



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte


Reģ. Nr. 90000041898 // Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001 // Tālr. +371 63 022 584 // edokuments@lbtu.lv // www.lbtu.lv

ATSKAITE

Biogāzes stacijas BIO AURI pārveide par Biometāna vai ūdeņraža ražotni

Vaučēris Nr. VP-V-2022/49

Jelgava 2023



ATTĒLU SARAKSTS

ATT. 2.1. BIOGĀZES STACIJA SIA "BIO AURI"	11
ATT. 3.1. KOPĒJĀ GLOBĀLĀ DEGVIELU PATĒRIŅA ATTĪSTĪBAS PROGNOZE.	15
ATT. 3.2. ENERĢIJAS PATĒRIŅA TENDENČU UN CO2 EMISIJAS SASAISTE - ATTĪSTĪBAS PROGNOZE.	15
ATT. 3.3. GĀZVEIDA DEGVIELAS PIEPRASĪJUMA TENDENČU PROGNOZE (IESKAITOT ŪDENRADI – GAN FOSILO, GAN NO BIOVIDES IEGŪTO).	16
ATT. 3.4. ŪDENRAŽA KĀ DEGVIELAS PIEPRASĪJUMA TENDENČU PROGNOZE (IESKAITOT ŪDENRADI – GAN FOSILO, GAN NO BIOVIDES IEGŪTO).	16
ATT. 3.5. PROGNOZES JAUNU TRANSPORTLĪDZEKĻU DEGVIELU IZMANTOŠANĀ, LAI TIKTU SASNIEGTI SGE MAZINĀŠANAS MĒRĶI.	17
ATT. 3.6. TRANSPORTA DEGVIELAS LIETOŠANAS TENDENCES – APJOMU PROGNOZE.	17
ATT. 3.7. VIEGLĀ TRANSPORTA ATTĪSTĪBAS PROGNOZE.	17
ATT. 3.8. KRAVAS TRANSPORTA ENERĢIJAS IZMAIŅAS PROGNOZES.	18
ATT. 4.1. OGĻSKĀBĀS GĀZES ATDALĪŠANA, IZMANTOJOT PSA TEHNOLOĢIJU.	22
ATT. 4.2. MEMBRĀNU SEPARĀCIJAS SISTĒMA.	22
ATT. 4.3. BIOGĀZES DESULFURIZĀCIJAS IEKĀRTA.	23
ATT. 4.4. BIOGĀZES SKALOŠANAS CAUR ŪDENI SISTĒMAS PIEMĒRS.	23
ATT. 4.5. BIOMETĀNA IEGUVES PIEDĀVĀJUMS.	27
ATT. 4.6. BIOMETĀNA IEGUVES SISTĒMAS SKICE.	28
ATT. 5.1. POTENCIĀLAIS ŪDENRAŽA PATĒRIŅŠ GADĀ PĒC ĪPAŠNIEKU UN AUTOBUSU RAKSTUROJUMA	44
ATT. 5.2. POTENCIĀLAIS ŪDENRAŽA PATĒRIŅŠ GADĀ LOKOMOTĪVJU EKSPLOATĀCIJĀ	44
ATT. 5.3. ŪDENRAŽA PIEPRASĪJUMS KRAVAS TRANSPORTA SEKTORĀ PA SCENĀRIJIEM	45
ATT. 5.4. KOPĒJAIS ŪDENRAŽA POTENCIĀLAIS PIEPRASĪJUMS PA TRANSPORTA SEKTORIEM	46
ATT. 6.1. IZEJVIELU MODELIS - BLOKS XCOS VIDĒ	49
ATT. 6.2. BIOGĀZES IEGUVES CAPEX UN OPEX IZMAKSU APRĒĶINA MODELIS	50
ATT. 6.3. BIOMETĀNA IEGUVES CAPEX UN OPEX IZMAKSU APRĒĶINA MODELIS	51
ATT. 6.4. BIOGĀZES PAŠIZMAKSU (PĒC TILPUMA UN SILTUMSPĒJAS) APRĒĶINA MODELIS	52
ATT. 6.5. BIOGĀZES PAŠIZMAKSAS (PĒC TILPUMA) IZMAIŅAS GRAFIKS (EUR/M3 GADĀ)	52
ATT. 6.6. BIOGĀZES PAŠIZMAKSAS (PĒC SILTUMSPĒJAS) IZMAIŅAS GRAFIKS (EUR/MWH GADĀ)	53
ATT. 6.7. BIOMETĀNA PAŠIZMAKSU (PĒC TILPUMA UN SILTUMSPĒJAS) APRĒĶINA MODELIS	53
ATT. 6.8. BIOMETĀNA PAŠIZMAKSAS (PĒC TILPUMA) IZMAIŅAS GRAFIKS (EUR/M3 GADĀ)	54
ATT. 6.9. BIOMETĀNA PAŠIZMAKSAS (PĒC SILTUMSPĒJAS) IZMAIŅAS GRAFIKS (EUR/MWH GADĀ)	54
ATT. 7.1. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA IEKĀRTAS DARBA LAIKĀ – 20 GADI MAX – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS	56
ATT. 7.2. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA DARBA LAIKĀ (TILPUMA APRĒĶINS, EUR/KG) – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS	57
ATT. 7.3. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA DARBA LAIKĀ (SILTUMSPĒJAS APRĒĶINS, EUR/MWH) – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS	57
ATT. 7.4. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA IEKĀRTAS DARBA LAIKĀ – 20 GADI MAX – METACON OY PIEDĀVĀJUMS	58
ATT. 7.5. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA DARBA LAIKĀ (TILPUMA APRĒĶINS, EUR/KG) – METACON OY PIEDĀVĀJUMS	59
ATT. 7.6. ŪDENRAŽA RAŽOŠANAS IZMAKSU IZMAIŅAS REFORMATORA DARBA LAIKĀ (SILTUMSPĒJAS APRĒĶINS, EUR/MWH) – METACON OY PIEDĀVĀJUMS	59
ATT. 7.7. APVIENOTAIS ŪDENRAŽA IEKĀRTU PIEDĀVĀJUMU DINAMISKAIS MODELIS – 20 GADU DARBA MŪŽA MODELĒŠANA	60
ATT. 7.8. APVIENOTAIS ŪDENRAŽA IEKĀRTU PIEDĀVĀJUMU IZMAKSU GRAFIKS (ZAĻĀ LĪNIJA – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS, MELNĀ LĪNIJA – METACON OY PIEDĀVĀJUMS) - SILTUMSPĒJAS APRĒĶINS, EUR/MWH	60
ATT. 7.9. APVIENOTAIS ŪDENRAŽA IEKĀRTU PIEDĀVĀJUMU IZMAKSU GRAFIKS (ZAĻĀ LĪNIJA – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS, MELNĀ LĪNIJA – METACON OY PIEDĀVĀJUMS) - MASAS APRĒĶINS, EUR/KG.	61
ATT. 7.10. HYGEAR B.V. MODELIS AR PIEVIENOTU KOMPRESORA MODELI	62
ATT. 7.11. METACON OY HELBIO MODELIS AR PIEVIENOTU KOMPRESORA MODELI	63

ATT. 7.12. APVIENOTAIS ŪDEŅRAŽA IEKĀRTU PIEDĀVĀJUMU IZMAKSU GRAFIKS, IEVĒRTĒJOT KOMPRESORU (ZAĻĀ LĪNIJA – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS, MELNĀ LĪNIJA – METACON OY PIEDĀVĀJUMS) - MASAS APRĒĶINS, EUR/KG.	63
ATT. 7.13. APVIENOTAIS ŪDEŅRAŽA IEKĀRTU PIEDĀVĀJUMU IZMAKSU GRAFIKS, IEVĒRTĒJOT KOMPRESORU (ZAĻĀ LĪNIJA – HYGEAR B.V. PIEDĀVĀJUMS, MELNĀ LĪNIJA – METACON OY PIEDĀVĀJUMS) - SILTUMSPĒJAS APRĒĶINS, EUR/MWH	64
ATT. 7.14. PIEDĀVĀTO TEHNISKO RISINĀJUMU PIEDĀVĀTO PAŠIZMAKSU SALĪDZINĀJUMS, EUR/KG	64
ATT. 8.1. ATT. KRAVAS AUTO UN ATKRITUMU SAVĀKŠANAS AUTO AR ŪDEŅRAŽA DEGVIELAS SISTĒMĀM.	65
ATT. 8.2. KRAVAS AUTO UN ATKRITUMU SAVĀKŠANAS AUTO AR BIOMETĀNA DEGVIELAS SISTĒMĀM.	65
ATT. 8.3. PILSĒTAS AUTOBUSS (ŪDEŅRADIS).	66
ATT. 8.4. APVIENOTAIS BIOMETĀNA IEGUVES UN DEGVIELU SALĪDZINĀŠANAS MODELIS	67
ATT. 8.5. DEGVIELU IZMAKSU SALĪDZINĀJUMS UZ 1 KM (EUR/KM)	67

TABULU SARAKSTS

TABULA 2.1. BIOGĀZES RAŽOTNES KOĢENERĀCIJAS STACIJAS TEHNISKAIS RAKSTUROJUMS	13
TABULA 5.1. REĢISTRĒTO AUTOBUSU SKAITS PA KATEGORIJĀM	32
TABULA 5.2. BEZEMISIJU AUTOBUSU MĒRĶIS PUBLISKAJOS IEPIRKUMOS LATVIJAI	33
TABULA 5.3. ŪDEŅRAŽA ELEKTRISKO AUTOBUSU RAŽOTĀJU TEHNISKIE DATI	34
TABULA 5.4. LIELĀKO SABIEDRISKO AUTOBUSU PARKU POTENCIĀLAIS ŪDEŅRAŽA PIEPRASĪJUMS	36
TABULA 5.5. VIDĒJAIS N1 KATEGORIJAS TRANSPORTLĪDZEKĻA NOBRAUKUMS (KM) PĒC VECUMA	38
TABULA 5.6. VIDĒJAIS N2 KATEGORIJAS TRANSPORTLĪDZEKĻA NOBRAUKUMS (KM) PĒC VECUMA	38
TABULA 5.7. VIDĒJAIS N3 KATEGORIJAS TRANSPORTLĪDZEKĻA NOBRAUKUMS (KM) PĒC VECUMA	39
TABULA 5.8. TIRGŪ PIEDĀVĀTO ŪDEŅRAŽA ELEKTRISKO KRAVAS AUTOMAŠĪNU RAKSTURLIELUMI	40
TABULA 5.9. TIPISKI N3 KATEGORIJAS KRAVAS AUTOMAŠĪNU EKSPLOATĀCIJAS VARIANTI	41
TABULA 5.10. ŪDEŅRAŽA POTENCIĀLAIS PIEPRASĪJUMS KATRĀ SCENĀRIJĀ	42

SATURS

ATTĒĻU SARAKSTS.....	2
TABULU SARAKSTS	3
SATURS	4
1 PROJEKTA AKTUALITĀTE	6
1.1 Projekta mērķis	7
1.2 Atbalstāmās darbības apraksts un tās ietvaros veicamais uzdevums.....	7
1.3 Plānotais Rezultāts	8
2 Esošās SIA Bio Auri piederošās biogāzes koģenerācijas stacijas apraksts un tehnoloģiskās shēmas 9	
2.1 Cietās biomasas padeves iekārta ar tilpumu 29 m3.....	9
2.2 Šķidrā substrāta priekšvertne 85 m3	9
2.3 Pirmais fermenteris (biorekators).....	9
2.4 Integrēts desulfurizācijas bloks bioreaktorā	10
2.5 Pārspiediena / zemspiediena vārsts.....	10
2.6 Otrās pakāpes fermentācijas tvertne (pēc fermentācijas tvertne).....	10
2.7 Cauruļvadu sistēma	11
2.8 Koģenerācijas stacija	11
2.9 Papildu lāpa.....	12
2.10 Vadības bloks.....	12
2.11 Lagūnas tipa digestāta krātuve	12
2.12 Biomasas-skābbarības laukums.....	12
2.13 Resursu izmantošana (ūdens, enerģija un ķīmiskās vielas).....	12
2.14 Emisijas gaisā un to ietekme uz vidi	13
3 Esošās stacijas iespēju izvērtējums	15
4 Kvalitātes prasības/standartu biometānam kā degvielai transporta vajadzībām, tai skaitā pieejamie transportlīdzekļi tirgū	21
4.1 Iekārtu ražotāji biogāzes uzlabošanai līdz biometānam	27
5 Kvalitātes prasības/standarti ūdeņradim kā degvielai transporta vajadzībām, tai skaitā pieejamie transportlīdzekļi tirgū.....	30
5.1 Direktīva 2014/95/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu.....	30
5.2 Direktīva 2006/42/EK par mašīnām	31
5.3 Bezemisiju (FCEV) sabiedriskā transporta parka izvietojanas perspektīva Latvijā	31
5.3.1 Sabiedriskā transporta raksturojums Latvijā.....	32
5.3.2 Sabiedriskā transporta modernizācijas iespējas	33
5.3.3 Eksploatācijas nosacījumi.....	35
5.3.4 Potenciālais H2 pieprasījums	36
5.4 Bezemisiju kravas transporta perspektīva un to tehniskie risinājumi	37

5.4.1	Komerctransporta raksturojums Latvijā.....	37
5.4.2	Modernizācijas iespējas	39
5.4.3	Ekspluatācijas nosacījumi.....	40
5.4.4	Potenciālais ūdeņraža pieprasījums	41
5.4.5	Potenciālais ūdeņraža pieprasījums.....	43
5.5	Secinājumi ūdeņraža pielietojumam transporta sektorā.....	43
6	Iekārtu ražotāji biogāzes uzlabošanai līdz biometānam	48
6.1	Vadošo pasaules biogāzes attīrīšanas iekārtu ražotāju identificēšana	48
6.2	Biogāzes attīrīšanai līdz transporta degvielas kvalitātei.....	49
7	Ražotāju piedāvājumi	55
7.1	HyGear B.V piedāvājums	55
7.2	Metacon Oy - Helbio piedāvājums	57
7.3	Piedāvājumu salīdzinājums	59
7.4	Kompresijas un uzglabāšanas iekārtu pievienošanas modelis.....	61
8	Biometāna un ūdeņraža kā transporta degvielas risinājumu salīdzinājums	65
	SECINĀJUMI	68

1 PROJEKTA AKTUALITĀTE

Enerģētika ir kļuvusi par vienu no nozīmīgākajām tautsaimniecības nozarēm, jo mūsdienu cilvēces attīstība pieprasa arvien ātrākus tehnoloģiskos procesus, kas lielā mērā balstās uz enerģijas patēriņu. Daudzi agrāk populāri roku darbi tagad tiek aizstāti ar automatizētām un enerģijas intensīvām tehnoloģijām.

Saskaņā ar Starptautisko enerģētikas aģentūru (IEA) globālais enerģijas patēriņš 2022. gadā sasniedza aptuveni 163,8 miljardus tonnas ekvivalenta naftas (toe). Tas ir par 3,2 % vairāk nekā iepriekšējā gadā un par 1,3 % vairāk nekā 2019. gada līmenī pirms pandēmijas. Enerģijas patēriņa pieauguma galvenie virzītājspēki bija ekonomikas atveseļošanās no pandēmijas, iedzīvotāju skaita pieaugums un temperatūras paaugstināšanās.

IEA prognozē, ka globālais enerģijas patēriņš turpinās pieaugt līdz 2030. gadam un sasniegs 179,4 miljardus tonnas ekvivalenta naftas. Prognozes liecina, ka līdz 2040. gadam enerģijas patēriņš pieaugs par aptuveni 35%, līdz sasniedzot 220,000 teravatstundas gadā.

IEA prognozē, ka atjaunojamo enerģijas avotu īpatsvars globālajā enerģijas bilancē turpināsies pieaugt, līdz 2030. gadam sasniedzot 29 %.

Šeit ir dažas no galvenajām enerģijas patēriņa valstīm 2022. gadā:

- Ķīna (22,6 miljardi tonnu ekvivalenta naftas)
- ASV (19,8 miljardi tonnu ekvivalenta naftas)
- Indija (7,7 miljardi tonnu ekvivalenta naftas)
- Japāna (4,9 miljardi tonnu ekvivalenta naftas)
- Krievija (4,2 miljardi tonnu ekvivalenta naftas)

Enerģijas patēriņš ir nozīmīgs faktors globālajās klimata pārmaiņās. Enerģijas ražošana un patēriņš ietekmē aptuveni 2/3 no pasaules siltumnīcefekta gāzu emisijām. Lai tiktu galā ar klimata pārmaiņām, ir svarīgi samazināt enerģijas patēriņu un pāriet uz atjaunojamiem enerģijas avotiem.

Saskaņā ar Latvijas Enerģētikas aģentūras datiem Latvijas enerģijas patēriņš 2022. gadā bija 10,2 miljardi megavatstundu. No šī apjoma 47 % bija atjaunojamie enerģijas avoti, 40 % bija dabasgāze, 7 % bija ogles, 4 % bija nafta un 2 % bija kodolenerģija. Tomēr būtiska daļa no izmantotajiem energoresursiem Latvijā joprojām ir importēta. Piemēram, 2016. gadā patērēja 1,464,000 tonnas naftas produktu un 71,000 tonnas ogļu, kas rada enerģētisko atkarību no ārvalstu eksportētājiem. Latvijas enerģētiskā atkarība no importētajiem energoresursiem rada valsts politisko un ekonomisko atkarību no ārvalstu enerģijas piegādātājiem.

Šī pētījuma mērķis ir izvērtēt alternatīvus risinājumus, kā veicināt enerģētisko neatkarību Latvijā esošajā ģeopolitiskajā kontekstā. Ņemot vērā pieaugošo enerģijas pieprasījumu un nepieciešamību samazināt importa atkarību, šie risinājumi var ietvert atjaunojamo enerģiju, energoefektivitātes uzlabošanu vai citus veidus, kā novērst valsts atkarību no ārvalstu enerģijas avotiem.

Pēdējās energotehnoloģiju attīstības tendences transporta jomā ir vērstas uz oglekļa izslēgšanu no transporta degvielām. Tieši ogleklis veido lielāko piesārņojuma procentu, piesārņojot apkārtējo vidi ar oglekļa savienojumiem (kvēpiem, ogļūdeņražiem, tvana gāzi CO, ogļskābo gāzi CO₂).

Tendence, kas raksturo moderno enerģētiku, ir elektroenerģijas izplatīšanas plašāka un arvien pieaugoša lietošana tautsaimniecībā. Pasaules energobilance 2022. gadā liecina, ka elektroenerģijas proporcija bija virs 20% no kopējās enerģijas patēriņa. Līdz ar to elektroenerģijas lietošana transporta sistēmās, it īpaši elektrotransportā, strauji pieaug. Tas ir saistīts ar elektroķīmisko akumulatoru attīstību un efektivitātes uzlabošanu.

Elektroenerģijas izmantošana sniedz vairākus ieguvumus, piemēram, vienkāršu pārvadi no ražošanas vietas uz izmantošanas vietu un iespēju nodrošināt augstas kvalitātes automatizāciju. Turklāt no elektroenerģijas var iegūt citus nepieciešamos enerģijas veidus, piemēram, mehānisko enerģiju, siltumenerģiju un gaismu (starojumu).

Galvenais elektroenerģijas trūkums ir tās ierobežotās uzkrāšanas iespējas. Šobrīd ir tikai daži risinājumi elektroenerģijas tiešai uzkrāšanai, piemēram, supravadītspējas un kondensatori, bet tie vēl nav ekonomiski izdevīgi. Lielākā daļa elektroenerģijas uzkrāšanas veidu ir saistīti ar enerģijas konversiju, kas nozīmē, ka elektroenerģija tiek pārveidota citās formas enerģijā, piemēram, ķīmiskā reakcijā akumulatoros vai mehāniskā enerģijā speciālās sistēmās.

Primārie elektroenerģijas ieguves resursi ir fosilie kurināmie, it īpaši ogļūdeņražu kurināmie, kas jau iepriekš tika aprakstīti. Tomēr elektroenerģijas uzkrāšanas sarežģītība un trūkumi saistās ar fosilo resursu galīgumu, kas rada bažas par enerģētisko nākotni. Lai atrisinātu šo problēmu, valstis, tostarp arī Latvija, pievēršas atjaunīgo energoresursu (vēja, ūdens plūsma, saules starojums, biomas) izmantošanai enerģijas ražošanā, galvenokārt siltuma un elektroenerģijas ieguvei.

Tomēr atjaunīgie energoresursi saskaras ar dažādām problēmām, piemēram, sezonālītāti, nestabilitāti un zemo energoietilpību, kas prasa papildu sistēmas un iekārtas enerģijas kvalitātes nodrošināšanai. Elektroenerģijas pārveidošana no atjaunīgajiem energoresursiem augstas kvalitātes elektroenerģijā ir pētīta un pamatota tehnoloģija, bet joprojām pastāv problēma ar elektroenerģijas uzkrāšanu.

