iako činjenica je da je teško predviđati razvoje cijena istih jer je samo područje podložno promjenama i obilježeno visokom razinom nesigurnosti (Ignaciuk et al., 2023). Međutim, može se predviđati u kojim će sektorima biti najviša potražnja za bioplinom i biometanom u budućnosti što je i prikazano na grafikonu Slike 6-3 ispod:



**Slika 6-3** Očekivana struktura potražnje za biometanom u 2030. i 2050. godini u EU. Izvor: elaboracija temeljena na Kate et al. i Terlouw et al. (Ignaciuk et al., 2023),

Strategije za koje se smatra da bi mogle povisiti profitabilnost biometanskih postrojenja su na primjer prodaja nusproizvoda ugljikovog dioksida, ali po cijeni od bar 70 € po toni kao i barem 75 % iskorištenosti otpada u kombinaciji sa subvencijama na otprilike 70 % investicijskog troška (González-Castaño et al., 2023). Pri odabiru metode pročišćenja bioplina u biometan glavni su kriteriji niži troškovi i uvjeti kvalitete plina (Aworanti et al., 2023). Jedan od načina kako bi se moglo nositi sa smanjenjem troškova je korištenje nusproizvodnog ugljikovog dioksida za druge svrhe poput proizvodnje algi ili za poboljšano dobivanje nafte što bi onda ojačalo koncept kružne bioekonomije, ali za to je potrebno i posvetiti više istraživačke pažnje na proces izdvajanja ugljikovog dioksida (Aworanti et al., 2023).

## 7. ZAKLJUČAK

U 2023. je broj biometanskih postrojenja u Europi dostigao 1322, a novih je postrojenja od 2021. bilo 299 što je gotovo 30 % ukupnog broja postrojenja (GIE, 2023). Broj biometanskih postrojenja u Europi kontinuirano raste; 2018. godine ih je bilo 483, 2020. godine 729, a 2021. godine 1023 postrojenja (GIE, 2023). Unatoč tome stanje tržišta biometana u državama članicama i njihovi trenutni zakonodavni okviri su raštrkani pošto svaka država članica ima svoj pogled na subvencije i buduću ulogu obnovljivog plina, pa je prekogranična trgovina biometanom još uvijek ograničena. Kontinuirana suradnja između vlada, industrija i istraživačkih institucija ključna je za prevladavanje ovih prepreka i postizanje ambicioznih klimatskih ciljeva Europe.

Primjetan je trend smanjenja subvencija za bioplin u korist biometana, čiji proizvođači imaju veću vjerojatnost postizanja neovisnosti o subvencijama zbog širih *end-use* mogućnosti, a time i tržišnih mogućnosti.

Odabrane države su u znatno različitim stadijima razvoja svojih biometanskih projekata. Njemačka ima najdužu tradiciju proizvodnje i korištenja biometana i već dugo se smatra europskim vodičem na području utilizacije biometana ne samo u Europi već i ostatku svijeta. U njoj je pak usporilo ulaganje u nova postrojenja i zamjenjuje se ulaganjem u fleksibilnost mreže, poboljšanje tehnologija separacije, fermentacije i drugih dijelova procesa.

Francuska ima iznimno dinamičan sektor za razvoj biometana i na tom području se smatra vjerojatnim budućim liderom u Europi. Za to su dijelom odgovorni i specifični i ambiciozni energetske ciljevi postavljeni od strane francuske vlade koji se odražavaju u velikom broju novosagrađenih biometanskih postrojenja i registriranih projekata u ovom sektoru.

Mađarska je jedna od mnogih europskih država s biometanskim sektorom u ranijoj fazi razvoja, međutim ima znatan potencijal po pitanju proizvodnje bioplina što stvara obećavajuću sliku kad se spoji s njenim ambicijama za povećavanje ulaganja u zelene tehnologije i potrebu za većom energetske samostalnosti.

Sve u svemu, budućnost biometana, i do nekog manjeg stupnja bioplina, u Europi izgleda pozitivno budući da igra ključnu ulogu u naporima kontinenta za diverzifikaciju energetske platforme i sastavni je dio tranzicijskih planova u nekim od najvećih europskih država.