Ūdeņraža un biometāna tehnoloģiskie risinājumi transporta jomā nodrošina oglekļa izslēgšanu no transporta degvielas, aizstājot vidi piesārņojošo oglekli ar videi draudzīgo biometānu vai ūdeņradi. Tādējādi pāreja uz ūdeņradi vai biometānu kā enerģijas nesēju iezīmē jauna tehnoloģiskā laikmeta sākšanos transporta segmentā, ko raksturo efektīvāka energoresursu izmantošana un apkārtējās vides piesārņojuma samazināšanās. Biometāna ražošana var samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, ražojot degvielu ar augstāku enerģētisko saturu un noņemot un atsevišķi uzkrājot visus piesārņojumus, piemēram, CO₂, no biogāzes.

Savukārt ūdeņradis ir enerģijas nesējs ar lielu tīras, efektīvas enerģijas potenciālu transporta jomā. Tas ir paredzēts kā nozīmīga nākotnes transporta degviela, samazinot atkarību no naftas, siltumnīcefekta gāzu emisijas un gaisa piesārņojumu. Kombinācijā ar degvielas šūnām tas var uzlabot transporta energoefektivitāti un ievērojami veicināt klimata pārmaiņu mazināšanu, īpaši, ja to ražo no atjaunojamiem primārajiem enerģijas avotiem.

1.1 Projekta mērķis

Projekta mērķis ir veikt tehnoloģijas priekšizpēti, apzināt līdzīgas un jau esošas biometāna un ūdeņraža ražošanas tehnoloģijas no koģenerācijas stacijām Rietumeiropas tirgū, to darbības principus, un, pamatojoties uz iegūto informāciju, izstrādāt koģenerācijas stacijas pārbūves risinājumi, ekonomiskie Biometāna ražošanas datu analīze, ekonomisko ūdeņraža ražošanas datu analīze.

1.2 Atbalstāmās darbības apraksts un tās ietvaros veicamais uzdevums

Esošā projekta ietvaros tiks veikta tehniski ekonomiskā priekšizpēte, lai izvērtētu un analizētu par biogāzes koģenerācijas stacijas pārbūves (rekonstrukcijas) iespējām, nodrošinot, ka esošā stacija var ražot ūdeņradi vai biometānu kā alternatīvo degvielu transporta vajadzībām.

Šī projekta sastāvā ir sekojoši uzdevumi:

1. sagatavot esošās SIA Bio Auri piederošās biogāzes koģenerācijas stacijas aprakstu (pēc pasūtītāja sniegtās informācijas) un tehnoloģiskās shēmas (no tehniskā projekta);
2. izanalizēt/izvērtēt esošās SIA Bio Auri piederošās biogāzes koģenerācijas stacijas pārbūves (rekonstrukcijas) iespējas un izmaksas paredzot, ka esošā stacija no anaerobās fermentācijas procesā iegūtās biogāzes var ražot ūdeņradi vai biometānu kā alternatīvo degvielu transporta vajadzībām, tai skaitā noteikt/identificēt kvantitatīvos un kvalitatīvos rādītājus;
3. identificēt un aprakstīt kvalitātes prasības/standartu biometānam kā degvielai transporta vajadzībām, tai skaitā identificēt, kādi transportlīdzekļi ir pieejami tirgū, kas izmanto biometānu kā degvielu, un uzrādīt biometāna patēriņu uz 100 km - vieglajiem, autobusiem, kravas auto un/vai vienu darba stundu, piemēram, traktortehnikas gadījumā;
4. identificēt un izvērtēt vadošos (vismaz 3) pasaules biogāzes attīrīšanas iekārtu ražotājus, izanalizēt to tehnoloģisko risinājumu plusus un mīnus ar sekojošiem uzdevumiem/mērķiem:
 - biogāzes attīrīšanai līdz transporta degvielas kvalitātei;
 - biogāzes attīrīšanai līdz tā atbilst prasībām, lai gāzes reformācijas procesā no tā varētu ražot ūdeņradi;
5. sazināties ar šiem ražotājiem ar mērķi nodrošināt un saņemt: a) minimums 2 piedāvājumus tehnoloģisko iekārtu ar Bio Auri esošajām iekārtām atbilstošiem ražošanas rādītājiem biogāzes attīrīšanai līdz transporta degvielas kvalitātei piegādei, ieskaitot montāžu / vai montāžas uzraudzību, ieregulēšanu un procesu palaišanu. Piedāvājumam arī jāietver iekārtu ražotāja garantētie attīrītās gāzes apjomi, tīrības/kvalitātes

- rādītāji, iekārtu piegādes un uzstādīšanas izmaksas (CAPEX), iekārtu tehniskās apkalpošanas un uzturēšanas izmaksas 20 gadu periodam (OPEX – ieskaitot/atsevišķi uzrādot personāla, servisa un apkopes izmaksas, tai skaitā iekļaujot/atsevišķi uzrādot izmaksas arī kapitālajiem remontiem, ja tādi nepieciešami 20 gadu periodā) b) minimums 2 piedāvājumus tehnoloģisko iekārtu ar Bio Auri esošajām iekārtām atbilstošiem ražošanas rādītājiem biogāzes attīrīšanai līdz kvalitātei, kas atbilst prasībām, lai gāzes reformācijas procesā no tā varētu ražot ūdeņradi piegādei, ieskaitot montāžu / vai montāžas uzraudzību, ieregulēšanu un procesu palaišanu. Piedāvājumam arī jāietver iekārtu ražotāja garantētie attīrītās gāzes apjomi, tīrības/kvalitātes rādītāji, iekārtu piegādes un uzstādīšanas izmaksas (CAPEX), iekārtu tehniskās apkalpošanas un uzturēšanas izmaksas 20 gadu periodam (OPEX – ieskaitot/atsevišķi uzrādot personāla, servisa un apkopes izmaksas, tai skaitā iekļaujot/atsevišķi uzrādot izmaksas arī kapitālajiem remontiem, ja tādi nepieciešami 20 gadu periodā);
6. biometāna transporta degvielas risinājumam nepieciešams papildus no attiecīgiem ražotājiem saņemt divus piedāvājumus tehnoloģiskajām iekārtām attīrītā biometāna saspiešanas, uzglabāšanas (kompresori, baloni, tvertnes), transportēšanas un transportlīdzekļu uzpildes risinājumam, tas ir iekārtu piegādes un uzstādīšanas izmaksas (CAPEX), iekārtu tehniskās apkalpošanas un uzturēšanas izmaksas 20 gadu periodam (OPEX – ieskaitot/atsevišķi uzrādot personāla, servisa un apkopes izmaksas, tai skaitā iekļaujot/atsevišķi uzrādot izmaksas arī kapitālajiem remontiem, ja tādi nepieciešami 20 gadu periodā);
 7. izstrādāt divus, attiecīgi katram tehnoloģiskam risinājumam atbilstošus skicē projektus (neiekļaujot 6 punktā minēto), ieskaitot šajā stadijā identificējamus būvobjektus, kas ļautu sastādīt būvniecības sadaļai kontroltāmi (shēmas – DWG un PDF formātā) ar kuru palīdzību var sākt tehniskā projekta izstrādi koģenerācijas stacijas rekonstrukcijai, lai tā varētu ražot biometānu vai ūdeņradi.

1.3 Plānotais Rezultāts

Sasniedzamais rezultāts ir tehniskais ekonomiskā priekšizpēte, pamatojoties uz kuru, var sākt tehniskā projekta izstrādi biogāzes koģenerācijas stacijas pārbūvei (rekonstrukcijai) uz ekonomiski izdevīgāko atjaunojamās alternatīvās degvielas ražošanu, kas ir biometāns vai ūdeņradis.

2 Esošās SIA Bio Auri piederošās biogāzes koģenerācijas stacijas apraksts un tehnoloģiskās shēmas

SIA „BIO AURI” ir biogāzes stacija, Biogāzes ražošanas tehnoloģiskā procesa nodrošināšanai tiek izmantoti cūku šķīdirmēsli, zaļā biomasa un graudi (kūtsmēslu un zaļās masas un graudu maisījums), kas ir paredzēti fermentēšanai (substrāts), kas tiek sūknēts uz apsildāmām, termiski izolētām dzelzsbetona krātuvēm (fermenteri), kur masa tiek fermentēta. Baktēriju iedarbības rezultātā (anaerobos – bez skābekļa apstākļos), sadaloties biomasai, veidojas biogāze, kas sastāv no 60-75% metāna (CH₄) un 25-40% ogļskābās gāzes (CO₂), sērūdeņradis H₂S – 0.01-4%, gaistošie savienojumi – nelielā daudzumā.

Saražotā biogāze tiek padota uz konteineru tipa koģenerācijas staciju TCD 2016 V12. Uzstādīti firmas Marelli gāzes motori ar ģeneratoru Marelli MJB 400 LA4 ar siltuma jaudu 0.656 MW, kur tā tiks izmantota elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai.

Biogāzes ražotnes projektēšanu un būvniecību veica SIA „EIROCELTNIECĪBA” (reģ. Nr.40003683565, būvkomersanta reģ. Nr.2691-R). Biogāzes ražošanai uzstādīta BINO Compact biogāzes ražotne, kas sastāv no sekojošiem komponentiem:

1. cietā substrāta padeves iekārta ar tilpumu 29 m³;
2. šķidrās substrāta priekšvertne 85 m³;
3. pirmais fermenteris (biorekators) ar tilpumu 2130 m³, augstums 6 m, ar siltumizolāciju, apsildi, dubultās membrānas jumtu;
4. otrās pakāpes fermentera tvertne (pēcfermentācijas tvertne) ar tilpumu 2130 m³, augstums 6 m, ar siltumizolāciju, apsildi, dubultās membrānas jumtu;
5. skābbarības nokraušanas laukums;
6. cauruļvadu sistēma;
7. konteineru tipa koģenerācijas stacija TCD 2016 V12 ar ģeneratoru Marelli MJB 400 LA4 ar jaudu 600 kW;
8. biogāzes sadedzināšanas lāpa ar jaudu 300 m³/h;
9. vadības bloks un apsildīšanas sistēma;
10. lagūnas tipa digestāta krātuve;
11. biomasas-skābbarības tvertne (krājaka).

2.1 Cietās biomasas padeves iekārta ar tilpumu 29 m³

Cieto substrātu (biomasu) ar iekrāvējiem pievedīs un iekraus vienā cietās biomasas padeves priekšvertnē ar tilpumu 29 m³. Cietās biomasas padeves tvertne ir paredzēta dažāda veida sausu produktu samaisīšanai to automātiskai padevei uz pirmo fermenteri. Cietās biomasas padeve fermentatorā notiek ar nerūsējoša tērauda gliemežtransportieru palīdzību. Cietās biomasas padeves tvertne ir aprīkota ar automātisku vadības bloku un mērīšanas ierīcēm. Tvertnes uzglabāšanas kapacitāte 1.4 dienas, tās tilpums 29.0 m³, gadā iespējams uzņemt 3 400 tonnas cieto substrātu.

2.2 Šķidrā substrāta priekšvertne 85 m³

Šķidrā substrāta (biomasas) priekšvertne - šķidrās biomasas padeve paredzēta šķidro produktu samaisīšanai to automātiskai padevei uz pirmo fermenteri. Priekšvertne ir izbūvēta kā apaļa monolītdzelzsbetona konstrukcija ar diametru 6.0 m. Šķidros mēslus ar sūkņu palīdzību no fermas iesūknēs šķidrās frakcijas pieņemšanas tvertnē. No pieņemšanas tvertnēm substrātu pārvietos ar sūkņa palīdzību uz fermenteri. Šķidrās biomasas tvertne aprīkota ar automātisku vadības bloku un mērīšanas ierīcēm. Aprīkojumā ietilpst šķidro kūtsmēslu padeves sūknis Wangen ESP 926026, cauruļvadi līdz fermentatoriem un pēcfermentācijas tvertni, uzpildes un iztukšošanas pieslēgums, vārsti D160 (3 gab.) un vadības pieslēgums. Tvertnes uzglabāšanas kapacitāte 2.6 dienas, tās tilpums 85.0 m³, sienas augstums 3 m, gadā iespējams uzņemt 12 000 tonnas šķidro substrātu.

2.3 Pirmais fermenteris (biorekators)

Tās ir galvenā biogāzes ražotnes sastāvdaļa, kas izbūvēta kā apaļa monolītbetona konstrukcija ar siltumizolāciju, iekšējo apsildes sistēmu un dubultās membrānas gāzes necaurīdīgu jumtu. Fermentera tilpums ir 2130 m³, diametrs 22 m, augstums 6 m. Fermenteris ir pastāvīgā darbībā esošs reaktors, kurā

tiek sajaukts fermentācijas substrāts, līdz tiek iegūta pilnīgi viendabīga masa. Lai sajauktu substrātu un iegūtu vienmērīgas konsistences maisījumu fermentācijas laikā, fermentatorā ir uzstādīti četri maisītāji, katrs ar jaudu 7.5 kW. Fermentācijas tvertnes saturs tiek maisīts šādu iemeslu dēļ:

- peldošo slāņu likvidēšana;
- nogulsņējumu likvidēšana;
- temperatūras svārstību likvidēšana;
- blīvuma noviržu likvidēšana;
- efektīvāka gāzes ieguve no substrāta;
- svaigā substrāta sajaukšana ar jau esošo substrātu.

Fermentatorā tiek fermentēts substrāts mezofilā temperatūrā 38 °C, anaerobos apstākļos, 50 dienas. Šādos apstākļos organiskās vielas substrātā noārdās un veidojas biogāze, kas uzkrājas fermentatora augšējā daļā gāzes krātuvē, kas sastāv no iekšējās un ārējās membrānas, kas piestiprināta pie bioreaktora sienas, tādējādi bioreaktoram nodrošinot gāznecaurlaidību. Starp abām membrānām ar ventilatoru tiek pūsts gaiss, uzturot jumtu paceltā stāvoklī. Turklāt, uzkrājot saražoto biogāzi, tiek novērstas arī pēkšņi radušās novirzes biogāzes kvalitātes vai spiediena rādītājos.

Bioreaktorā saražotā biogāze tiek novadīta uz pēcfermentācijas gāzes krātuvi. Aptuvenais biogāzes sastāvs: metāns CH₄ 60-80%, oglekļa dioksīds CO₂ 20-40%, sērūdeņradis H₂S – 0- 3%, slāpekļis N₂ – 0-5%. Biogāzi izmanto kā kurināmo (biogāzes) koģenerācijas iekārtā. Izmantojot biogāzi, sadedzināšanas agregātu lietderības koeficients ir zemāks. Dabas gāzes katliem lietderības koeficients sastāda no 90 līdz 100%, bet biogāzes koģenerācijas iekārtām vidēji ap 80% (35- 41% elektroenerģijai un līdz 50% siltumam). Fermentatoram, lai kompensētu siltuma zudumus un uzsildītu pievienotos substrātus, ir uzstādīta iekšējās apsildes sistēma. Siltums tiek iegūts biogāzes sadegšanas rezultātā. Pakāpeniski izraeģējušais substrāts tiek pārsūknēts uz pēcfermentācijas tvertni. Bioreaktorā saražotā biogāze tiek novadīta uz pēcfermentācijas gāzes krātuvi. Starp diviem fermentatoriem uzstādīta platforma ar kāpnēm, no platformas uz katru fermentatoru ir pieejams kontroles lodziņš. Fermenterī tiek uzturēts patstāvīgs šķidrmēslu un biomasas līmenis, cik svaiga substrāta tiek pievienots, tik izraeģējušā digestāta tiek pārsūknēts.

2.4 Integrēts desulfurizācijas bloks bioreaktorā

Bez metāna un oglekļa dioksīda biogāze satur arī sērūdeņradi H₂S, kuru no biogāzes atdala ar desulfurizācijas baktērijām, kas pārvērš sērūdeņradi par elementāro sēru, ko izvada kopā ar digestātu. Desulfurizācijas baktērijām pievada ne vairāk kā 2% gaisa daudzumu, rēķinot uz biogāzes ražošanas apjomu. Pieļaujot augstāku gaisa koncentrāciju, maisījums kļūst sprādzienbīstams. Vēlamo gaisa koncentrāciju bioreaktoram pievada ar gaisa sūkni, kura jauda ir ierobežota, lai nepieļautu sprādzienbīstama maisījuma veidošanos. Lielāko daļu bioreaktorā un pēcfermentācijas tvertnē biogāzes sastāvā esošā H₂S utilizē bioloģiski. Gāzes dzinējā izmantojamā biogāze nedrīkst saturēt H₂S vairāk nekā 200 ppm (daļas uz miljonu).

2.5 Pārspiediena / zemspiediena vārsts

Biogāzes ražotne aprīkota ar pārspiediena un zemspiediena aizsardzības sistēmu. Tiklīdz bioreaktorā tiek pārsniegts pieļaujamais spiediens, aizsardzības sistēma novada biogāzi no šīs tvertnes. Tādējādi ražotnes tvertnē tiek pilnībā izslēgts pārspiediena risks.

2.6 Otrās pakāpes fermentācijas tvertne (pēc fermentācijas tvertne)

Pēcfermentācijas tvertni uzstāda ar mērķi radīt biogāzes uzglabāšanas kapacitāti 60 dienas un palielināt saražotās gāzes daudzumu. Substrātu no bioreaktoriem pa pārplūdes vadu novada uz pēcfermentācijas tvertni - izbūvēta kā apaļa monolītbetona konstrukcija ar siltumizolāciju un dubultās membrānas jumtu. Pēcfermentācijas tvertnei arī ir paredzēta integrēta gāzes krātuve, kurā tiek savākta fermentatoros un pēcfermentācijas tvertnē radusies biogāze. Otrās pakāpes fermentācija optimizē biomasas konversiju un palīdz sasniegt par 15% lielākus biogāzes izstrādes rādītājus. Biogāzes ražotnē uzstādīta viena pēcfermentācijas tvertne, kuras tilpums ir 2130 m³, diametrs 22 m, augstums 6 m. Iebūvēta

tvertnes apsildes cauruļvadu sistēma, uzstādīti divi maisītāji (katrs 7.5 kW). Pēc izstrādātās tehnoloģijas pēcfermentācija pēcfermentācijas tvertnē notiek 60 dienas, temperatūrā 38o C.

Tvertnē integrēts desulfurizācijas bloks, kurā biogāzes desulfurizāciju veic ar desulfurizācijas baktērijām līdzīgi kā bioreaktorā. Lai panāktu, ka biogāze tiek atbrīvota no H₂S pārpalikumiem, biogāzi, pirms to padod uz gāzes dzinējiem, izvada caur ogles filtru. Ogles filtrs novietots CHP ražotnes tuvumā un to paredzēts izmantot kā kontrolfiltru. Jebkādus biogāzē atlikušie sēra pārpalikumus savāc šajā ogles filtrā, tādējādi novēršot gāzes dzinēja neatgriezenisku bojājumu risku. Gāzes dzinējā izmantojamā biogāze var saturēt maks. 200 ppm (daļas uz miljonu) H₂S. Pēcfermentācijas procesam paredzēta līdzīga pārspiediena un zemspiediena aizsardzība kā bioreaktoram. Saražotā un daļēji attīrītā biogāze pa gāzes cauruļvadu sistēmu tiek aizvadīta uz sadedzināšanas un koģenerācijas iekārtu.

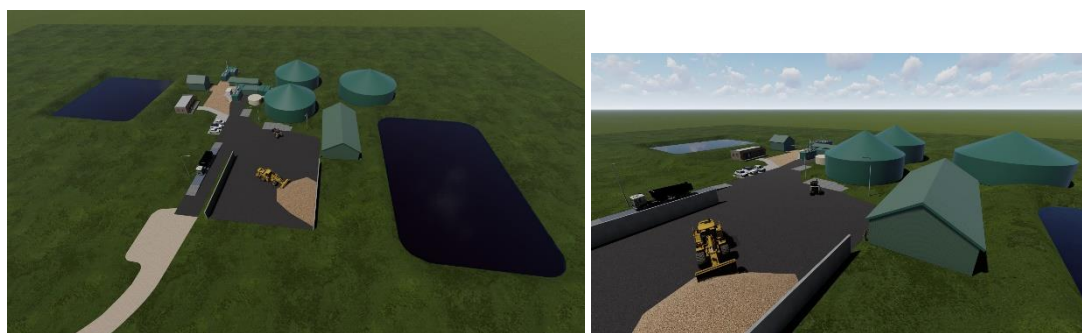
Fermentācijas un pēcfermentācijas tvertnēm izbūvētas sablīvētu šķembu pamatnes, virs kuras uzklāta betona kārtā ar ūdensnecaurlaidīgu plēvi, virs kuras izbūvētas polistirola plāksnes. Noplūdes gadījumā no fermentācijas tvertnēm noplūdi var konstatēt caur novērošanas lūku, kas ir savienota ar drenāžas cauruli.

2.7 Cauruļvadu sistēma

Lai izmantotu biogāzi – tā vispirms ir jāatdzesē un jāsausina speciālā ķēdē, jo mitrums var sabojāt iekšdedzes dzinēju. Biogāzes vadi no pēcfermentācijas tvertnes uz koģenerācijas staciju ierīkoti pazemē, lai biogāzi atdzesētu, nodrošinātu tās sastāvā esošā ūdens kondensēšanos kondensāta savākšanu vienā vai vairākās kondensāta tvertnēs. Biogāzes vadi ieguldīti ar min. 3% slīpumu, lai nodrošinātu izveidojušā kondensāta savākšanu kondensāta tvertnēs. Biogāzes kondensātu savāc vienā vai vairākās kondensāta tvertnēs. Kondensāta tvertnes kapacitāti kontrolē ar kondensāta sūkni (Jung Pumpen, DN40; PN4; 120504; jauda ap 2kW un pludiņu. Ja ūdens līmenis akā pārsniedz pieļaujamo augstuma atzīmi, kondensātu pārsūknē uz pēcfermentācijas tvertni.

2.8 Koģenerācijas stacija

Lai saražoto biogāzi transformētu elektroenerģijā un siltumenerģijā, tā tiek novadīta sadedzināšanai uz koģenerācijas staciju (CHP). Koģenerācijas iekārtu ir iespējams darbināt arī kā apkures katlu, kas ražo siltumenerģiju. Izmantojot biogāzi, sadedzināšanas agregātu lietderības koeficients ir zemāks. Dabas gāzes katliem lietderības koeficients sastāda no 90 līdz 100%, bet biogāzes koģenerācijas iekārtām vidēji ap 80% (35-41% elektroenerģijai un līdz 50% siltumam). Uzstādīta konteineru tipa koģenerācijas stacija TCD 2016 V12 ar ģeneratoru Marelli MJB 400 LA4 ar elektrisko jaudu 600 kW. Saražotā elektrība tiek novadīta A/S „Latvenergo” kopējā tīklā. Aptuveni 30% no iegūtā siltuma tiks patērēti biogāzes procesa uzturēšanai. Gāzes dzinējam pievienots ģenerators Marelli MJB 400 LA4, jauda 400 V, lai ražotu zaļo enerģiju: elektroenerģiju un siltumenerģiju. Apsildes sistēma ir slēgta sistēma, kurā kā dzinēju dzesēšanas šķidrums izmantos 40% etilēnglikola ūdens šķīdumu, kura daudzums sistēmā ir 0.4 t. Sistēmas apkopi veiks sertificēta firma, saskaņā ar savstarpēji noslēgtu līgumu.



att. 2.1. Biogāzes stacija SIA "BIO AURI"

2.9 Papildu lāpa

Biogāzes ražotnei ir uzstādīta pārvietojama papildu lāpa ar jaudu 300 m³ gāzes stundā, lāpas augstums 3500 mm, kurā sadedzinās biogāzes pārpalikumu koģenerācijas stacijas darba pārtraukumos (A/S „Latvenergo” atslēgumi, stacijas tehniskās apkopes u.c. piespiedu apturēšana) un pārejas režimos.

2.10 Vadības bloks

Biogāzes ražotnes un koģenerācijas stacijas vadības bloks sastāv no biogāzes ražotnes elektriskās sistēmas un vadības bloka. Ražotnes vadība ir datorizēta, displejs tiek izmantots, lai izvēlētos darbības režīmus (manuālo vai automātisko), kā arī lai parādītu darbības režīmus, datus un sastādītu ziņojumus.

2.11 Lagūnas tipa digestāta krātuve

Fermentācijas atlikumi - digestāts nonāk lagūnas tipa krātuvē no fermentatora caur pārplūdes cauruli un no pēcfermentācijas tvertnes. Ir izbūvēta digestāta krātuve ar tilpumu 7000 m³, sienu augstumu - 4 m. Lagūnas krātuves tilpums ir pietiekams šķidrmēslu uzglabāšanas normatīvo prasību izpildei. Krātuves pamatne un sienas ir izklātas ar ūdensnecaurlaidīgu HDPE plēvi, zem kuras ir ieklāts ģeotekstila klājums. Abos lagūnas galos izbūvētas kontroles sistēmas ar nosedzošiem vākiem iespējamā piesārņojuma konstatēšanai. Krātuvju pamatne atrodas vairāk nekā 2 m virs gruntsūdens līmeņa. Lagūna norobežota ar metāla žogu. Fermentācijas atlikumus pēc vajadzības izvedīs uz z/s „Arāji” laukiem kā mēslojumu. Lagūnas apkalpošanai izveidota sūkņa stacija – digestāta pārsūkņēšanai uz traktormucām, ar kuru palīdzību digestāts tiks nogādāts uz saimniecības laukiem. Lagūnas tipa mēslu krātuve, saskaņā ar operatora iesniegumu, nepieder Biogāzes ražotnei, tā pieder SIA „Rīgas kombinētās lopbarības rūpnīca”, kura veic arī tās apsaimniekošanu.

2.12 Biomosas-skābbarības laukums

Skābbarības nokraušanas laukuma atbalstsienām un pamatnei izbūvētas sablīvētu šķembu pamatnes, virs kuras ir asfaltēts segums. No sāniem laukums ierobežots ar atbalsta sienām, gali ir vaļēji. Laukuma pamatnes galos ir sliksnis šķidrums iztecēšanas novēršanai. Atbalstsienām ir bitumena hidroizolācija. Skābbarības sula satek betonētā hidrolizētā uzkrājtvertnē. Uzkrājtvertni pēc vajadzības paredzēts izsūknēt un izsūknēto šķidrumu ievadīt novadīt uz lagūnas tipa digestāta krātuvi. Kopējais fermentējamā substrāta daudzums ir 58.68 t/diennaktī jeb 21 400 t/gadā. Digestāta radītais daudzums ir 28.03 t/dnn jeb 10232 t/ gadā. Daļu iegūtās elektroenerģijas (8%) izmanto biogāzes ražotnes darbības tehnoloģiskajam procesam, 92% elektroenerģiju pārdod ārējam patērētājam A/S „Latvenergo”- LR Ekonomikas ministrijas 20.02.2009. lēmums Nr.1-6.1-69 „Par tiesību piešķiršanu pārdot obligātā iepirkuma ietvaros elektroenerģiju, kas saražota, izmantojot atjaunojamus energoresursus”. Siltumenerģiju izmantos SIA „Rīgas kombinētās lopbarības rūpnīcas” ražošanas ēku un cūku fermu apsildei, kā arī citām tehnoloģiskām vajadzībām. Papildus saražotajai elektrībai un siltumam fermentācijas rezultātā biogāzes ražotnē iegūst ļoti augstvērtīgu mēslojumu zemei, ar kuru apgādā z/s „Arāji” un arī citus lauksaimniecības uzņēmumus. Cūku mēslus iepērk no SIA „Rīgas kombinētās lopbarības rūpnīcas”, skābbarību un graudu (kviešu) miltus 250 tonnas gadā - no zemnieku saimniecības „Arāji”. Ūdens tiek patērēts strādnieku sadzīves vajadzībām – 0.03 m³/dnn jeb 10.95 m³/gadā. Biogāzes ražotne iegūs ūdeni no uzņēmumam piederoša ūdens ieguves urbuma, urbuma dziļums ir 18 m. Biogāzes ražošanas darbības rezultātā rodas tikai sadzīves notekūdeņi. Radušais notekūdens 0.03 m³/dnn, jeb 10.95 m³/gadā tiks novadīts uz hidroizolētu krājaku, ko izvedīs pēc nepieciešamības, saskaņā ar savstarpēji noslēgtu līgumu. Visu procesu vada un kontrolē 5 darbinieki. Biogāzes reaktoru un koģenerācijas iekārtas darbina automātiskā režīmā visu diennakti – 24 stundas, kas sastādīs 8000 stundas gadā.

2.13 Resursu izmantošana (ūdens, enerģija un ķīmiskās vielas)

Biogāzes ražotne iegūst ūdeni no sava ūdens ieguves urbuma, urbuma dziļums ir 18 m. Ūdeni lieto ražošanas vajadzībām: 10% ūdens uzpildei biogāzes ražotnē (fermentācijai) un 90% sadzīves vajadzībām. Ūdens patēriņš 0.03 m³/dienā jeb 10.95 m³/gadā. Biogāzi sadedzina koģenerācijas stacijas ģāzmotorā, ģeneratora ražo elektroenerģiju un siltumenerģiju. Saražoto siltumu izmanto savām

vajadzībām (gan ražošanas procesa nodrošināšanai, gan telpu apsildei). Koģenerācijas iekārtu ir iespējams darbināt kā apkures katlu, kas ražo siltumenerģiju. Saražotās gāzes enerģijas saturs ir atkarīgs no organisko vielu sastāva, kas fermentēts reaktorā. Tas sastāda no 60% līdz 90% dabas gāzes siltumspējas. Koģenerācijas iekārtā saražotā elektroenerģija tiek pārdota AS „Latvenergo”, saskaņā ar noslēgto līgumu par elektroenerģijas piegādi ar AS „Latvenergo”. Biogāzes ražošanai tiek izmantotas sekojošas izejvielas: - cūku šķīdumēsli: 12 000 t/gadā jeb 33 t/dnn, tos sūknē no SIA „Rīgas kombinētās skābarība, galvenokārt kukurūza: 9150 t/gadā jeb 25 t/dnn, no skābarības tvertnēm ar iekrāvēju tiek pievesta un iekrauta cietās biomasas padeves stacijās; graudu milti: 250 t/gadā jeb 0.68 t/dnn, pēc vajadzības tiek pievesti no z/s „Arāji”. Kopējais izejvielu jeb substrāta daudzums: 21400 t gadā jeb 58.68 t/dnn. Digestāta daudzums: 10232 tonnas gadā jeb 28.03 t/dnn. Graudu milti tiek pievesti pēc nepieciešamības un izbērti tieši cietās biomasas padeves stacijā. Dzinēju dzesēšanas sistēma ir slēgta sistēma, kurā kā dzinēju dzesēšanas šķidrums izmanto 40% etilēnglikola ūdens šķīdumu, kura daudzums sistēmā ir 0.4 t. Dzesēšanas šķidruma zudumi un līdz ar to arī tā daudzuma papildināšana nav paredzēta. Dzesēšanas sistēma sastāv no dzesēšanas šķidruma sūkņa, kas nodrošina karstā etilēnglikola cirkulāciju sistēmā, karstā dzesēšanas šķidruma vadu sistēmas reaktorā, temperatūras regulatora, temperatūras kontroles sistēmas. Iekārtu eļļošanai izmanto mašīneļļu Mobil Pegasus 705 – 1 t/gadā.

2.14 Emisijas gaisā un to ietekme uz vidi

Biogāzes ražotnē emisijas atmosfērā no uzņēmuma darbības emitē kopumā 2 avoti: A1 - A2 (iekārtu dūmeņi) (A1 – koģenerācijas iekārtas TCD 2016 V12 dūmeņi, iekārtas siltuma jauda 608 kW +/- 8% tolerance 656.64 kW= 0.656 MW). Emisijas tiek emitētas no dūmeņa H=10 m, D= 267 mm, dūmgāzu temperatūra 180°C, plūsma 4170 m³/h jeb 1.16m³/s. Koģenerācijas iekārta gaisā emitē - slāpekļa dioksīdu, oglekļa oksīdus un ogļūdeņražus (GOS), kas rodas dzinēja – ģeneratora darbības rezultātā, jo tas darbojas uz iekšdedzes dzinēja principa. Koģenerācijas iekārtu darbina visu diennakti – 24 h, 333 diennaktis gadā, kas kopā sastāda 8000 h gadā, 760 h paredzētas apkopei. Iekārtu izgatavotājfirmas dotos dotas maksimālās emisijas robežvērtības slāpekļa oksīdam (O₂ 5%). Biogāzes patēriņš maksimālās slodzes režīmā – 270 m³/h. A2 - Papildus pārvietojamā lāpa, jauda 300 m³ gāzes stundā, dūmeņa augstums 3.5 m, iekšējais diametrs 508 mm. Gāzes lāpa ir paredzēta drošai liekās vai nelietojamās biogāzes sadedzināšanai bez smakas no 50% (CH₄), koģenerācijas stacijas darba pārtraukumos (A/S „Latvenergo” atslēgumi, stacijas tehniskās apkopes u.c. piespiedu apturēšana) un pārejas režīmos. Pārskats par Biogāzes ražotnes koģenerācijas stacijas tehnisko raksturojumu norādīts 2.1. tabulā.

Tabula 2.1. Biogāzes ražotnes koģenerācijas stacijas tehniskais raksturojums

Koģenerācijas dzinēju ražotājs un tips	TCD 2016 V12
Koģenerācijas dzinēju skaits	1
Elektriskā jauda	600kW
Dzinēja apgriezīnu skaits	1500 min-1
Siltuma jauda	608 kW +/- 8% tolerance 656,64 kW= 0,656 MW
Jaudas faktors	Cos = 1
Spriegums	400 V +/- 5% tolerance
Ģeneratoru ražotājs un tips	Marelli MJB 400 LA4
Frekvence	50Hz
Gāzes patēriņš	270 Nm ³ /h
Ģeneratora efektivitāte	96,7%
Gāzes blīvums	0.743 kg/Nm ³
Dūmeņi koģenerācijas dzinējam	H=10 m, ø=267 mm

Sadaloties biomasai veidojas biogāze, kas sastāv no 50-70% metāna (CH₄) un 30-50% ogļskābās gāzes (CO₂), emisijas tiek uzskatītas par nebūtiskām. Biogāze sadeg koģenerācijas stacijās (gāzmotorā), ģenerators ražo elektroenerģiju. Rezultātā radušais siltums tiek izmantots bioreaktora sildīšanai, kā arī

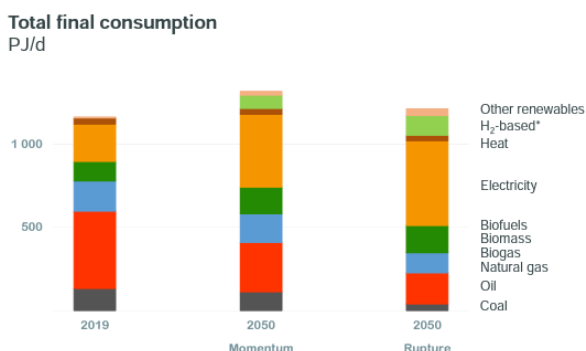
citiem lietderīgiem mērķiem. Uzņēmumam 2011. gadā ir izstrādāts „Maksimāli pieļaujamo emisiju limitu projekts” (MPE) atbilstoši MK 22.04. 2003. noteikumam Nr.200 „Noteikumi par stacionāru piesārņojuma avotu emisijas limita projektu izstrādi”, izstrādātājs SIA „Vides eksperti”.

Aprēķinos izmantotie dati: gada - 2 092 588 m³ = 261.72 m³/h; ECO – 4.291 g/ m³; ENOX – 2.717 g/ m³; EGOS – 0.832 g/ m³ n - 8000 h; kurināmā patēriņš sekundē – 0.0727 Nm³/s.

Emisijas faktori MPE biogāzes sadedzināšanai ir noteikti izmantojot http://www.dgc.dk/publikationer/konference/2010/bgas_engines.pdf un atbilstoši iekārtas ražotāja datiem. Galvenās piesārņojošās vielas, kas rodas koģenerācijas stacijas darbības rezultātā, ir oglekļa oksīds, slāpekļa dioksīds, gaistošie organiskie savienojumi un nenozīmīgā apjomā sērs dioksīds (nenozīmīgo emisiju dēļ sēra dioksīdam aprēķins MPE netika veikts). Iekārtas kopējās emisijas sastāda 16.404 t/gadā. Atbilstoši ražotāja sniegtajiem tehniskajiem datiem par gāzes motoru Marelli MJB 400 LA4: Dūmgāzu temperatūra 180° C. Maksimālais emisiju līmenis no iekārtas pie 5% skābekļa satura izplūdes gāzēs: NO_x - < 500 mg/Nm³. Gaisa piesārņojošo vielu izkliedes indikatīvos aprēķinus (modelēšanu) avota A1 emisijām no koģenerācijas stacijas veica Valsts vides dienesta Jelgavas reģionālā vides pārvalde. Aprēķini veikti, izmantojot licencētu ADMS Screen 3 datorprogrammu (licences Nr.P99-0661-C-AS300-LV).

3 Esošās stacijas iespēju izvērtējums

Enerģijas patēriņa tendenču prognoze, ņemot vērā cilvēces kopdarbību planētas ilgtspējas paaugstināšanai, rāda, ka gāzveida degvielu dominance pieaugs, un īpaši atjaunīgo energoresursu nozīme (skat.3.1. att.).

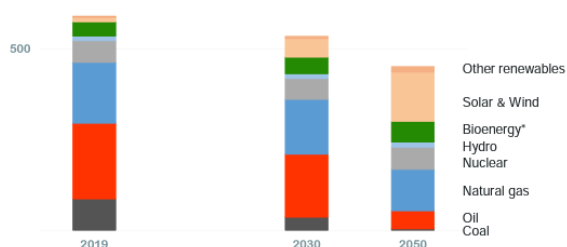


- Electricity, H₂-based fuels, bioenergies accounting for two thirds of final energy demand in Rupture 2050
- Almost complete phase-out of coal, strong reduction in oil
- Continued role for natural gas and green gases

att. 3.1. Kopējā globālā degvielu patēriņa attīstības prognoze1.

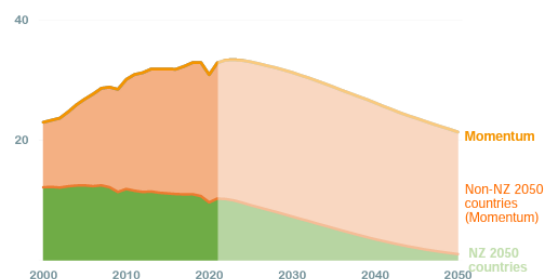
To nosaka Zaļā vienošanās jeb Green Deal - SEG emisiju samazināšanas prasības un pat bezemisijas nākotne gan pasaulē noteiks pieprasījuma izmaiņas (skat. 3.2. att.), gan ES (skat. 3.2.att.) (NZ – Net Zero jeb bezemisijas valstis).

NZ 2050 countries primary energy demand PJ/d



- NZ 2050 countries energy demand to fall by ~25% in 30 years
- Fossil fuels share fall from almost 80% to less than 40% in 2050
- Residual oil demand mainly in transport and petrochemicals
- Natural gas keeping a strong role in power and for blue H₂ production

World energy-related CO₂ emissions Gt

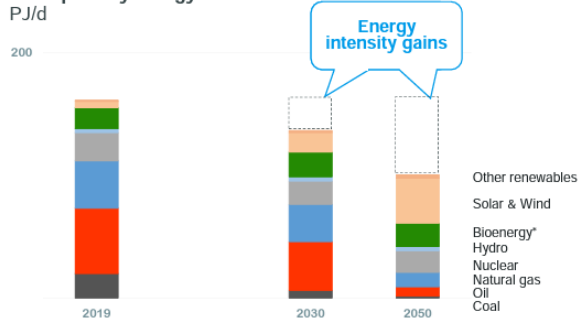


- After 2 Gt of CCS, 1 Gt of emissions remaining in 2050
- Net-Zero countries' efforts far from sufficient
- Full decarbonization of non-OECD countries will not happen without cooperation and support from NZ countries

att. 3.2. Enerģijas patēriņa tendenču un CO₂ emisijas sasaiste - attīstības prognoze2.

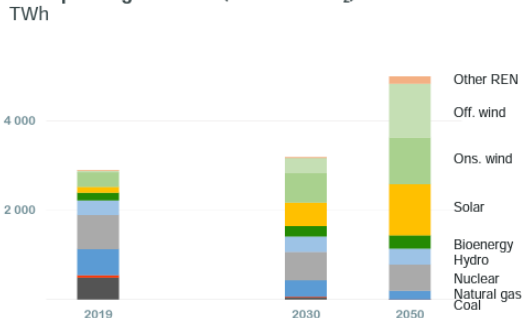
Kā redzams, gāzveida degvielu lietošana nemazināsies, bet tiks izstrādātas jaunas bezemisiju tehnoloģijas, un paplašināsies ūdeņraža un biogāzes izmantošana (skat. 3.3. att.).

EU27 primary energy demand



- EU leading the NZ50 countries in reducing fossil fuels, using bioenergy and deploying REN
- Current energy crisis a unique opportunity to pursue energy efficiency efforts: reduces demand by ~15% by 2030
- Cost of green transition and increased energy security being endorsed by EU governments

EU27 power generation (incl. Green H₂)



- Power generation level & REN capacities consistent with 2030 Fit for 55
- Non-carbon sources reach 95% of EU27 power generation by 2050, driven by a 7-fold increase in Solar & Wind generation
- Very high share of wind generation creates favorable conditions for green H₂ production, 30 Mt by 2050 consuming 25% of power generation

att. 3.3. Gāzveida degvielas pieprasījuma tendenču prognoze (ieskaitot ūdeņradi – gan fosilo, gan no biovides iegūto)³.