## LITERATURA

1. AWORANTI, O. A., AJANI, A. O., OMOTSO AGBEDE, O., RIZWANUL FATTAH, I. M., ENAHORO AGARRY, S., OGUNKUNLE, O., LASEINDE, O. T., KALAM, M. A. 2023. *Enhancing and upgrading biogas and biomethane production in anaerobic digestion: a comprehensive review*, *Frontiers in energy research*, 11
2. BGX. 2022., *State of play of European biomethane production* URL:<https://biogemexpress.com/2023/04/13/state-of-play-of-european-biomethane-production/> (13.9.2023.)
3. BÖGER, M., FUOSS, K. 2023. *The Energy Transition in Germany: Carbon Neutrality in the Balancing Act between Energy Demand and Energy Supply*, *Antriebe und Energiesysteme von morgen*, str. 140-151.
4. DEAK, Z. 2022., *Comparison of the Return on Investment of Two Energy Production Companies in Hungary Using Different Biomass-Based Technologies*, *Studia Ekonomiczne i Regionalne*, 15(3), str. 398-408.
5. EBA. 2017. *European biomethane standards for grid injection and vehicle fuel use*, URL:<https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2017/12/6.-Arthur-Workshop-Amsterdam-Wellinger.pdf> (15.7.2023.)
6. EBA. 2020. *The contribution of the biogas and biomethane industries to medium-term greenhouse gas reduction targets and climate neutrality by 2050*, URL: [https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/04/20200419-Background-paper\\_final.pdf](https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/04/20200419-Background-paper_final.pdf) (15.7.2023.)
7. EBA-GiE. 2020. *European biomethane map*, URL: [https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/06/GIE\\_EBA\\_BIO\\_2020\\_A0\\_FULL\\_FINAL.pdf](https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/06/GIE_EBA_BIO_2020_A0_FULL_FINAL.pdf) (8.8.2023.)  
EUROPEAN COMMISSION. 2023. *Commission approves €2.36 billion Hungarian scheme for accelerated investments in strategic sectors to foster the transition to a net zero economy*. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_3851](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3851) (13.9.2023.)
8. FAZEKAS, I., SZABO, G., SZABO, S., PALÁDI, M., SZABÓ, G., TÚRI, Y., BUDAY, T., KENÉYI, A. 2013. *Biogas utilization and its environmental benefits in Hungary*, *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 4(2), str. 129-135.
9. FÜZI, Z., BEDŐ, E. 2023. *CEELM Legal comparative guide to renewables energy in Hungary*, *CEE League Matters*, URL:<https://ceelegalmatters.com/renewable-energy-2023/renewable-energy-hungary-2023> (21.7.2024.)
10. GEELLEN, J., JOSSART, J.-M., KARAMPINS, M., 2023. *Bioenergy Europe statistical report 2023*, *Izveštaj*. Bruxelles: Bioenergy Europe
11. GiE. 2023. *New record for biomethane production in Europe shows EBA/GiE Biomethane Map 2022-2023*, URL: <https://www.gie.eu/press/new-record-for-biomethane-production-in-europe-shows-eba-gie-biomethane-map-2022-2023/> (20.7.2024.)
12. GONZÁLEZ-CASTAÑO, M., HANI KOUR, M., GONZÁLEZ-ARIAS J., BAENA-MORENO, F. M., ARELLANO-GARCIA, H. 2021. *Promoting bioeconomy routes: From food waste to green biomethane. A profitability analysis based on a real case*