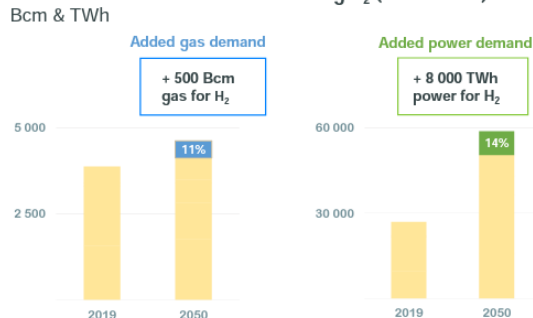
Biogāzes un īpaši ūdeņraža izmantošana pasaulē pieaugs – tāpat pieaugs arī pieprasījums pēc šīm gāzēm. To rāda daudzu lielu energokompāniju pētījumi. Ūdeņraža pieprasījums pasaulē augs, īpaši zaļā ūdeņraža ieguve (skat.3.4.att.).

Clean H₂ balance (Momentum)



- Clean hydrogen demand driven by Net-Zero 2050 countries and China
- Scale-up takes time; significant potential after 2030
- Transport: H₂ used in fuel cells and e-fuels (e-ammonia, e-methanol, e-jet)
- EU mostly green H₂, US & China blue & green

Nat Gas and Power demand including H₂ (Momentum)



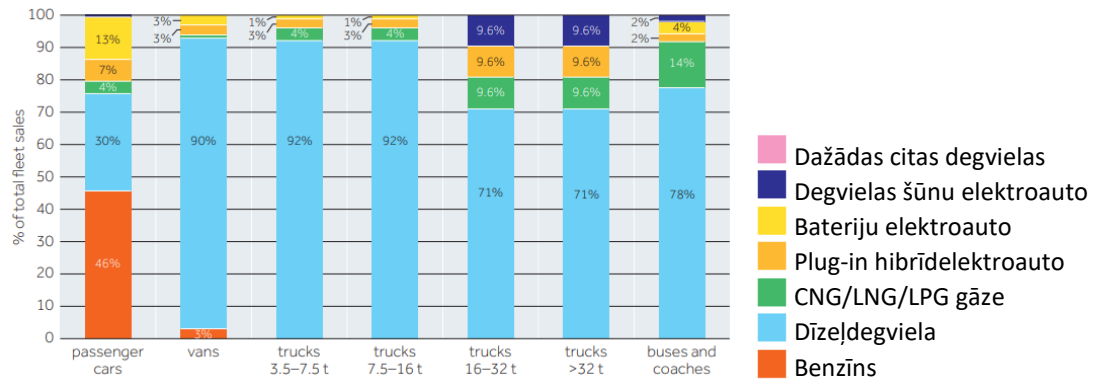
- Blue H₂ and power generation main drivers of gas demand growth
- 110 Mt Blue H₂ production will require ~1Gt CCS by 2050
- Green H₂ an important driver of strong power demand growth, together with Res. & Com., transport and industry
- x3 of today's solar & wind capacities dedicated to Green H₂ by 2050

att. 3.4. Ūdeņraža kā degvielas pieprasījuma tendenču prognoze (ieskaitot ūdeņradi – gan fosilo, gan no biovides iegūto)⁴.

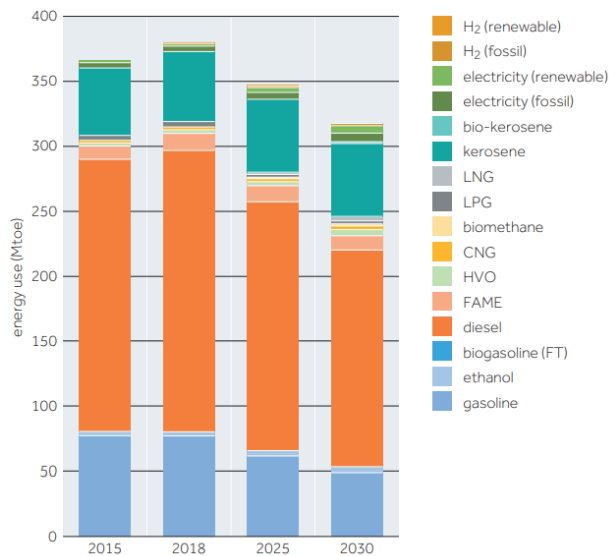
Tiek prognozēts, ka arī transporta degvielu jomā notiek virzība uz bio – un atjaunojamo gāzveida degvielu (skat. 3.5. att., 3.6. att., 3.7. att., 3.8. att.).

3 https://totalenergies.com/system/files/documents/2022-09/TotalEnergies_Energy_Outlook_2022.pdf

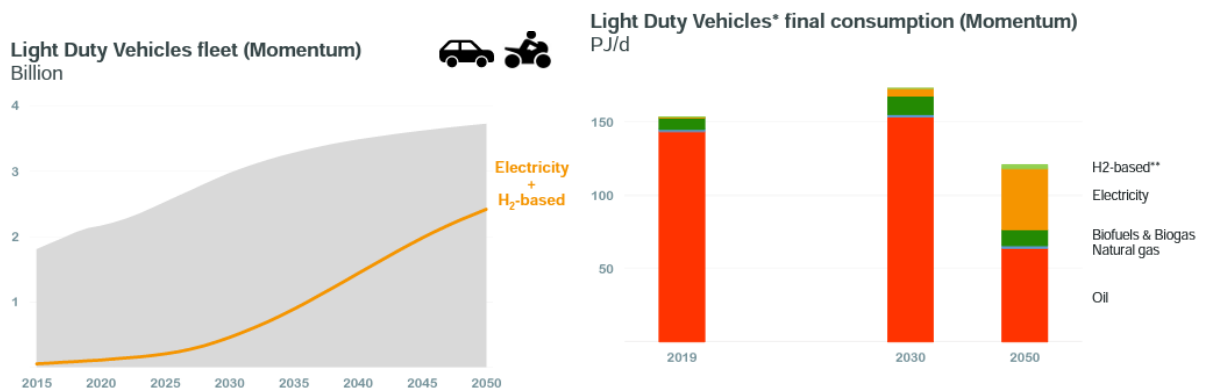
4 https://totalenergies.com/system/files/documents/2022-09/TotalEnergies_Energy_Outlook_2022.pdf



att. 3.5. Prognozes jaunu transportlīdzekļu degvielu izmantošanā, lai tiktu sasniegti SGE mazināšanas mērķi5.



att. 3.6. Transporta degvielas lietošanas tendences – apjomu prognoze6.



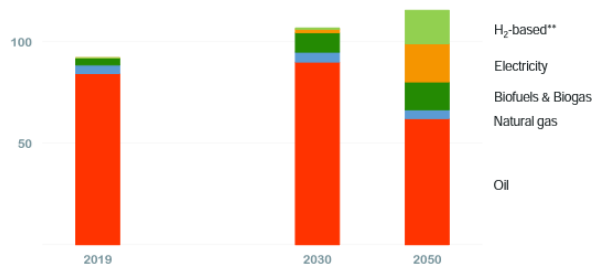
- Massive Electric Vehicles (EV) penetration supported by Internal Combustion Engine sales ban in 2035 in Europe and part of the US, together with ambitious EV targets in China
- By 2050, ~ 100% of fleet converted to electricity or H₂-based fuels in Net-Zero countries, and ~ 55% elsewhere (China ~90%)

- LDV: 47% of 2019 transport final energy demand and CO₂ emissions
- Electricity confirmed as the primary decarbonization driver
- ~ 5 PJ/d / ~ 1 Mbd oil displaced in 2021, mainly for 2-3 wheelers
- Supplying the additional power required for mobility will require significant infrastructure investments

att. 3.7. Viegļā transporta attīstības prognoze7.

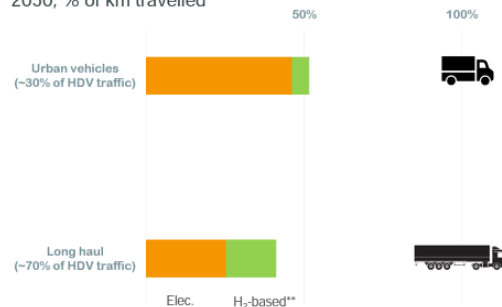
5 <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/3.-Concawes-transport-and-fuel-outlook.pdf>
 6 <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/3.-Concawes-transport-and-fuel-outlook.pdf>
 7 https://totalenergies.com/system/files/documents/2022-09/TotalEnergies_Energy_Outlook_2022.pdf

Heavy Duty Vehicles * final consumption (Momentum)
PJ/d



- HDV: 28% of 2019 transport final energy demand and CO₂ emissions
- A mix of clean energies (electricity, hydrogen and bioenergies) required to decarbonize trucking; electric powertrains leading the way.
- Even though HDV slower to decarbonize than Light Vehicles, oil share decreased to about half of the energy demand by 2050

Zero Emissions Vehicles share of HDV traffic (Momentum)
2050, % of km travelled



- Urban and some regional/long haul application see a rapid battery-based EV trucks development
- Fuel-cells penetration rate more progressive, nonetheless taking an important share especially for long haul trips

att. 3.8, Kravas transporta energonesēju izmaiņas prognozes8.

Kvalitatīvie un kvantitatīvie rādītāji biometāna izmantošanai kā alternatīvajai degvielai transporta vajadzībām. Biometāns kā transporta degviela ir izmantojams galvenokārt iekšdedzes dzinējos kā fosilā metāna aizstājējs (pašlaik attīstības stadijā ir degvielas šūnu (kurināmā elementu) izstrāde tiešai biometāna kā degvielas izmantošanai)). Prasības biometāna izmantošanai gan transporta energoapgādē, gan tā ievadei kopējā gāzes apgādes tīklā nosaka vairāki standarti un normatīvie dokumenti.

Starptautiskā standartizācijas organizācija (ISO) standarta ISO 15403:2010. “Dabaspāze — dabaspāze izmantošanai kā saspiesta degviela transportlīdzekļiem” mērķis ir nodrošināt ražotājiem, transportlīdzekļu operatoriem, degvielas uzpildes staciju operatoriem un citiem saspiešanās dabaspāzes transportlīdzekļu nozares dalībniekiem informāciju par degvielas kvalitāti dabaspāzes transportlīdzekļiem, kas nepieciešami, lai izstrādātu un darbinātu.

Degvielai, kas atbilst ISO 15403-1:2006 prasībām, jānodrošina droša transportlīdzekļa un ar to saistītā aprīkojuma darbība, kas nepieciešama tā degvielas uzpildei un apkopei, jāizsargā degvielas sistēma no korozijas, aizsērēšanas un šķidru vai cietu daļiņu nogulsnešanās kaitīgās ietekmes, un jānodrošina apmierinoša transportlīdzekļa veiktspēja jebkuros klimatiskajos apstākļos atbilstoši braukšanas prasībām konkrētā vietā. ISO 15403-1:2006 tiek piemērots arī dabaspāzes izmantošanai stacionārajos iekšdedzes dzinējos.

EN 16723-1:2017 ir Eiropas standarts, kas sniedz specifikācijas biometānam, kas paredzēts ievadīšanai dabaspāzes tīklā. EN 16723-1:2017 mērķis ir nodrošināt biometāna savietojamību ar dabaspāzes tīklu, ļaujot to efektīvi sadalīt, un izmantot kā atjaunojamo enerģijas avotu. Standarts palīdz veicināt tirgus attīstību un biometāna ražošanas un iesmidzināšanas procesu saskaņošanu visās Eiropas valstīs. Standarts nosaka prasības biometāna kvalitātei, lai nodrošinātu tā drošu un efektīvu integrāciju esošajā dabaspāzes infrastruktūrā. Tas attiecas uz tādiem parametriem kā metāna saturs, piemaisījumi un siltumspēja, lai nodrošinātu biometāna atbilstību nepieciešamajiem kvalitātes standartiem. Standarts nosaka minimālo metāna saturu 97% pēc tilpuma biometānam, kas paredzēts ievadīšanai dabaspāzes tīklā. Tas nosaka ierobežojumus piemaisījumiem, piemēram,

- sērūdeņradis (H₂S) – maks. limits 5mg/m³;
- skābeklis (O₂) maks. limits 2% no tilpuma;
- ūdens tvaiki (H₂O) maks. limits 55mg/m³;
- kopējie sēra savienojumi maks. limits 5mg/m³ (sērūdeņraža ekvivalents);
- kopējie gaistošie silīcija savienojumi (siloksāni) maks. limits 1 mg/m³.

Standarts ietver arī specifikācijas smaržvielām un metāna satura variācijām (EN 16723-1:2017 nosaka, ka metāna satura variācijai jābūt mazākai vai vienādai ar ±2 tilpuma %). Standartā sniegti norādījumi par paraugu ņemšanas un analīzes metodēm, lai noteiktu biometāna atbilstību noteiktajām prasībām. Atbilstoši šim standartam ražotājiem jānodrošina biometāna kvalitāte un drošība, piedāvājot to izmantot arī kā ilgtspējīgu degvielu transportā. B

Biogāzes uzlabošana līdz biometānam, to attīrot un saspiežot, ir solis uz priekšu biogāzes ražošanas efektivitātes un ilgtspējības palielināšanā. Tomēr šim procesam nepieciešama papildu aprīkojums un infrastruktūra, kas var palielināt biogāzes ražotņu kapitāla un darbības izmaksas. Šajā analizē tiks izpētīti zinātniskie pierādījumi, un pamatojums biogāzes uzlabošanai līdz biometānam, parādot šī procesa priekšrocības un trūkumus, koncentrējoties uz nepieciešamo papildu aprīkojumu un infrastruktūru.

Biogāzes uzlabošanas līdz biometānam priekšrocības:

- Biogāzes uzlabošana līdz biometānam, to attīrot un saspiežot, ir daudzas priekšrocības, tostarp:
 - Augstāks enerģētiskais saturs: Biometānam ir augstāks enerģētiskais saturs nekā neapstrādātai biogāzei, kas padara to efektīvāku enerģijas ražošanai.
 - Samazināti piesārņojumi: Biometānam ir mazāk piesārņojumu nekā neapstrādātai biogāzei, kas samazina korozijas un nosēdumu risku gāzes motoros un cauruļvados.
 - Zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas: Biometānam ir zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas nekā neapstrādātai biogāzei, it īpaši, ja biogāze ir ražota no organiskiem atkritumiem.

Biogāzes uzlabošanas līdz biometānam trūkumi:

- Biogāzes uzlabošana līdz biometānam, to attīrot un saspiežot, ir arī daži trūkumi, tostarp:
 - Papildu aprīkojums un infrastruktūra: Biogāzes uzlabošana līdz biometānam prasa papildu aprīkojumu un infrastruktūru, tostarp biogāzes uzlabošanas iekārtu, biometāna saspiešanas iekārtu un biometāna krātuvi. Tas var palielināt biogāzes ražotņu ieguldījumus un operatīvās izmaksas.
 - Tehniskā sarežģītība: Biogāzes uzlabošana ir tehniski sarežģīts process, kas prasa pieredzējušus operatorus un uzturēšanas personālu.
 - Enerģijas patēriņš: Biogāzes uzlabošanai ir nepieciešama enerģija attīrīšanai un saspiešanai, kas samazina kopējo enerģijas efektivitāti biogāzes ražošanā.

Biogāzes koģenerācijas sistēmas pārveidošana par biometāna ražošanas sistēmu prasa esošās sistēmas tehnisko modificēšanu. Šī pārveidošana ietver papildu iekārtu uzstādīšanu, lai uzlabotu ražotās biogāzes kvalitāti līdz biometānam izvirzītajām prasībām.

Papildiekārtas

Pārveidojot biogāzes koģenerācijas sistēmu uz biometāna ražošanas sistēmu, papildu iekārtas, kas parasti ir nepieciešamas, ir šādas:

- Biogāzes uzlabošanas iekārta: Šī iekārta noņem biogāzes sastāvā esošās papildvielas (CO₂, H₂S un mitrumu) no biogāzes, lai palielinātu metāna saturu līdz 95-99%. Visbiežāk izmantotās tehnoloģijas biogāzes uzlabošanai ir spiediena svārstību adsorbēcija (PSA), ūdens attīrīšana, ķīmiskā attīrīšana un membrānas izmantošana⁹.
- Gāzes saspiešanas iekārta: biometānam jābūt saspīestam līdz spiedienam, kas ir piemērots ievadīšanai dabasgāzes tīklā. Saspiešanas iekārta var būt rekuperējoša vai centrifugāla, atkarībā no nepieciešamā plūsmas ātruma un spiediena¹⁰.
- Gāzes uzglabāšanas iekārta: Saspiešanas biometāns tiek uzglabāts tvertnēs, pirms tas tiek injicēts tīklā vai izmantots transporta vajadzībām. Uzglabāšanas tvertnes lielums un skaits ir atkarīgs no dienas laikā ražotā biometāna daudzuma un gāzes ražošanas un attīrīšanas ātruma¹¹.
- Gāzes tīrīšanas iekārta: Biometānam, kas tiks injicēts dabasgāzes tīklā vai izmantots transporta vajadzībām, jāatbilst noteiktām kvalitātes standartiem, kas ietver ierobežojumus attiecībā uz piemaisījumiem, piemēram, ūdeni, skābekli un sēra savienojumiem. Tāpēc ir nepieciešama gāzes tīrīšanas iekārta, lai noņemtu šos piemaisījumus¹².

Izaicinājumi

9 Petersson, A., Wellinger, A., & Wietschel, M. (2019). Biogas upgrading technologies: A review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18(4), 635-666.

10 Kliopova, I., Klavins, M., & Blumberga, D. (2018). Biogas production and upgrading to biomethane as measures towards sustainable development: case study in Latvia. *Renewable Energy*, 116, 221-230.

11 Dvořák, P., Pospíšil, M., & Fendrychová, M. (2020). Comparison of greenhouse gas emissions from biogas production with different use scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120454.

12 Barrena, R., Elustondo, D., Sánchez, A., & Font, X. (2020). Life cycle assessment of biogas upgrading technologies for energy recovery and nutrient recycling. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118780.

Izpētot tehniskās sistēmas pārbūvi no biogāzes koģenerācijas uz biometāna ražošanu, var secināt, ka, neskatoties uz daudzajām priekšrocībām, tā rada arī dažas izaicinājumu un apsvērumus, kuriem jāpievērš uzmanība.

- Lieli kapitāla ieguldījumi: Papildus aprīkojuma un infrastruktūras ieviešana biometāna ražošanai var ievērojami palielināt kapitāla ieguldījumus salīdzinājumā ar biogāzes koģenerāciju. Tādēļ nepieciešams veikt rūpīgu finanšu plānošanu un novērtēt ekonomisko izdevīgumu.
- Uzturēšana un darbība: Papildu aprīkojums prasa regulāru uzturēšanu un darbību, lai nodrošinātu optimālu darbību un drošību. Tādēļ jāņem vērā kvalificēta personāla pieejamība un rezerves daļu pieejamība.
- Biometāna kvalitāte un tīkla injekcijas prasības: Biometāna kvalitātei jāatbilst noteiktām standartam, piemēram, metāna saturam, neattīrīto vielu līmenim un smaržvielu pievienošanai. Turklāt injekcija dabasgāzes tīklā prasa atbilstību tīkla pieslēgšanas un drošības regulām
- Biogāzes ražošanas izejvielu pieejamība un kvalitāte: Biomasas daudzums un kvalitāte, piemēram, organiskais atkritums un audzējumi, ietekmē biometāna ražošanas potenciālu un efektivitāti.
- Vides prasības un sociālā ietekme: Vides prasības biometāna ražošanai un tās ietekme uz sociālo vidi atkarīgas no vairākiem faktoriem, piemēram, izejvielu pieejamības un pirmapstrādes, bioreaktora darbīgās vielas ražošanas, transportēšanas un apstrādes, kā arī papildu ierīkojuma enerģijas patēriņa un ar to saistītiem dažādu emisiju līmeņiem¹³¹⁴¹⁵¹⁶.

Papildiekārtas un sistēmas, kas ir nepieciešamas, lai no biogāzes ražotu biometānu, iekļauj sevī sekojošo:

- Biogāzes uzlabošanas sistēma: Šī sistēma ietver biogāzes attīrīšanu no piesārņojumiem, piemēram, oglekļa dioksīda, sērūdeņraža un ūdens tvaika. Tas ir nepieciešams, lai paaugstinātu metāna saturu biogāzē līdz nepieciešamajam līmenim
- Saspiešanas sistēma: Saspiežamais biometāns tiek padots uz saspiešanas iekārtu, kur tā spiediens tiek paaugstināts, lai atbilstu prasībām, piemēram, injekcijai dabasgāzes tīklā.
- Gāzes uzglabāšanas un uzraudzības sistēma: Iegūtais biometāns tiek uzglabāts tvertnēs. Uzglabāšanas sistēmai jāietver arī kontroles aprīkojums, lai nodrošinātu drošu saražotā biometāna uzglabāšanu.
- Biogāze ievades tīklā (injekcijas) sistēma: Tā ietver biometāna ražošanas sistēmas savienošanas sistēmu ar dabasgāzes tīklu. Injekcijas sistēmai jāatbilst tīkla un drošības noteikumiem
- Kontroles un uzraudzības sistēma: Jābūt kontroles un uzraudzības sistēmai, lai kontrolētu procesu un optimizētu aprīkojuma veiktspēju un nodrošinātu visas sistēmas drošību darbības laikā.
- Smaržvielu pievienošanas sistēma: biometānam var tikt pievienotas smaržvielas, lai nodrošinātu, ka jebkuri gāzes noplūdumi var tikt konstatēti
- Siltummaiņu sistēma: tiek izmantota, lai atgūtu siltumu no biogāzes uzlabošanas un saspiešanas procesa atkārtotai siltuma izmantošanai

Kopumā papildu aprīkojuma apjoms un tam nepieciešamās investīcijas, kas nepieciešams, lai pārveidotu biogāzes koģenerācijas sistēmu uz biometāna ražošanu, var būt nozīmīgi. Tomēr, palielinoties iegūtā energonesēja enerģijas efektivitātei un samazinot siltumnīcefekta gāzu emisijas, šāda investīcija var pārsniegt uzstādīšanas un darbības izmaksas.

¹³Béline, F., Lohri, C. R., & Leuenberger, S. (2018). Prospective environmental life cycle assessment of biomethane production from manure in Switzerland: The role of co-substrates from household waste. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2042-2051.

¹⁴Jørgensen, U., Eriksen, J., Larsen, U., & Nielsen, H. (2018). Technical and economic optimization of biogas upgrading plants. *Renewable Energy*, 116, 731-739.

¹⁵Soares, T. A., & Finocchio, E. (2019). Biogas upgrading for biomethane production: A review on critical parameters and implications for process design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 1-21.

¹⁶Zain, N. M., Yusoff, M. Z. M., Abidin, Z. Z., & Hassan, M. A. (2019). A review of biomethane production from palm oil mill effluent (POME) by anaerobic digestion: Future perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 182-191.

4 Kvalitātes prasības/standartu biometānam kā degvielai transporta vajadzībām, tai skaitā pieejamie transportlīdzekļi tirgū

Palielinātais pieprasījums pēc enerģijas un bažas par klimata pārmaiņām ir novedis pie atjaunojamo enerģijas tehnoloģiju izstrādes, piemēram, biogāzes ražošanas no organiskajiem atkritumiem. Biogāze ir atjaunojamais enerģijas avots, kas var tikt ražots no organiskajiem atkritumiem anaerobās fermentācijas procesā. Biogāzes koģenerācijas sistēmu pārveide, lai ražotu biometānu, ir viens no risinājumiem siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai un atjaunojamās enerģijas ražošanas palielināšanai.

Biogāzes koģenerācijas sistēmas pārveide biometāna ražošanai var ievērojami palielināt enerģijas izmantošanas efektivitāti. Zinātniskie publikācijas sniedz tehniskus un ekonomiskus pierādījumus šādas pārveidošanas iespējamībai.

Vairāki pētījumi ir parādījuši, ka biogāzes koģenerācijas sistēmas pārveide biometāna ražošanai var ievērojami palielināt enerģijas efektivitāti un samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas¹⁷¹⁸¹⁹. Biometāns ir biogāzes attīrītā forma, kas satur augstu metāna procentu, tādējādi paaugstinot energonešēja efektivitāti. Biometāna enerģētiskais saturs līmenis ir līdzīgs dabasgāzes enerģētiskajam saturam, kas plaši tiek izmantots siltuma un elektroenerģijas ražošanai.

Biogāzes ražošana no organiskajiem atkritumiem var samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, novirzot atkritumus no atkritumu poligonu izmantošanas, kur tie citādi radītu metāna un CO₂ emisijas. Tomēr biogāzes izmantošana enerģijas ražošanai var joprojām izraisīt siltumnīcefekta gāzu emisijas, kas rodas ražošanas procesā. Biogāzes koģenerācijas sistēmas pārveide biometāna ražošanai var samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, ražojot degvielu ar augstāku enerģētisko saturu un noņemot un atsevišķi uzkrājot visus piesārņojumus, piemēram, CO₂, no biogāzes.

Process ietver biogāzes uzlabošanu līdz biometānam, izmantojot attīrīšanu un saspiešanu, kas prasa papildu aprīkojumu un infrastruktūru²⁰²¹. Biometāns var tikt izmantots dažādiem mērķiem, piemēram, ievadei gāzes sadales tīklā, transportlīdzekļu degvielai, elektroenerģijas vai siltuma ražošanai, atkarībā no vietējā pieprasījuma un pieejamās infrastruktūras²²²³. Tādas pārveidošanas ekonomiskā izdevīgums ir atkarīgs no dažādiem faktoriem, piemēram, izejvielu (biomasa, atkritumi, notekūdeņu dūņas, u.c.) pieejamības un izmaksām, vietējā (valsts un reģiona līmenī) enerģijas tirgus apstākļiem, un ES, valsts un reģiona līmeņa veicināšanas sistēmas, stimulu un normatīvās bāzes esamības²⁴²⁵.

Biometāna ražošanas no biogāzes ieguvumi atkarīgi no izmantotā izejvielu veida, emisiju samazināšanas stratēģijas un atbalst mehānismiem, aizvietojošot fosilās degvielas²⁶²⁷. Galvenie izaicinājumi un iespējas biogāzes koģenerācijas sistēmu pārveidei biometāna ražošanai ietver tehnoloģiskās gatavības novērtēšanu, integrāciju ar esošajiem enerģētiskās sistēmām, ieinteresēto pušu iesaistīšanu un iespēju izmantošanu cirkulārās ekonomikas realizācijā un atkritumu valorizācijā²⁸²⁹³⁰.

17 Zaved H, et al. (2017) A review of sustainable biogas production and utilization using integrated renewable energy resources in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79: 308-318.

18 Gómez-López VM, et al. (2020) Analysis of the technical and economic feasibility of biomethane production from biogas in Colombia. *Renewable Energy*, 156: 1150-1161.

19 Batidzirai B, et al. (2019) Biogas to biomethane conversion: A comprehensive techno-economic assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114: 109327.

20 Kougias PG, et al. (2016) Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60: 1601-1615.

21 Li H, et al. (2021) Biogas upgrading technologies and industrial applications: A review. *Journal of Cleaner Production*, 284: 125489.

22 Olsson J, et al. (2014) Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. *Energy Procedia*, 61: 1117-1120.

23 Zarebska A, et al. (2019) Techno-economic assessment of biomethane production and utilization in Poland. *Renewable Energy*, 134: 1251-1259.

24 Heiermann M, et al. (2018) Profitability of biomethane production from various agricultural feedstocks. *Renewable Energy*, 119: 703-714.

25 Giraldo J, et al. (2021) Economic analysis of biomethane production in Chile using a life cycle perspective. *Energy Conversion and Management*, 248: 114216.

26 Kliopova I, et al. (2018) Greenhouse gas emissions from biomethane production and utilization: A review of the state-of-the-art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91: 1192-1207.

27 Petersson A, et al. (2019) Biomethane in transport: Greenhouse gas reduction and costs. *Renewable Energy*, 132: 1171-1180.

28 Dimitrova M, et al. (2021) Refurbishing a biogas plant to a circular economy system: An integrated approach. *Journal of Cleaner Production*, 282: 125046.

29 Gao Y, et al. (2021) Biogas upgrading and utilization in the context of circular economy: Opportunities and challenges. *Energy*, 226: 120331.

30 Bockhorn H, et al. (2022) From biogas to biomethane – The role of policy in the energy transition. *Energy Policy*, 160: 112916.

Zinātniska pieeja biogāzes koģenerācijas sistēmas atjaunošanas izpildīšanas iespējamības un ieguvumu novērtēšanai ietver tehnikas, ekonomikas, vides un sociālo aspektu analīzi, normatīvo dokumentu izvērtējumu, kā arī risku un nenoteiktību novērtēšanu, ņemot vērā iesaistīto pušu viedokļus³¹³²³³.

Turpmākai pētniecībai ir nepieciešams novērtēt šīs pārveidošanas risinājuma mērogojamību un atkārtojamību, kā arī piedāvāt optimizētu biometāna ražošanas procesu ar augstu veiktspēju un atbilstošām izmaksām³⁴³⁵³⁶.

Biogāzes pirmapstrāde var būt nepieciešama, lai noņemtu piemaisījumus, kas var sabojāt citas, to izmantojošās un pārstrādājošās iekārtas. Priekšapstrādes tehnoloģijas ietver filtrēšanu, sedimentāciju un centrifugēšanu. Tā ietver sevī sekojošas sadaļas:

- CO₂ atdalīšanu. Izmantotās tehnoloģijas šī procesa veikšanai ir sekojošas:
 - Pressure swing adsorption (PSA) ir izplatīta modernizācijas tehnoloģija, kas izmanto adsorbciju, lai noņemtu piemaisījumus no biogāzes. Process ietver biogāzes izvadīšanu caur adsorbenta materiāla slāni augstā spiedienā, kas selektīvi adsorbē piemaisījumus un atstāj aiz sevis metānu (skat. 4.1. att.).



att. 4.1. Ogļskābās gāzes atdalīšana, izmantojot PSA tehnoloģiju³⁷.

- Membrānu separācija (skat. 4.2. att.)



att. 4.2. Membrānu separācijas sistēma³⁸.

31 Dvořák P, et al. (2020) A review of the environmental and economic assessments of biomethane production and use. *Energies*, 13(10): 2467.

32 Escobar Palacio JC, et al. (2021) A multi-criteria decision-making approach to assess the feasibility of biomethane production from biogas in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 280: 124426.

33 Tassone C, et al. (2021) Stakeholder perspectives on the biomethane value chain: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150: 111467.

34 Barrena R, et al. (2020) Biogas upgrading to biomethane in Europe: A review of the key success factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117: 109491.

35 Xu G, et al. (2019) Optimization of biomethane production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101: 636-648.

36 Meng X, et al. (2022) A comprehensive review of advanced technologies for biogas upgrading to biomethane. *Renewable Energy*, 181: 1323-1343.

37 <https://www.biogasworld.com/product/biogas-management/upgrading/greenlane-biogas-pressure-swing-adsorption-psa/>

38 <https://waste-management-world.com/artikel/3-stage-membrane-for-biogas-upgrading-plants-coming-to-new-york-state/>

- Absorbcija caur amīnu slāni - ķīmiskā absorbcija, kurā izmanto šķīdinātāju, lai selektīvi noņemtu piemaisījumus no biogāzes. Process ietver biogāzes izvadīšanu caur torni, kas piepildīts ar šķīdinātāju, kas absorbē piemaisījumus un atstāj aiz sevis metānu;
- Sērūdeņraža atdalīšana:
- Bioloģiskā desulfurizācija (piemēram, lietojot baktērijas, piemēram, Thiobacillus) (skat. 4.3. att.);



att. 4.3. Biogāzes desulfurizācijas iekārta³⁹.

- Absorbcija, izmantojot dzelzs oksīdu;
- Ķīmiskā attīrīšana, izmantojot dzelzs helātus;
- Skalošana caur ūdeni (skat.4.4.att.).



att. 4.4. Biogāzes skalošanas caur ūdeni sistēmas piemērs⁴⁰.

- Ūdens tvaiku atdalīšana – gāzes kaltēšana:
 - Adsorbcija, izmantojot silikagēlu vai aktīvo ogli;
 - Membrānu separācija;
 - Dzesēšana un kondensēšana.

Tālāk seko uzlabotās biogāzes apstrāde un biometāna ieguve un apstrāde:

- Saspiešana, lai samazinātu uzglabāšanas trauku tilpumu (izmanto dažāda veida kompresorus);

³⁹ <https://enconcleanenergy.com/en/biogas-desulfurization/>
⁴⁰ <https://www.greenlanerenewables.com/biogas/technology/>

- Biometāna pēcatfūrīšana – no siloksāniem, nevajadzīgiem piemaisījumiem. Izmanto adsorbciju un kriogēnās tehnoloģijas (saldēšana, atdzesēšana)
- Uzskaitē, uzkrāšana, glabāšana
- Biometāna kvalitātes kontrole, izmantojot gāzu hromatogrāfus, plūsmas, spiediena un temperatūras mērinstrumentus;
- Smaržvielu pievienošana noplūdes kontrolei (tert-butylthiol (TBT) un tetrahydrothiophene (THT));
- Monitoringa un automātiskās vadības sistēma (ar datu uzkrāšanu un pārsūtīšanu) pārkraušanai, uzglabāšanai un transportēšanai;
- Automātiskā drošības un signalizācijas sistēma gāzes noplūdes kontrolei⁴¹⁴²⁴³⁴⁴⁴⁵⁴⁶⁴⁷⁴⁸⁴⁹⁵⁰⁵¹⁵².

Kvalitatīvie un kvantitatīvie rādītāji biometāna izmantošanai kā alternatīvajai degvielai transporta vajadzībām.

Prasības biometāna izmantošanai gan transporta energoapgādē, gan tā ievadē kopējā gāzes apgādes tīklā nosaka vairāki standarti un normatīvie dokumenti.

Starptautiskā standartizācijas organizācija (ISO) standarta ISO 15403:2010. “Dabaszgāze — dabaszgāze izmantošanai kā saspiesta degviela transportlīdzekļiem” mērķis ir nodrošināt ražotājiem, transportlīdzekļu operatoriem, degvielas uzpildes staciju operatoriem un citiem saspiegtās dabaszgāzes transportlīdzekļu nozares dalībniekiem informāciju par degvielas kvalitāti dabaszgāzes transportlīdzekļiem, kas nepieciešami, lai izstrādātu un darbinātu.

Degvielai, kas atbilst ISO 15403-1:2006 prasībām, jānodrošina droša transportlīdzekļa un ar to saistītā aprīkojuma darbība, kas nepieciešama tā degvielas uzpildei un apkopei, jāaizsargā degvielas sistēma no korozijas, aizsērēšanas un šķidru vai cietu daļiņu nogulsnešanās kaitīgās ietekmes, un jānodrošina apmierinoša transportlīdzekļa veiktspēja jebkuros klimatiskajos apstākļos atbilstoši braukšanas prasībām konkrētā vietā. ISO 15403-1:2006 tiek piemērots arī dabaszgāzes izmantošanai stacionārajos iekšdedzes dzinējos.

EN 16723-1:2017 ir Eiropas standarts, kas sniedz specifikācijas biometānam, kas paredzēts ievadīšanai dabaszgāzes tīklā. EN 16723-1:2017 mērķis ir nodrošināt biometāna savietojamību ar dabaszgāzes tīklu, ļaujot to efektīvi sadalīt un izmantot kā atjaunojamo enerģijas avotu. Standarts palīdz veicināt tirgus attīstību un biometāna ražošanas un iesmidzināšanas procesu saskaņošanu visās Eiropas valstīs. Standarts nosaka prasības biometāna kvalitātei, lai nodrošinātu tā drošu un efektīvu integrāciju esošajā dabaszgāzes infrastruktūrā. Tas attiecas uz tādiem parametriem kā metāna saturs, piemaisījumi un siltumspēja, lai nodrošinātu biometāna atbilstību nepieciešamajiem kvalitātes standartiem. Standarts nosaka minimālo metāna saturu 97% pēc tilpuma biometānam, kas paredzēts ievadīšanai dabaszgāzes tīklā.

Tas nosaka ierobežojumus piemaisījumiem:

- sērūdeņradis (H₂S) – maks. limits 5mg/m³;
- skābeklis (O₂) – maks. limits 2% no tilpuma;
- ūdens tvaiki (H₂O) – maks. limits 55mg/m³;

41 Capson-Tojo, G., Ruiz, M., Lebrero, R., Muñoz, R., & González-Fernández, C. (2018). Biogas upgrading technologies by means of CO₂ removal: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2940-2954.

42 Demirel, B., & Scherer, P. (2011). Trace element requirements of agricultural biogas digesters during biological conversion of renewable biomass to methane. *Biomass and Bioenergy*, 35(3), 992-998.

43 Kougias, P. G., De Francisci, D., & Treu, L. (2019). Biogas upgrading by membrane technology. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(14), 13614-13622.

44 Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., & Campanaro, S. (2018). Biogas upgrading and utilization: current status and perspectives. *Biotechnology advances*, 36(2), 452-466.

45 Deublein, D., & Steinhauser, A. (2011). *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. Wiley-VCH.

46 Lemmer, A., & Kröger, M. (2017). Biogas upgrading technologies—a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(4), 601-628.

47 Mohsenzadeh, A., & Lohi, A. (2018). Biogas upgrading technologies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3542-3559.

48 Wang, X., Feng, Y., Wang, L., & Li, X. (2016). Biogas upgrading by water scrubbing and gas-liquid membrane absorption: A comparative study. *Chemical Engineering Journal*, 288, 623-629.

49 Ghimire, P. C., Zhang, Z., Pandey, P., Shrestha, R., Malakar, N., & Pant, D. (2019). A review on recent advancement in biogas upgrading technologies. *Bioresource Technology*, 292, 121995.

50 Ghimire, P. C., Zhang, Z., Pandey, P., Shrestha, R., Malakar, N., & Pant, D. (2019). A review on recent advancement in biogas upgrading technologies. *Bioresource Technology*, 292, 121995.

51 Gao, Y., Wang, X., Feng, Y., & Li, X. (2019). Biogas upgrading to biomethane for natural gas grid injection in China: Technologies, industrial application, and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 225-243.

52 Oosterkamp, M. J., Stams, A. J., & Lens, P. N. (2016). Recent developments in biological methane production and recovery. *Trends in biotechnology*, 34(12), 1005-1017.

- kopējie sēra savienojumi – maks. limits 5mg/m³ (sērūdeņraža ekvivalents);
- kopējie gaistošie silīcija savienojumi (siloksāni) – maks. limits 1 mg/m³.

Standarts ietver arī specifiskācijas smaržvielām un metāna satura variācijām (EN 16723-1:2017 nosaka, ka metāna satura variācijai jābūt mazākai vai vienāgai ar ±2 tilpuma %).

Standartā sniegti norādījumi par paraugu ņemšanas un analīzes metodēm, lai noteiktu biometāna atbilstību noteiktajām prasībām. Atbilstība šim standartam ražotājiem jānodrošina biometāna kvalitāte un drošība, piedāvājot to izmantot arī kā ilgtspējīgu degvielu transportā. Biometāns kā transporta degviela ir izmantojams galvenokārt iekšdedzes dzinējos kā fosilā metāna aizstājējs (pašlaik attīstības stadijā ir degvielas šūnu (kurināmā elementu) izstrāde tiešai biometāna kā degvielas izmantošanai).

Saspīstās gāzes (metāna) – angļiski Compressed Natural Gas (CNG), izmantošanas pieredze iekšdedzes dzinējos pasaulē ir ievērojama un plaša. Vienkāršākais risinājums ir vieglās degvielas – benzīnu izmantojošo iekšdedzes dzinēju piemērošana (pārveidojot degvielas sistēmu) pēc to pārdošanas, vai rūpnieciski ražotu transportlīdzekļu izgatavošana transportlīdzekļus izgatavojošās rūpnīcās.

Galvenās priekšrocības CNG izmantošanai transportā:

CNG ir tīrāka alternatīva parastajiem fosilajiem kurināmajiem, piemēram, benzīnam un dīzeļdegvielai, piedāvājot vairākus vides ieguvumus:

- Zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas: CNG sadedzināšana rada mazāk siltumnīcefekta gāzu emisiju, tostarp oglekļa dioksīda (CO₂) un metāna (CH₄), salīdzinot ar benzīnu un dīzeļdegvielu.
- Samazināti gaisa piesārņotāji: CNG sadegšana rada mazāku piesārņotāju līmeni, piemēram, slāpekļa oksīdus (NO_x), sēra oksīdus (SO_x) un daļiņas (PM), kā rezultātā uzlabojas gaisa kvalitāte un samazinās smoga veidošanās.
- Zemākas toksiskās emisijas: CNG ir mazāka toksisko piesārņotāju, piemēram, benzola, formaldehīda un policiklisko aromātisko ogļūdeņražu (PAO) emisija, salīdzinot ar parastajām degvielām.

CNG piedāvā ekonomiskas priekšrocības:

- Izmaksu ietaupījumi: CNG parasti ir zemākas izmaksas par enerģijas vienību, salīdzinot ar benzīnu un dīzeļdegvielu, kā rezultātā transportlīdzekļu īpašnieki un autoparku operatori var ietaupīt izmaksas.
- Vietējā pieejamība: CNG var iegūt vietējā tirgū daudzos reģionos, samazinot atkarību no importētās naftas un uzlabojot energoapgādes drošību.