- study in eastern Germany*, Studijia. Cottbus: BTU, León: University of León, Seville: University of Seville
13. Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje. 2021., *Bioplin* URL: <https://eko.zagreb.hr/bioplin/91> (25.7.2023.)
  14. HASAN, S., ALAM, M., AKTER, A., UDDIN, I., KHALED, M., RAHMAN, H. 2023. *Biogas production from cafeteria waste by anaerobic digestion*, Studija. Gazipur: Islamic University of Technology
  15. HERBES, C., CHOUVELLON, S., LACOMBE., J. 2018. *Towards marketing biomethane in France—French consumers' perception of biomethane*, Energy, Sustainability and Society, 8(1)
  16. IEA. 2021., *Implementation of bioenergy in Germany – 2021 update* URL: [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021\\_Germany\\_final.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_Germany_final.pdf) (26.8.2023.)
  17. IEA 50. 2022. *Hungary's clean energy transition is the key to reach energy independence*. URL: <https://www.iea.org/news/hungary-s-clean-energy-transition-is-the-key-to-reach-energy-independence> (13.9.2023.)
  18. IGNACIUK, W., SULEWSKI, P., SZYMAŃSKA, M., WES, A. 2023. *Development of the Biomethane Market in Europe*, Energies, 16(4)
  19. MAGGIONI, L., PIERONI, C. 2016. *Deliverable D5.2: Report on the biomethane injection into national gas grid*, Izvještaj. ISAAC Project
  20. MERTINS, A., HEIKER, M., ROSENBERG, S., WAWER, T. 2023. *Competition in the conversion of the gas grid: Is the future of biogas biomethane or hydrogen?*, International Journal of Hydrogen Energy, 48(1), str. 32469-32484.
  21. MOULD, K., SILVA, F., KNOTT, S. F., O'REGAN, B. 2022. *A comparative analysis of biogas and hydrogen and the impact of the certificates and blockchain new paradigms*, Science Direct 47(93), str. 39303-39318.
  22. PAVIČIĆ, J., NOVAK MAVAR, K., BRKIĆ, V., SIMON, K. 2022. *Biogas and Biomethane Production and Usage: Technology Development, Advantages and Challenges in Europe*, Energies, 15(8)
  23. REGATRACE. 2020. *D6.1 Mapping out the state of play of renewable gases in Europe* URL: <REGATRACE-D6.1.pdf> (15.7.2023.)
  24. SAVICKIS, J. ZEMITE, L. ZELTINS, N. BODE, I. JANSONS, L. DZELZITIS, E. KOPOSOVS, A. SELICKIS, A. ANSONE A. 2020., *The Biomethane Injection Into the Natural Gas Networks: The EU'S Gas Synergy Path*, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 57(4), str. 34-50.
  25. SCHOLWIN, F., GROPE, J., CLINKSCALES, A., BOWE. S., 2020. *Biomethane Production and Grid Injection: German Experiences, Policies, Business Models and Standards*, Izvještaj. Beijing: Sino-German Synergy Partnership
  26. SER, GRDF, GRTgaz, SPEGNN and TERÉGA. 2021., *Renewable Gas French Panorama 2021*, URL:<https://www.grdf.fr/documents/10184/5547096/SER-PanoramaGazRenouvelable2021+ENG+V3.pdf/2807bf30-3c0d-ab99-0ba7-6cec61dea4a0?t=1652450632082> (26.8.2023.)
  27. SIA PARTNERS. 2020. *European biomethane benchmark* URL: [https://www.sia-partners.com/system/files/document\\_download/file/2020-12/Sia%20Partners\\_Benchmark\\_Europe\\_Biomethane\\_2020\\_EN\\_0.pdf](https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2020-12/Sia%20Partners_Benchmark_Europe_Biomethane_2020_EN_0.pdf) (29.8.2023.)
  28. ŚLUSARZ, G, TWARÓG, D., GOLEBIEWSKA, B., PLUTECKI, P., GOŁĘBIEWSKI, J., CIERPIAŁ-WOŁAN, M. 2023. *The Role of Biogas Potential*

- in Building the Energy Independence of the Three Seas Initiative Countries*, *Energies*, 16(3)
29. SZÓKE E. 2023. *MOL took over biogas plant in Hungary*, *Ceenergy News*. URL:<https://ceenergynews.com/renewables/mol-took-over-biogas-plant-in-hungary/> (20.7.2024.)
  30. TERÉGA. 2021, *What are the prospects for biogas and biomethane in France in 2021?*, URL: <https://www.terega.fr/en/newsroom/editorial/what-are-the-prospects-for-biogas-and-biomethane-in-france-in-2021/> (26.8.2023.)  
URL:<https://ceenergynews.com/renewables/mol-took-over-biogas-plant-in-hungary/> (20.7.2024.)
  31. THRÄN, D., DEPRIE, K., DOTZAUER, M., KORNTATZ, P., NELLES, M. RADTKE, K. S., SCHINDLER H. 2023. *The potential contribution of biogas to the security of gas supply in Germany*, *Energy, Sustainability and Society*, 13(1)
  32. ZAMBRANO, T. Y. M., BRAVO MERO, T. B., MOREIRA VERA, T. V., VELEPUCHA SÁNCHEZ J., VÁZQUEZ PÉREZ A. 2021. *Biogas, friendly and sustainable energy for small producers: Cost analysis for a rural farm*, *PJAE*, 18(8), str. 205-215.

## **IZJAVA**

*Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.*



---

Roko Markov



KLASA: 602-01/24-01/111  
URBROJ: 251-70-12-24-2  
U Zagrebu, 11. 9. 2024.

Roko Markov, student

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/111, URBROJ: 251-70-12-24-1 od 26.06.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### ANALIZA TRŽIŠTA BIOPLINA I BIOMETANA U ODABRANIM DRŽAVAMA

Za mentoricu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof. dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentorica:

(potpis)

Prof. dr. sc. Daria Karasalihović  
Sedlar

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Karolina  
Novak Mavar

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)