Ar CNG darbināmiem transportlīdzekļiem ir tehniskas priekšrocības:

- CNG transportlīdzekļiem ir zemākas uzturēšanas izmaksas nekā citiem ar ogļūdeņražu darbināmiem transportlīdzekļiem;
- CNG degvielas sistēmas ir noslēgtas, novēršot degvielas zudumus no noplūdes vai iztvaikošanas;
- Palielināts smērēļu kalpošanas laiks, jo CNG nepiesārņo un neatšķaida kartera eļļu.
- Tā kā CNG ir gāzveida degviela, tā viegli un vienmērīgi sajaucas ar gaisu
- Līdzīga veiktspēja: CNG transportlīdzekļi piedāvā salīdzināmu veiktspēju kā parastie transportlīdzekļi ar salīdzināmu jaudu, paātrinājumu un pārvietošanās diapazonu.
- Labi izveidota tehnoloģija: CNG tehnoloģija transportlīdzekļiem ir bijusi komerciāli pieejama jau vairākus gadus desmitus ar nobriedušu degvielas uzpildes un apkopes infrastruktūru.

CNG ir atjaunojamo avotu potenciāls:

- Biometāns: CNG var iegūt no atjaunojamiem avotiem, piemēram, biometāna, ko ražo no organiskajiem atkritumiem, vēl vairāk uzlabojot vides ilgtspējību.

Jāatzīmē arī CNG lietošanas ierobežojumi un trūkumi:

- Zemāks nekā šķidrāi degvielai enerģijas blīvums (nepieciešamība pēc palielinātām degvielas uzglabāšanas iekārtām pie tā paša darba apjoma);
- Zemāka (nekā šķidrāi degvielu izmantošanas gadījumā) dzinēja tilpuma efektivitāte gāzveida degvielas dēļ – tādas pašas jaudas iekšdedzes dzinējiem jābūt ar lielākiem izmēriem;
- Augstā spiedienā uzglabātas gāzes uzglabāšanas tvertnes ar īpašām prasībām – paaugstinātas drošības un pārbaudes prasības;
- Metāns no fosilām atradnēm – neilgtspējīgs, neatjaunojams enerģijas avots;

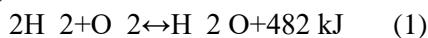
- Sadegšanas produktu - Siltumnīcefekta gāzu, piemēram, oglekļa dioksīda, oglekļa monoksīda un citu oglekļa komponentu emisija, kas veicina globālo sasilšanu.

Autoražotāji, kas piedāvā transportlīdzekļus ar CNG un bi-fuel (vairākdegvielu) risinājumus:

- Viegļie auto:
 - Honda;
 - Fiat Chrysler Automobiles (FCA);
 - Ford;
 - Hyundai;
 - General Motors (GM);
 - Volkswagen Group (ieskaitot Volkswagen, Audi, SEAT un Škoda);
 - Tata Motors;
 - Suzuki;
 - Mahindra & Mahindra;
 - Volvo.
- Kravas auto:
 - Volvo Trucks;
 - Scania;
 - Daimler AG (Mercedes-Benz Trucks);
 - MAN Truck & Bus;
 - Iveco;
 - Hino Motors (daļa no Toyota Group);
 - Isuzu Motors;
 - Ashok Leyland;
 - Tata Motors;
 - Sinotruk.
- Autobusi:
 - Volvo Buses;
 - Scania;
 - MAN Truck & Bus;
 - Daimler AG (Mercedes-Benz un Setra);
 - Iveco Bus;
 - Solaris Bus & Coach;
 - Ashok Leyland;
 - Tata Motors;
 - Cummins Inc.;
 - BYD Company Ltd.

Jaunākie pētījumi enerģijas konversijā, izmantojot fosilos un no biovides iegūtos ogļūdeņražus, rāda, ka ievērojama perspektīva ir elektrotransportam ar hibrīdenerģoblokiem, kuros papildus tiešai enerģijas uzkrāšanai elektroķīmiskajos akumulatoros (vispazīstamākie ir svina-skābes, Ni₂MH, LiPo, u.c.) tiek izmantoti kurināmā elementi (Fuel Cells – saīsinājums FC), kuros kā degviela tiek lietoti ogļūdeņraži un ūdeņradis, tajā skaitā arī biometāns un biogāze. Ūdeņraža izmantošanai elektroenerģijas iegūšanai ir izveidotas modernas, augsti efektīvas FC, kuru efektivitāte elektroenerģijas ieguvē pārsniedz 75%. Salīdzinājumam koģenerācijā izmantotajai iekšdedzes dzinēja – elektroģeneratora sistēmai efektivitāte elektroenerģijas ieguvē nepārsniedz 13-20%

Kurināmā elementa (FC) ūdeņraža reakcijas produkts ar skābekli ir ekoloģiski nekaitīgs – tas ir ķīmiski tīrs ūdens - šī procesa izmeši, un elementu saišu izmaiņu rezultātā atbrīvojas 482 kJ enerģijas (skat.1.formulu).



Ūdeņraža kā degvielas izmantošana radītu arī papildus efektu – tiktu palielināts dzīvās dabas uzturēšanai nepieciešamais saldūdens, kā arī tā ražošanas laikā kā izmeši būtu arī skābeklis.

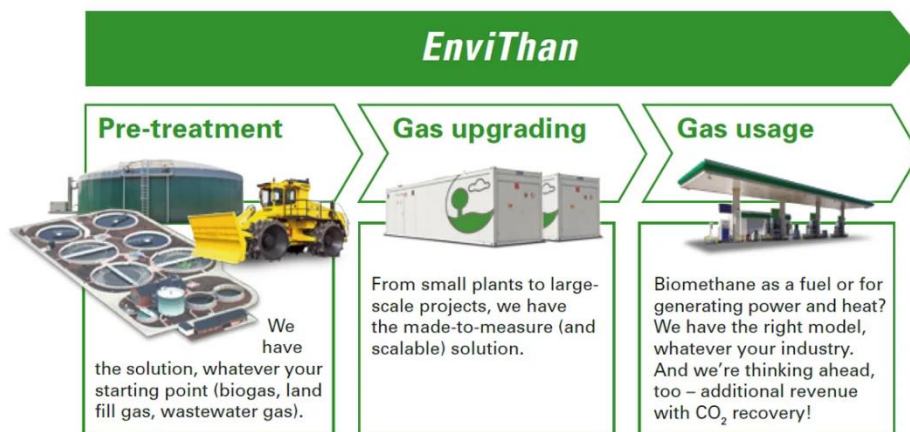
Ļoti būtiski uzsvērt to, ka ūdeņraža oksidēšanas reakcija ir divvirzienu – noteiktos apstākļos, pievadot enerģiju no ārpuses, ir iespējams ūdeni sadalīt ūdeņradī un skābeklī. Visizplatītākā tehnoloģija šāda procesa nodrošināšanai ir elektrolīze. Jaunākie risinājumi, izmantojot cieto oksīdu elektrolīzes

iekārtas (Solid Oxide Electrolyser Cells), rāda augstu efektivitāti – 70..90%, un zemu enerģijas patēriņu – mazāk kā 3,7 kWh elektroenerģijas tiek patērētas 1 nm³ H₂ iegūšanai.

4.1 Iekārtu ražotāji biogāzes uzlabošanai līdz biometānam

Sistēmiski biogāzes uzlabošanas iekārtu ražošanu veic vairākas kompānijas (skat. 4.5. att.). Dažas no tām ir parādītas šajā sarakstā:

- EnviTec Biogas AG, Lohne, Vācija⁵³;



att. 4.5. Biometāna ieguves piedāvājums⁵⁴.

- Innovative Environmental Technologies Pvt. Ltd. (IETL), Pune, Indija⁵⁵;
- NeoZeo AB, Stokholma, Zviedrija⁵⁶;
- Evo Energy Technologies Seventeen Mile Rocks, Austrālija⁵⁷;
- Metener Oy, Leppävesi, Somija⁵⁸;
- Scandinavian Biogas Fuels AB, Stokholma, Zviedrija⁵⁹;
- Jog Waste to Energy Pvt. Ltd⁶⁰;
- Hitachi Zosen Inova AG⁶¹;
 - Pentair⁶²;
 - Quadrogen⁶³;
 - Greenline Biogas⁶⁴.

Greenlane ir pasaulē vadošais biogāzes modernizācijas sistēmu nodrošinātājs, kas palīdz atkritumu ražotājiem, gāzes pakalpojumu sniedzējiem un projektu izstrādātājiem, palīdzot viņiem pārvērst biogāzi augstvērtīgā atjaunojamā resursā ar zemu oglekļa emisiju. Greenlane biogāzes uzlabošanas risinājumi tiek tirgoti un pārdoti ar Greenlane Biogas™ zīmolu. Biogāzes uzlabošanas sistēmas attīra biogāzes piemaisījumus un atdala oglekļa dioksīdu no biometāna, lai izveidotu tīru, augstas tīrības pakāpes zema oglekļa satura degvielu: biometānu/atjaunojamo dabasgāzi (RNG).

53 <https://www.envitec-biogas.com/>

54 <https://www.envitec-biogas.com/>

55 <http://ietl.in/>

56 <https://www.neozeo.com/>

57 <https://www.evoet.com.au/products/>

58 <https://www.metener.fi/en/home/>

59 <https://www.biokraft.com/>

60 <https://www.jogwte.com/>

61 <https://www.hz-inova.com/>

62 <https://www.pentair.com/>

63 <https://quadrogen.com/>

64 <https://www.greenlanerenewables.com/biogas/technology/>



att. 4.6. Biometāna ieguves sistēmas skice65.

Kurināmā elementi ir elektroķīmiskas ierīces, kas ķīmisko enerģiju pārvērš tieši elektroenerģijā. Tie piedāvā augstu energoefektivitāti, zemas emisijas un klusu darbību, padarot tos par daudzsoļiem kandidātiem tīrai un ilgtspējīgai enerģijas ražošanai.

Tiešās biogāzes vai biometāna kurināmā elementi (BGFC) novērš nepieciešamību pēc ārējiem reformēšanas procesiem, lai metānu pārvērstu par ūdeņradi, tādējādi būtiski vienkāršojot sistēmu un samazinot izmaksas. BGFC var darboties zemākā temperatūrā, salīdzinot ar citiem kurināmā elementu veidiem, piemēram, cietā oksīda kurināmā elementiem (SOFC), jo metānam ir augstāka reaktivitāte. Tas nodrošina ātrāku palaišanas laiku un uzlabo izturību.

Šī brīža BGFC ierīču un sistēmu izstrādes izaicinājumi ietver piemaisījumu atdalīšanu no biogāzes vai biometāna, lai novērstu katalizatora piesārņošanu un efektivitātes samazināšanos, tādējādi radot mazāk efektīvu degvielas izmantošanu, kā arī elektrodu un sistēmas dizaina optimizāciju. Pētnieki pēta dažāda veida kurināmā elementu tehnoloģijas, tostarp protonu apmaiņas membrānas kurināmā šūnas (PEMFC), cietā oksīda kurināmā šūnas (SOFC) un izkausētās karbonāta kurināmā šūnas (MCFC), lai tieši izmantotu biogāzi vai biometānu.

Nesenie pētniecības rezultāti materiālu, katalizatoru un sistēmu projektēšanā ir uzlabojuši BGFC veiktspēju, stabilitāti un efektivitāti, padarot tos dzīvotspējīgākus, tuvinot tos komercializācijai. Metāna kurināmā elementu (FC) ražotāji pasaulē:

- Ballard: Ballard piedāvā virkni kurināmā elementu dažādiem lietojumiem, tostarp lieljaudas moduļus un kurināmā elementu sistēmas; Ballard sadarbībā ar ASV bāzēto Chart Industries ir veiksmīgi testējis kurināmā elementu, ko darbina sašķidrinātais ūdeņradis. Tika izmantots Ballard FCmove-HD degvielas elements savienojumā ar transportlīdzekļa degvielas sistēmu;
- Bloom Energy – galvenokārt izgatavo cieto oksīdu kurināmā elementus (SOFC) gāzveida degvielām, ieskaitot metānu un biogāzi;
- FuelCell Energy, Inc. ir uzņēmums, kas ražo kurināmā elementus dažādiem lietojumiem. Viņi ir guvuši ievērojamus panākumus cietā oksīda kurināmā elementu (SOFC) tehnoloģijas izstrādē. Pieejamā informācija par FuelCell Energy kurināmā elementu produktiem. FuelCell Energy ir izveidojis sistēmisku cietā oksīda elektroliizeru un cietā oksīda kurināmā elementu platformu, kas tiek lietota optimizētai tīra ūdeņraža ar zemu izmaksu ražošanai un lietošanai. Platforma nodrošina ražotājiem iespēju īstenot elastīgu enerģētikas stratēģiju, ļaujot tām ražot tīru ūdeņradi no atjaunojamās enerģijas bez oglekļa emisijām, optimāli pārvaldīt atjaunojamās energoresursus. FuelCell Energy cieto oksīdu platforma ir viena no visefektīvākajām pieejamajām elektrolīzes

tehnoloģijām, piedāvājot par 20 līdz 30% zemākas udeņraža izmaksas, salīdzinot ar zemas temperatūras sistēmām.

Degvielas patēriņa pētījumi, salīdzinot ar CNG, biometānu un benzīnu darbināmu transportlīdzekļu veikspēju un emisijas, izpildot WLTC (World Harmonize Light Vehicle Test) braukšanas ciklu, degvielas patēriņš un oglekļa dioksīda emisijas bija ļoti salīdzināms visiem transportlīdzekļiem.

Pētījumā atklājās, ka biometāna transportlīdzekļiem degvielas patēriņš bija no 31,7 līdz 31,2 g/km, metāna transportlīdzekļa degvielas patēriņš bija 29,3 g/km, bet benzīna transportlīdzekļa degvielas patēriņš bija 33,1 g/km. Šis pētījums apstiprina, ka tieša biometāna izmantošana ir efektīvāka par benzīna izmantošanu transportlīdzekļu energonodrošināšanai.

5 Kvalitātes prasības/standarti ūdeņradim kā degvielai transporta vajadzībām, tai skaitā pieejamie transportlīdzekļi tirgū

Ūdeņraža izmantošana ir perspektīva, un tam ir vairāki iemesli. Pirmkārt, ūdeņradis ir Visumā visizplatītākais elements, un aptuveni 80% Visuma masas sastāv no ūdeņraža.

Otrkārt, uz Zemes, kuras lielākā daļa ir pārklāta ar ūdeni, 11% no ūdens sastāv no ūdeņraža, un kopumā Zemē ir apmēram 1,386 miljardi km³ ūdens, no kuriem tikai 2.5% ir saldūdens. Izstrādājot efektīvas tehnoloģijas ūdeņraža ieguvei no ūdens, varētu nodrošināt praktiski neierobežotu enerģijas uzkrāšanu ūdeņraža formā. Šāda tehnoloģija ievērojami ietekmētu Latvijas valstu enerģijas neatkarību.

Tiek veidotas tehnoloģijas, kas ļauj atdalīt oglekli no fosilajiem kurināmajiem, jo to CO₂ emisijas sāk ietekmēt apkārtējo vidi, un izmantot ūdeņradi enerģijas ieguvei. Šīs tehnoloģijas ļauj gan izmantot ūdeņradi tieši, gan arī iegūto CO₂ savākt un uzglabāt pēc sadegšanas procesa.

Treškārt, cilvēce jau pašlaik neapzināti izmanto ūdeņradi enerģijas ieguvei, jo dažos fosilajos kurināmajos, piemēram, metānā, ir noteikts ūdeņraža daudzums atkarībā no molekulārā sastāva. Ūdeņradis sastāv no 25% no masas metānā (kuram ir molekulmasa 16 g/mol) [12]. Jo augstāka ir molekulas masa, jo mazāka ir ūdeņraža koncentrācija pēc masas, un attiecīgi straujāk pieaug oglekļa C proporcija.

Arī biomasas sastāvā ir vērtīgi ņemami H₂ apjomi. Dzīvajos audos ūdens formā un augu sausnā ir dažādi ūdeņraža savienojumi, kas piesaistījuši pēc masas 6..15% ūdeņraža (piemēram, audos ir 75-80% ūdens, kukurūzā ir 6.4% ūdeņraža).

Izveidojot tehnoloģiju ūdeņraža atdalīšanai no biomasas un citām ūdeņradi saturošām vielām, tiktu iegūta ekoloģiska biomasas izmantošana.

5.1 Direktīva 2014/95/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu

Attiecībā uz ūdeņraža izmantošanu, kā alternatīvo degvielu sauszemes transportlīdzekļos, ES Direktīvā 2014/94/ES par alternatīvās degvielas infrastruktūras ieviešanu ir noteiktas minimālās prasības ūdeņraža uzpildes staciju būvniecībai, kā arī sniegtas šādu ūdeņraža uzpildes punktu tehniskās specifikācijas. Šīs direktīvas norādītās tehniskās specifikācijas šobrīd ir galvenās reglamentētās tehniskās prasības sauszemes transportlīdzekļu uzpildīšanai.

EN 17127	Outdoor hydrogen refuelling points dispensing gaseous hydrogen and incorporating filling protocols
Darbības joma	Standartā ir noteiktas minimālās prasības, lai nodrošinātu publisko ūdeņraža uzpildes punktu savietojamību, tostarp degvielas uzpildes protokoliem, kas autotransporta līdzekļiem (piem., kurināmā elementu elektriskajiem transportlīdzekļiem) padod gāzveida ūdeņradi, lai tie atbilst piemērojamajiem noteikumiem.
Atsauces	Šajā dokumentā nav iekļautas visas ūdeņraža uzpildes stacijas (HRS) drošības un veiktspējas prasības, kas risinātas saskaņā ar spēkā esošajiem attiecīgajiem Eiropas un valsts tiesību aktiem. Tieši piemērojamais standarts direktīvā 2014/94/ES, II pielikums.
EN ISO 17268	Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices
Darbības joma	Attiecas uz sauszemes transportlīdzekļa saspiebtā ūdeņraža kā degvielas uzpildes savienojuma ierīču konstrukciju, drošību un darbības pārbaudi.
Atsauces	Tieši piemērojamais standarts direktīvā 2014/94/ES, II pielikums.
LVS EN 17124	Ūdeņraža degviela. Produkta specifikācija un kvalitātes nodrošināšana. Degvielas šūnu protonu apmaiņas membrānas (PEM) autotransportlīdzekļiem

Darbības joma	Šis standarts nosaka ūdeņraža degvielas kvalitātes kritērijus, kvalitātes kontroles metodes, kontroles pasākumus (rutīnas pasākumi, ārpuskārtas kontroles), paraugu ņemšana analīzēm, monitoringu, lai nodrošinātu ūdeņraža produkta viendabīgumu, kuru paredzēts izmantot degvielas šūnu transportlīdzekļu protonu apmaiņas membrānu (PEM) sistēmās.
Atsauces	Standarts ir tieši piemērojams ūdeņraža kā degvielas kvalitātes novērtēšanai, lai to varētu izmantot sauszemes transportlīdzekļos. Standarts minēts direktīvas 2014/94/ES, II pielikumā.

5.2 Direktīva 2006/42/EK par mašīnām

Direktīva attiecas uz plaša lietojuma iekārtām un mehānismiem, tomēr attiecībā uz ūdeņraža tehnoloģisko iekārtu kompleksiem, direktīvas prasības ir piemērojamas piemēram sūkņu un kompresoru sistēmām. Direktīva piemērojama arī tehnoloģisko iekārtu un kompleksu vadības un drošības sistēmām. Iekārtu drošuma pamatprasības noteiktas direktīvas I pielikumā, bet detalizētas tehniskās prasības noteiktas saskaņotajos standartos, kas publicēti Eiropas Oficiālajā Vēstnesī, un atrodami Eiropas Komisijas tīmekļa vietnē⁶⁶.

Jāņem vērā, ka mašīnu direktīva attiecas tikai uz iekārtu projektēšanas un izgatavošanas posmu un šīs prasības nav saistošas iekārtu ekspluatācijas posmā.

5.3 Bezemisiju (FCEV) sabiedriskā transporta parka izvietojuma perspektīva Latvijā

Tā kā transporta energoapgādei uzstādītās ES direktīvas prasības Latvijai ir ar vērā ņemamu izaicinājumu, ūdeņraža izmantošana transporta sistēmā var būt kā viens no risinājumiem.

Jau šobrīd tiek realizēti vairāki projekti ūdeņraža tehnoloģiju izmantošanai. Rīgas pašvaldība ir iesaistīta starptautiskā projektā “H2Nodes”, kurā paredzēts iegādāties 10 ar ūdeņradi darbināmus autobusus un 10 trolejbusus. Šī projekta ietvaros ir izbūvēta arī ūdeņraža ieguves un uzpildes stacija. Tajā paredzēts ūdeņradi iegūt no dabas gāzes, bet pēc pietiekošas attīrīšanas tajā var izmantot arī biogāzi. Citu projektu – manevru lokomotīvu pārbūvi darbam hibrīdrežīmā, izmantojot ūdeņradi kā energonesēju degvielas šūnās, pirms kāda laika uzsāka realizēt VAS “Latvijas Dzelzceļš”. Idejas pamatā pētījums par muitas zonu un ostas kravas zonu piesārņojumu ar dūmgāzēm šo kravas vagonus pārvietojošo transporta vienību darba režīmu dēļ – daudz stāvēšanas, īslaicīgi atkārtoti vilces darbi ar zemu efektivitāti degvielas izmantošanā. Projekts paredzēja 250 kW elektroķīmisko akumulatoru bateriju un 400 kW degvielas šūnu sistēmu izmantošanu manevru lokomotīvu energoapgādē.

Abi augstākminētie projekti ir vērsti uz ievērojamu piesārņojuma un kaitīgo izmešu samazinājumu tieši transporta līdzekļu darbības reģionā – blīvi apdzīvotajā Rīgas centrā, un ostu rajonā. Tomēr tie tikai daļēji risina ES direktīvā 2009/28/EK noteikto. Plašākai ūdeņraža izmantošanai nepieciešams cits – lielāka mēroga projekts ar konceptuāli stratēģisku izšķiršanos. Šāds risinājums varētu būt hibrīdo ūdeņraža degvielas elementu un akumulatoru bateriju elektro (PHEV) transporta līdzekļu plašināta ieviešana Latvijā.

Ņemot vērā arī Latvijas teritorijas apdzīvotības nevienmērību, arī tuvākajā nākotnē būs nepieciešami transporta līdzekļi, kuri ar vienu uzpildi var nobraukt 300-400 km gan vasarā, gan ziemā (šībrīža pētījumi rāda, ka ziemas periodā elektroauto noskrējienš būtiski samazinās, jo akumulatoru enerģija jātērē komforta nodrošināšanai auto salonā). Ūdeņraža degvielas elementiem daļa no ķīmiskās reakcijas enerģijas pārvēršas siltumā, un to var novirzīt salona apsildei.

Kā būtisku faktoru jāmin arī ātras uzpildes/uzlādes nepieciešamību, un ūdeņraža sistēmas to var nodrošināt labāk, nekā šībrīža elektrouzlādes sistēmas. Turklāt hibrīdsistēmas izmantošana ļauj nodrošināt visas elektroauto raksturīgās priekšrocības – kļuvis gaitu, augstu efektivitāti, un bremzēšanas enerģijas reuperāciju akumulatoru sistēmā.

⁶⁶ https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/machinery-md_en

5.3.1 Sabiedriskā transporta raksturojums Latvijā

Transportlīdzekļus pasažieru pārvadājumiem iedala pēc to pasažieru ietilpības un pilnās masas.

- M1 kategorija - transportlīdzekļi, kuros papildus transportlīdzekļa vadītāja sēdvietai ir ne vairāk kā astoņas sēdvietas un nav paredzētas pasažieru stāvvietas.
- M2 kategorija - transportlīdzekļi, kuros papildus transportlīdzekļa vadītāja sēdvietai ir vairāk nekā astoņas sēdvietas un kuru maksimālā masa nepārsniedz 5 tonnas, neatkarīgi no tā, vai ir paredzētas pasažieru stāvvietas.
- M3 kategorija - transportlīdzekļi, kuros papildus transportlīdzekļa vadītāja sēdvietai ir vairāk nekā astoņas sēdvietas un kuru maksimālā masa pārsniedz 5 tonnas, neatkarīgi no tā, vai ir paredzētas pasažieru stāvvietas.

Sabiedrisko pasažieru pārvadājumos izmantotie autobusi tipiski ir M2 un M3 kategorijas autobusi, bet taksometri un vieglās automašīnas ir M1 kategorijas transportlīdzekļi.

Saskaņā ar reģistrācijas datiem uz pētījuma brīdi Latvijā pavisam kopā ir reģistrēti 3806 autobusi (kopā M2 un M3 kategorijas), no kuriem 1939 (jeb 50,9%) ir līdz 10. gadus veci. Savukārt no kopējā skaita - 1635 vienībām (42,9%), to lietotājs ir pasažieru pārvadājumu uzņēmumi, kas tos izmanto pilsētas un starppilsētu pasažieru pārvadājumos.

Tabula 5.1. Reģistrēto autobusu skaits pa kategorijām

Reģistrētais lietojums	M2 kategorija	M3 kategorija	Kopā lietojumiem	pa
Ne sabiedrisko pasažieru pārvadājumi	1108	1063	2171	
Piedalās pilsētas un starppilsētu pasažieru pārvadājumos	391	1244	1635	
Vienības kopā Latvijā	1499	2307	3806	

Turpinājumā tiek apskatīta M3⁶⁷ kategorijas elektrisko ūdeņraža autobusu potenciāls, jo šobrīd kopējās tehnoloģiju attīstības virziens ir vispirms vērsts uz lielas veikspējas transportlīdzekļu emisiju samazinājumu, jo tie rada proporcionāli lielākas emisijas.

Autobusu parku bāzes izvietojums galvenokārt saistīts ar lietotāja pastāvīgo atrašanās vietu, un tie galvenokārt ir sabiedrisko pasažieru pārvadātāju autobusu parki, piemēram:

- Rīgas pašvaldības SIA "Rīgas satiksme", kam reģistrētas 422 vienības, (RP SIA Rīgas satiksme)
- AS "CATA" - 158 vienības
- AS "Liepās autobusu parks" - 121 vienība
- SIA "VTU Valmiera" - 77 vienības
- SIA "Jēkabpils autobusu parks" - 57 vienības
- SIA "Tukuma auto" - 51 vienība
- AS "Daugavpils satiksme" tikai pilsētas pārvadājumiem - 43 vienības,
- SIA "Daugavpils autobusu parks" tikai reģionālajiem pārvadājumiem - 26 vienības
- SIA "Jelgavas autobusu parks" rīcībā 36 vienības;
- AS "Talsu autotransports" - 31 vienība
- SIA "Rēzeknes satiksme" - 26 vienības
- Pašvaldības SIA "Ventpils Reiss", 18 vienības
- SIA "Jūrmalas autobusu satiksme" 16 vienības
- SIA "Dobeles autobusu parks" - 14 vienības

Privāto uzņēmēju lielākie autobusu parki un pārvadājumu veids:

- AS "Nordeka" 103 vienības, reģionālie un starppilsētu pārvadājumi
- SIA "B-Bus" - 68 vienības, reģionālie un starppilsētu pārvadājumi

⁶⁷ Atbilstoši regulai 2018/858 M3 kategorijas mehāniskie transportlīdzekļi, kuros papildus transportlīdzekļa vadītāja sēdvietai ir vairāk nekā astoņas sēdvietas un kuru maksimālā masa pārsniedz 5 tonnas

- SIA “Norma-A” (Ecoline) 54, starptautiskie pasažieru pārvadājumi
- SIA “Impro” ceļojumi 7 vienības, starptautiskie pasažieru pārvadājumi

Jāņem vērā, ka RP SIA “Rīgas satiksme” lietošanā esošie autobusi ir paredzēti pilsētas un piepilsētas satiksmes maršrutiem, savukārt reģionālo pašvaldību un privāto uzņēmēju rīcībā ir starppilsētu satiksmes autobusi, kas piemēroti garākiem un ilgstošākiem braucieniem.

Vidējais nobraukums gadā, RP SIA “Rīgas satiksmes” autobusam pilsētas un piepilsētas satiksmē ir 58 252 km, savukārt reģionālajam pārvadātājam AS ”CATA” starppilsētu pasažieru pārvadājumos gadā nobraukums vienai vienībai ir 59 295 km, bet AS ”Liepājas autobusu parks” vienas vienības vidējais gada nobraukums ir 79 040 km.

5.3.2 Sabiedriskā transporta modernizācijas iespējas

Autobusu parka atjaunošana lielākajos pasažieru pārvadāšanas uzņēmumos tiek plānota tā, lai pēc autobusa nolietojuma perioda to varētu nomainīt pret jaunu autobusu. Tipiski par autobusa amortizācijas periodu pieņem 10 gadus, tas nozīmē, ka pēc 10 gadiem parka uzturētājs izvērtē iespējas nolietot autobusu nomaīnai. Attiecīgi lielāki parki šādu parka atjaunošanu plāno tā, lai visa autobusu parka nomaīna notiktu pakāpeniski noteiktā periodā, bet to, protams, ietekmē katra pārvadātāja finansiālie apsvērumi un atmaksāšanas iespējas.

Sabiedrisko pasažieru pārvadātāju transporta parku modernizāciju turpmākajos gados ietekmēs ES mērķis dekarbonizēt transporta nozari. Lai sasniegtu šo mērķi, ir izstrādāta *Clean Vehicle directive*,⁶⁸ lai veicinātu zemas emisijas un bez emisijas transportlīdzekļus un veicinātu to iegādi publisko iepirkumu, pirkuma līgumu un līzingu vai nomas ietvaros. Turklāt ir noteikti dalībvalstu nacionālie mērķi līdz 2030. gadam attiecībā uz bezemisiju un zemu emisiju transportlīdzekļu īpatsvaru no kopējām iepirktajām transporta vienībām publiskajos iepirkumos. Kā redzams 5.2. tabulā, Latvijas noteikts, ka 2030. gadā no visiem publiskajos iepirkumos iegādātajiem M3 autobusiem 50% ir zemas emisijas vai bez emisiju autobusi.

Tabula 5.2. Bezemisiju autobusu mērķis publiskajos iepirkumos Latvijai

Kategorija	No 2021. gada 2. augusta līdz 2025. gada 31. decembrim	No 2026. gada 1. janvāra līdz 2030. gada 31. decembrim
Autobusi (M3 kategorija)	35%	50%

Redzot ES politisko apņemšanos par emisiju samazināšanu, pašvaldību vēlmi pēc tīrāka sabiedriskā transporta un bezemisiju transporta tehnoloģisko attīstību sagaidāms, ka pasažieru pārvadātāji nākotnē pakāpeniski savus parkus atjaunos ar bezemisiju ūdeņraža elektriskajiem autobusiem, līdz ar to sagaidāms, ka veidosies ūdeņraža pieprasījums ūdeņraža elektrisko autobusu uzpildei. Tādējādi vērtējot iespējamās ūdeņraža realizācijas iespējas SIA “BIO AURI”, jāņem vērā arī sabiedrisko pārvadātāju autobusu parku attīstības tendences.

Ūdeņraža elektrisko autobusu iespējamā sabiedriskajā transporta nodrošināšanai ir augsts potenciāls, jo tas spēj nodrošināt identisku funkcionalitāti, salīdzinot ar pašreiz izmantotajām sabiedriskā transporta vienībām. Vienlaikus ūdeņraža elektriskajiem autobusiem ir vienas uzpildes maksimālā nobraukuma priekšrocība, salīdzinot ar bateriju elektrisko autobusu, tas paplašina maršruta iespējas.

Ūdeņraža elektriskie autobusi, tradicionālo iekšdedzes dzinēju vietā, aprīkoti ar vienu vai vairākiem elektrodzinējiem, kas elektroenerģiju saņem no ūdeņraža kurināmā elementa, kas ūdeņradi izmanto elektroenerģijas ģenerēšanai. Ūdeņradis tiek uzpildīts speciālās tvertnēs, kur to uzglabā 350 bāru spiedienā. Ūdeņraža elektrisko autobusu uzpildes laiks neatšķiras daudz no šobrīd izmantoto dīzeļa autobusu uzpildes laika, tas ir robežās no 7 -15 min. Sērījveida ūdeņraža elektriskajos autobusus parasti tiek izmantotas ūdeņraža uzglabāšanas sistēmas ar ietilpību 30-45 kg, kas nodrošina 300 – 400 km nobraukumu ar vienu uzpildi.

⁶⁸ https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/clean-and-energy-efficient-vehicles/clean-vehicles-directive_en

Autobusa ražotāji galvenokārt ražo ūdeņraža elektriskos autobusus (FCE Bs – Fuel cell electric Bus) pilsētas sabiedriskā transporta lietojumam. ES ir vairāki ūdeņraža elektrisko autobusu ražotāji, no kuriem daži jau ražo vairākus modeļus. Tas ir svarīgs nosacījums, lai attīstītu konkurētspējīgu tirgu ar pieejamām transportlīdzekļu cenām, kas ir salīdzināmas ar pašreizējiem dīzeļautobusiem. Ūdeņraža elektriskie autobusi ES tirgū ir pieejami dažādos virsbūves izpildījumos: divstāvu, šarnīrveida autobusi, 12m/18m garas vienības. Zemāk 5.3. tabulā apkopoti ūdeņraža elektrisko autobusu ražotāju raksturlielumi.

Tabula 5.3. Ūdeņraža elektrisko autobusu ražotāju tehniskie dati

Ražotājs, modelis	Kategorija	Raksturojums
Renault Master Van H2 Tech (Hyvia)	M2 kategorija	Max.distance: 300 km Garums: 6,8 m Pasažieru ietilpība: 9 sēdvietas, 15 kopā H ₂ apjoms tvertnēs: 3,6 kg H ₂ patēriņš: ~0,012 kg/km
CaetonoBus, H2.City gold	M3 kategorija	Max.distance: 400 km Garums: 10,7 m / 12 m Pasažieru ietilpība: kopā 64 (10,7m) / 87 (12m). H ₂ apjoms tvertnēs: 37,5 kg H ₂ patēriņš: 0,06 – 0,09 kg/km
Autosan, Sancity 12LFH	M3 kategorija	Max.distance: 400 km Garums: 12 m Pasažieru ietilpība: 26 - 40 sēdvietas, 85 kopā H ₂ apjoms tvertnēs: 35 kg H ₂ patēriņš: ~ 0,08 kg/km
Safra, Hycity	M3 kategorija	Max.distance: 350 km Garums: 12m Pasažieru ietilpība: 33 sēdvietas H ₂ apjoms tvertnēs: 35 kg H ₂ patēriņš: max 0,09 kg/km
Solaris Bus & Coach, Solaris Urbino 12 hydrogen	M3 kategorija	Max.distance: 350 km Garums: 12 m Pasažieru ietilpība: 38 sēdvietas, 82 kopā H ₂ apjoms tvertnēs: 37,5 kg H ₂ patēriņš: max 0,08 kg/km
Solaris Bus & Coach, Trollino 18,75 H2	M3 kategorija	Max.distance: līdz 150 km (izmantojot Fuel Cell APU) Garums: 18 m Pasažieru ietilpība: 44 sēdvietas, 135 kopā H ₂ apjoms tvertnēs: 19 kg H ₂ patēriņš: ~0,11 kg/km
Ursus Bus, URSUS CS12FCEB	M3 kategorija	Max.distance: 400 km Garums: 12 m Pasažieru ietilpība: 28 sēdvietas H ₂ apjoms tvertnēs: 33 kg H ₂ patēriņš: -
VanHool, A12 Fuel Cell	M3 kategorija	Max.distance: 400 km Garums: 12 m Pasažieru ietilpība: 41 sēdvietas H ₂ apjoms tvertnēs: 38 kg H ₂ patēriņš: ~ 0,08 kg/km
VanHool, Exqui.city 18 Fuel Cell	M3 kategorija	Max.distance: 400 km Garums: 18 m Pasažieru ietilpība: 46 sēdvietas, 125 kopā H ₂ apjoms tvertnēs: 40 kg H ₂ patēriņš: -

Turpmāk apskatīti trīs Latvijas sabiedrisko pārvadājumu uzņēmumi, kam jau ir veikti izvērtējumi bezemisiju transporta ieviešanai, vai ieviesuši bezemisiju sabiedriskā transporta vienības pilota projekta veidā.

Rīgas Satiksme

Rīgas pilsētā sabiedrisko transporta pakalpojumus nodrošina RP SIA “Rīgas satiksme”, kam ir lielākais sabiedriskā transporta parks Latvijā. RP SIA “Rīgas satiksme” ir Latvijā pirmā, kas realizējusi sabiedriskā transporta parka modernizāciju iegādājoties 10 Solaris Bus & Coach FCE-bus Solaris Urbino 12 Hydrogen trolejbusus, kam rezerves vilces piedziņu nodrošina ar ūdeņraža degvielas šūnu elementiem, un izveidojot ūdeņraža uzpildes staciju to patstāvīgai uzpildei. Parka modernizāciju un uzpildes stacijas izveide realizēta projekta H2NODES ietvaros.

Jelgavas autobusu parks

Jelgavas pilsētai paplašinoties, ar laiku radīsies nepieciešamība pārstrukturēt sabiedriskā transporta maršrutus tāpēc izvērtētas iespējas videi draudzīgu sabiedrisko autobusu izmantošanai, piemēram, Bateriju elektriskajiem autobusiem un Ūdeņraža elektriskajiem autobusiem. Sabiedriskā transporta nodrošināšanai Jelgavas pilsētā šobrīd tiek izmantoti 35 M3 kategorijas autobusi Amoplant Ambassador 180/200 no kuriem 4 ir Bateriju elektriskie autobusi.

Jelgavas autobusu parkā tika izvērtēta iecere 30 ūdeņraža elektrisko autobusu izvietošanai pilsētas robežās.

Dobeles autobusu parks

SIA “Dobeles autobusu parks” ir sabiedriskā transporta operators Dobeles pilsētā – tas ir salīdzinoši neliels sabiedriskā transporta operators. SIA “Dobeles autobusu parks” lietošanā ir 10 mikroautobusi (M2 kategorija) un 7 M3 kategorijas autobusi. Autoparka vidējais vecums ir 6,3 gadi. Projekta H2NODES ietvaros, Dobeles autobusu parks guva ieskatu par ūdeņraža tehnoloģijām un iespēju autobusu parka depo izvietot ūdeņraža uzpildes staciju. Novērtējot Dobeles autobusu parku, tika aprēķināts, ka vidējais diennakts nobraukums vienam autobusam ir 360 km (M3 autobusiem 310 km un M2 kategorijas autobusiem 420 km). Iepazīstoties ar SIA “Dobeles autobusu parks”, projekta H2NODES ietvaros tika izvērtēta visa autobusa parka 17 vienība, aizstāšana ar analoga izmēra ūdeņraža elektriskajiem autobusiem.

5.3.3 Eksploatācijas nosacījumi

Sabiedriskā transporta noslodzes galvenais raksturlielums ir pārvadāto pasažieru skaits un ikdienas nobraukums, maršrutā – gan pilsētas, gan starppilsētu maršrutos. Par piemēru izvēlēti trīs atšķirīgi sabiedriskā transporta parki Latvijā, kuri būtiski atšķiras ar maršruta tīklu un parka lielumu - RP SIA “Rīgas Satiksme”, SIA “Jelgavas autobusu parks” un AS “Cata”.

RP SIA Rīgas Satiksme

Rīgas pilsētā pamata maršruta tīklu pilsētā veido tramvaju, trolejbusu un autobusu maršruti, kas kopā veido 81 sabiedrisko transporta maršrutu ar kopējo garumu 1321 km. No tiem 927,6 km ir autobusu maršrutu tīkls, kas papildina elektrificēto transporta tīklu un nodrošina pakalpojumus rajonos, kur nav elektrificēta transporta, vai tā tīkls ir nepietiekami sazarots, kā arī tālu no Centra izvietotajos rajonos. Rīgas satiksmes viena autobusa vidējais nobraukums 2021. gadā ir 58 252 km, kaut gan pirms COVID periodā sasniedza pat 67 000 km.

Saskaņā ar projekta H2nodes ietvaros veiktā pētījuma rezultātiem pie esošā vidējā nobraukuma 177 km dienā viena autobusa ūdeņraža patēriņš būtu 14 kg. Kā iepriekš minēts, RP SIA “Rīgas Satiksmes” rīcībā jau ir 10 ūdeņraža elektriskie trolejbusi no ražotāja Solaris Bus & Coach, kam rezerves vilces jaudu nodrošina ūdeņraža degvielas šūnu elementi, kā arī uzpildes stacija. To maksimālā ūdeņraža ietilpība ir 19 kg, maksimālais nobraukums ar vienu uzpildi ~ 200 km, bet vidējais patēriņš ~0,10 kg/H2/km pilsētas maršrutā.

Jelgavas autobusu parks

Pēc Jelgavas autobusu parka sniegtajiem datiem pilsētas maršrutu apkalpo 31 M3 kategorijas autobusi ar iekšdedzes dzinējiem, kur viena autobusa vidējais nobraukums dienā ir 185 km. Savukārt reģionālajos pasažieru pārvadājumos Jelgavas autobusu parks izmanto 8 vienības M3 kategorijas

autobusus. To vidējais nobraukums sasniedz 300 km dienā vienam autobusam. Jelgavas autobusu parka viena autobusa vidējais nobraukums gadā ir 59 894 km.

Vērtējot ūdeņraža elektrisko autobusu ražotāju sniegtos tehnisko datus par ūdeņraža patēriņu un maksimālo uzpildes kapacitāti redzams, lai vidēji dienā veiktu 185 km maršrutu pilsētas režīmā, būtu nepieciešami aptuveni 14,8 kg ūdeņraža, kas ir 0,08 kg/H₂/km.

Starpilsētu pārvadājumos, M3 kategorijas autobusus, aizstājot ar ekvivalentiem ūdeņraža elektriskajiem autobusiem, nepieciešamais ūdeņraža apjoms dienā vienam autobusam būtu ap 18 kg, kas ir 0,06 kg/H₂/km.

AS "Cata" autobusu parks

AS "Cata" ir otrs lielākais autobusu parks Latvijā un tā bāze atrodas Cēsīs. AS "Cata" apkalpo Cēsu pilsētas un piepilsētas reģionus ar pasažieru pārvadājumiem, bet lielāko daļu tās autobusu parks tiek izmantots starpilsētu pārvadājumos Vidzemē, no reģiona pilsētām līdz Rīgai. Cēsu pilsētas satiksmē pārsvarā tiek izmantoti M2 kategorijas autobusi, bet M3 autobusi tiek izmantoti starpilsētu pārvadājumos.

AS "Cata" rīcībā ir 158 vienības M3 kategorijas autobusu, bet viena autobusa vidējais gada nobraukums ir 59 295 km jeb 172 km dienā.

Vērtējot minēto autobusu parku darbības raksturlielumus, redzams, ka, lai gan tiem ir ļoti atšķirīgs ikdienas maršruts (pilsētas, piepilsētas vai starpilsētas) un transporta vienību skaits, to vidējais viena autobusa vienības nobraukums gadā ir līdzīgs, robežās no 48 000 – 60 000 km.

M2 kategorijas autobusu ekspluatācijas nosacījumi

Par M2 kategorijas autobusu ekspluatāciju zināms, ka to nolietojuma periods sabiedriskajos pārvadājumos tipiski ir 5 gadi, un tie pārsvarā tiek izmantoti pilsētas vai lokālos reģionu maršrutos. Tā kā M2 kategorijas autobusu skaits pret M3 kategorijas autobusiem ir salīdzinoši mazs - 391 vienība (jeb 26% no visa sabiedriskā transporta), šī pētījuma ietvaros netika veikta to ekspluatācijas nosacījumu analīze pa autobusu parkiem. Ir noskaidrots, ka visu sabiedrisko pārvadātāju M2 kategorijas autobusu Latvijā, vidējais nobraukums gadā ir 64 817 km.

Savukārt M2 kategorijas autobusu, kuri nepieder sabiedriskiem pārvadātājiem (1108 vienības jeb 51% no visiem ne sabiedrisko pasažieru pārvadājuma autobusiem), vidējais nobraukums gadā ir 22 304 km.

5.3.4 Potenciālais H2 pieprasījums

Vērtējot ES mērķus CO₂ samazināšana jomā un līdzšinējo darbību regulējumu jomā, var pieņemt, ka arī Latvijā aizvien vairāk pasažieru pārvadājumu jomā tiks izmantots bezemisiju sabiedriskais transports. Ņemot vērā pieņemtos mērķus dalībvalstīm, attiecībā uz bez emisiju transporta publisko iepirkumu, no 2026. gada 1. janvāra no visiem jauniem reģistrētajiem M3 kategorijas pasažieru autobusiem 35% no kopējiem publiskajiem iepirkumiem jābūt bezemisiju autobusiem.

Ūdeņraža pieprasījuma noteikšanā izmantoti nosacījumi, kas balstīti iepriekš minētajos ūdeņraža autobusu ražotāja publiskotajos tehniskajos datos un autobusu ekspluatācijas raksturojumā.

Sērijveida ūdeņraža elektriskajos autobusus tiek izmantotas ūdeņraža uzglabāšanas sistēmas ar ietilpību 30 - 45 kg, kas nodrošina 300 - 400 km nobraukumu ar vienu uzpildi. Analizējot ražotāju publiski pieejamo informāciju par ražotāja tehniskajiem datiem var pieņemt, ka vidējais ūdeņraža patēriņš pilsētas satiksmē ir 0,08 kg/H₂/km, bet starpilsētu pārvadājumos var samazināties līdz 0,06 kg/H₂/km.

Potenciālā ūdeņraža pieprasījuma novērtēšanā RP SIA "Rīgas Satiksme", SIA "Jelgavas autobusu parks" un AS "Cata" vidējais dienas nobraukums ir iegūts pieņemot, ka vien sabiedrisko pārvadājumu autobuss, dienā vidēji nobrauc 150 km.

Zinot viena sabiedriskā autobusa vidējo nobraukumu gadā un vidējo ūdeņraža patēriņu pilsētas satiksmē 0,08 kg/H₂/km, var noteikt potenciālo Latvijas sabiedrisko autobusu parku kopējo patēriņu (skat. 5.4. tabulu).

Tabula 5.4. Lielāko sabiedrisko autobusu parku potenciālais ūdeņraža pieprasījums

Autobusu parks	Potenciālais ūdeņraža transportlīdzekļu skaits	Ūdeņraža pieprasījums t/gadā
Rīgas satiksme	422	1 943,7
CATA	158	749,5

Liepājas autobusu parks	121	496,1
VTU Valmiera	77	315,7
Jēkabpils autobusu parks	57	233,7
Tukuma auto	51	209,1
Daugavpils satiksme	43	176,3
Jelgavas autobusu parks	31	148,5
Talsu autotransports	31	127,1
Kopā	991	4399,7

Kā redzams no tabulas, Latvijas lielākie autobusu parki, kuros autobusu skaits ir lielāks par 30 vienībām, kopā ekspluatē 991 autobusu (gan pilsētas satiksmē, gan starppilsētas pārvadājumos).

Savukārt vērtējot kopējo Latvijā reģistrēto M3 kategorijas autobusu lietojumu, kas nepieder sabiedriskiem pārvadātājiem, tad to skaits Latvijā ir 1063 M3 kategorijas autobusi. Vērtējot pēc publiski pieejamās informācijas TA datus, tad vidēji autobusa, kura lietojums nav regulāri pilsētas un starppilsētu pārvadājumi, nobraukums gadā ir 22 022 km. Izmantojot iepriekšminēto ūdeņraža patēriņu pēc ražotāja datiem, kas ir 0,08 kg/H₂/km, tad viena autobusa patēriņš gadā būtu 1,76 t/H₂/gadā. Savukārt visu atlikušo ekspluatācijā esošo autobusu kopējais ūdeņraža patēriņš gadā veido 1 871 t/H₂/gadā.

Analizējot ES pieredzi, neliela skaita ūdeņraža elektrisko autobusu ieviešana ir pamatota tikai, lai iepazītu ūdeņraža mobilitātes risinājumus. No ES realizēto projektu pieredzes, ekonomiski pamatoti ūdeņraža elektrisko autobusu parku veidot un uzturēt ir, sākot ar 10 vienībām. Savukārt autobusu parkam, savu ūdeņraža uzpildes stacijas veidošanu, ir pamats izvērtēt, sākot no 30 transporta vienībām un vairāk. Mazāk ūdeņraža elektrisko autobusu vienību ieviešanas gadījumā, autobusu parka pārvaldītājam būtu lietderīgi veidot sadarbību ar citiem reģiona ūdeņraža patērētājiem, nodrošinot ūdeņraža uzpildes stacijas ekspluatācijas ekonomisko pamatojumu.

Attiecībā uz M2 kategorijas autobusu potenciālo ūdeņraža patēriņa novērtēšanu jāņem vērā, ka šobrīd izstrādātā *Clean Vehicle directive*,⁶⁹ dalībvalstu publiskajos iepirkumos nenosaka M2 kategorijas autobusu procentuālo daļu. Turklāt arī tirgū M2 kategorijas ūdeņraža elektrisko autobusu piedāvā tikai Renault.

Ūdeņraža pieprasījuma aprēķinam vienkāršības labad tiek pieņemts, ka visi sabiedrisko autobusu parku M2 kategorijas autobusi (391 vienība), ir ūdeņraža elektriskie autobusi (FCE Bus - Fuel Cell Electric Bus). Kā iepriekš minēts, tad M2 kategorijas autobusa nobraukums gadā sabiedrisko pasažieru maršrutos ir 64 817 km. Izmantojot Renault ražotāja datus no 5.3. tabulas par ūdeņraža patēriņu uz vienu km modelim Renault Master Van H2 Tech, redzams, ka viena M2 kategorijas autobusa ūdeņraža patēriņš sabiedrisko pasažieru pārvadājumos gadā būtu 777,8 kg/H₂. Tādējādi zinot kopējo M2 kategorijas autobusa skaitu, redzams, ka visu sabiedriskajos pārvadājumos izmantoto M2 autobusu kopējais ūdeņraža patēriņš būtu 304,12 t/ H₂ gadā. Savukārt M2 kategorijas autobusu, kas nepieder sabiedriskiem pārvadātājiem (1 108 vienība), kopējais ūdeņraža patēriņš būtu 295,8 t/H₂ gadā.

5.4 Bezemisiju kravas transporta perspektīva un to tehniskie risinājumi

5.4.1 Komerctransporta raksturojums Latvijā

Sauszemes komercpārvadājumos tiek izmantoti kravas transportlīdzekļi, kurus atbilstoši ES normatīviem iedala N1, N2 un N3 kategorijās:

- N1 kategorijā ietilpst transportlīdzekļi, kuru maksimālā pilnā masa nepārsniedz 3,5 tonnas;
- N2 kategorijā ietilpst transportlīdzekļi, kuru maksimālā pilnā masa pārsniedz 3,5 tonnas, bet nepārsniedz 12 tonnas;
- N3 kategorijā transportlīdzekļi, kuru maksimālā pilnā masa pārsniedz 12 tonnas.

N1 kategorija ir mazākā no kravas automašīnu kategorijām ar pilno masu līdz 3,5t. Tās pārsvarā ir uzņēmumu autoparku sastāvā nelielu kravu pārvadāšanai reģiona un valsts mērogā. Latvijā šobrīd pavisam ir 60 696 vienības, no tām 35 695 vienības (58%) reģistrētas juridiskām personām. Savukārt vidējais nobraukums, kā redzams no 5.5. tabulas, pirmajos 7 gados, ir robežās no 29 000 - 39 000 km. Par

⁶⁹ https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/clean-and-energy-efficient-vehicles/clean-vehicles-directive_en

autoparka reģionālo sadalījumu var spriest pēc tehniskās apskates (turpmāk TA) veikšanas vietas. N1 kategorija transportlīdzekļu gadījumā no visiem juridiskām personām piederošajiem N1 transportlīdzekļiem 46% tehnisko apskati veic Rīgas tehniskās apskates punktos, 6% Jelgavas TA punktā, bet pārējie (mazāk par 4%), citos reģionālajos TA punktos.

Tabula 5.5. Vidējais N1 kategorijas transportlīdzekļa nobraukums (km) pēc vecuma

Pārskata periods	0-1 gadi	2-4 gadi	5-7 gadi	8-10 gadi	11-29 gadi	≥ 30 gadi
2016/02	36 033	33 489	30 457	25 246	20 191	4 313
2017/02	35 935	33 451	29 569	26 158	20 159	7 055
2018/02	39 207	33 468	28 961	26 848	20 231	9 213
2019/02	36 998	33 643	28 790	25 708	19 646	4 323
2020/02	37 118	32 741	28 304	24 601	19 632	6 226

Tradicionāli reģionālajos pārvadājumos no loģistikas centriem līdz mazumtirdzniecības vietām, izmanto N2 kategorijas transportlīdzekļus, kuru maksimālā masa ir līdz 12t vai N3 kategorijas transportlīdzekļi ar mazāku pilno masu, līdz 18-20t. Tipiski šīs kategorijas kravas automašīnas ir ar 4 × 2 vai 6 × 2 riteņu bāzi (skat. 5.6. tabulu un 5.7. tabulu).

Savukārt kopā Latvijā ekspluatācijā ir reģistrētas 6 332 vienības N2 kategorijas (no 3,5-12t) kravas automašīnas, no kurām 2 180 vienības (34%) reģistrētas juridiskām personām un no tām 420 vienības ir vecumā līdz 7 gadiem. Kā redzams no 5.6. tabulā, N2 kategorijas vidējais nobraukums pirmajā ekspluatācijas gadā vidēji 38 500 km, bet turpmākos 6 gadus, vidēji 35 000km gadā.

No visiem juridiskām personām piederošajiem N2 kategorijas transportlīdzekļiem 49% tehnisko apskati veic Rīgas tehniskās apskates punktos, 11% Daugavpils TA punktā, 7% Jelgavas TA punktā, bet pārējie (mazāk par 5%), citos reģionālajos TA punktos.

Tabula 5.6. Vidējais N2 kategorijas transportlīdzekļa nobraukums (km) pēc vecuma

Pārskata periods	0-1 gadi	2-4 gadi	5-7 gadi	8-10 gadi	11-29 gadi	≥ 30 gadi
2016/02	37 938	37 350	34 116	34 205	20 420	5 159
2017/02	39 036	39 810	32 101	30 939	21 175	5 309
2018/02	38 545	39 640	34 988	31 292	21 691	5 155
2019/02	38 054	40 229	33 399	27 920	20 765	5 605
2020/02	39 152	35 694	35 875	29 061	23 415	5 307

Attiecīgi loģistikas un piegādes ķēdēs, pārrobežu starptautiskajos pārvadājumos pārsvarā veic ar N3 kategorijas transportlīdzekļiem. Tie ir sedļu vilcēji ar puspiekabi vai furgonu kravas automašīna ar furgona piekabi, kuru pilnā masa var sasniegt 40t. Šīs lielās kravnesības automašīnas ir svarīgākais Eiropas kravas pārvadājumu balsts, kas pārvadā apmēram 85% no ES kravu autopārvadājumiem.

Pēc CSDD sniegtās informācijas, Latvijā 2020. gada februārī, pavisam ekspluatācijā ir reģistrētas 25 471 N3 kategorijas kravas automašīnas (kuru pilnā masa pārsniedz 12t). No tām 19 717 vienības (77%) reģistrētas juridiskām personām, no kurām 7 766 automašīnas ir līdz 7 gadus vecas, kas ir tipisks jaunas kravas automašīnas kalpošanas laiks. Šajā 7 gadu periodā N3 kategorijas kravas automašīna pirmajos 4 gados vidēji nobrauc 124 000 km gadā, bet nākamajos 3 gados, 100 000 km gadā.

No visiem juridiskām personām piederošajiem N3 kategorijas transportlīdzekļiem 37% tehnisko apskati veic Rīgas tehniskās apskates punktos, 12% Valmieras TA punktā, 9% Jelgavas TA punktā, bet pārējie (mazāk par 5%), citos reģionālajos TA punktos.

Tabula 5.7. Vidējais N3 kategorijas transportlīdzekļa nobraukums (km) pēc vecuma

Pārskata periods	0-1 gadi	2-4 gadi	5-7 gadi	8-10 gadi	11-29 gadi	≥ 30 gadi
2016/02	125 649	126 921	100 128	67 175	39 931	9 694
2017/02	117 791	129 550	98 243	65 332	43 049	8 511
2018/02	130 513	128 676	98 463	75 300	44 500	7 755
2019/02	123 851	120 710	104 081	78 435	41 652	8 545
2020/02	125 451	117 395	104 742	79 499	44 785	8 626

Vērtējot iepriekšējo 5 gadu pirmoreiz reģistrēto kravas automašīnu datus, redzams, ka gadā pirmo reizi vidēji reģistrē 2 762 N3 kategorijas kravas automašīnas, 356 vienības N2 kategorijas automašīnas un 5608 vienības N1 kategorijas automašīnu⁷⁰.

5.4.2 Modernizācijas iespējas

Auto pārvadātāju transporta parku modernizāciju turpmākajos gados ietekmēs ES politiskais mērķis kļūt par pirmo oglekļa neitrālo kontinentu līdz 2050. gadam, dekarbonizējot visas tautsaimniecības nozares, tajā skaitā panākt 90% emisiju samazinājumu transporta nozarē. Lai to sasniegtu, ņemot vērā kravas automašīnas kalpošanas laiku, kas ir līdz 15 gadiem, Eiropas kravas automašīnu parka operatoriem būtu jānodrošina, ka līdz 2050. gadam visi jauni iegādātie kravas automobiļi būtu bezemisiju transportlīdzekļi. Tamdēļ, lai tuvinātos CO₂ emisiju samazinājumam, tiek noteikti stingrāki CO₂ emisiju standarti (pieņemot regulu ES 2019/1242) kravas automašīnu ražotājiem tieši lielās kravnesības kravas automašīnām par 15% CO₂ samazinājumu no 2025. gada, un 30% CO₂ samazinājumu no 2030. gada. Savukārt, lai popularizētu zemas emisijas un bez emisijas transportlīdzekļus un veicinātu to iegādi publiskajos iepirkumos izstrādāta Clean Vehicle directive,⁷¹ (ES direktīva 2019/1161).

Paredzams, ka CO₂ emisiju apjoms būs saistošs ne tikai automašīnu ražotājiem, bet arī to lietotājiem. Jau šobrīd ES valstīs novērojama tendence, lai samazinātu CO₂ apjomu pilsētās un apdzīvotās zonās tiek ierobežota transportlīdzekļu iekļūšana atkarībā no transportlīdzekļa veida un emisiju apjoma. Paredzams, ka šī tendence turpināsies, un tiks pielietota arī kravas transporta sektorā, nosakot ierobežojumus kravas transportam ar iekšdedzes dzinējiem, konkrētos valsts reģionos vai zonās. Tāpat sagaidāms, ka tiks veicināta zemu emisiju un bez emisiju transporta iegāde ar nodokļu politiku un finansējuma pieejamību un apjomu jauna kravas transporta iegādē.

Paralēli, zemu emisiju un bez emisiju transporta ieviešanas veicināšanai, tiek ieviestas alternatīvas degvielas uzpildes staciju tīkls Eiropas transporta tīklā (TEN-T). Lai sasniegtu ES transporta dekarbonizācijas mērķus, plānots, ka līdz 2030. gadam ūdeņraža uzpildes stacijām jābūt pieejamām vismaz ik pēc 150 kilometriem visā Eiropas transporta tīklā.

Ņemot vērā, ka tieši kravas automašīnu segments rada 27% no visām autotransporta siltumnīcefekta emisijām⁷², un iepriekšminētos ES emisiju samazinājuma mērķus, liek ražotājiem meklēt piemērotas bez emisiju tehnoloģijas kravas transportam. Tamdēļ aizvien vairāk ražotāju attīsta piemērotas ūdeņraža tehnoloģijas tieši kravas transportam, lai drīzumā piedāvātu tirgū ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas, kas spējīgas nodrošināt līdzvērtīgu veiktspēju, kā tradicionālas iekšdedzes dzinēju kravas automašīnas.

⁷⁰ <https://www.csdd.lv/transportlidzekli/registreto-transportlidzeklu-skait>

⁷¹ https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/clean-and-energy-efficient-vehicles/clean-vehicles-directive_en

⁷² <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/greenhouse-gas-emissions/>

Pēdējos gados jau vairāki kravas transporta ražotāji (IVECO, DAF, SCANIA, TOYOTA, Mercedes – Benz, HYUNDAI) ir uzsākuši bez emisiju kravas transporta izstrādes projektus un vairāki prototipi jau tiek pārbaudīti praktiskos izmēģinājumos. Sagaidāms, ka tirgū tās nonāks tuvākajos 3 – 5 gados. Tālāk, 5.8. tabulā, minēti daži no kravas autotransporta pilotprojektiem, kuru ražošana jau ir uzsākta un tie pieejami tirgū.

Tabula 5.8. Tirgū piedāvāto ūdeņraža elektrisko kravas automašīnu raksturlielumi

Ražotājs, modelis	Kategorija	Tehniskie rādītāji
Renault Kangoo ZE H2	N1 kategorija, vieglais komerc transports Kravnesība 540kg	Nobraukums 320 - 350km Patēriņš: 0,006 kg/H ₂ /km H ₂ tvertne: 2,03kg ar 700bar, vai 1,8kg ar 350bar
Renault Master Van H2 Tech (Hyvia) Pieejams kā:	N2 kat., kravas furgons – 4t pilna masa	Nobraukums: 500km, Patēriņš ~0,012kg/H ₂ /km, H ₂ tvertne: 6kg, 700 bar
	N2 kat., kravas šasija ar kravas kasti – 4t pilna masa	Nobraukums: 250 km, Patēriņš: ~ 0,012 kg/H ₂ / km H ₂ tvertne: 3 kg, 700 bar
	M2 kat., pasažieru autobuss (9+6)	Nobraukums: 300 km, Patēriņš: ~ 0,012 kg/H ₂ /km H ₂ tvertne: 3,6 kg, 350 bar
Hyundai Xcient Fuel Cell	N3 kategorija, kravas automašīna Pilnā masa: Seglu vilcējam – 36t pilna masa Kravas furgons – 19t pilna masa	Nobraukums: 400km H ₂ uzpilde: 32,09kg, 350bar Dzinēja jauda 350kW Patēriņš: 0,076 kg/H ₂ /km

5.4.3 Eksploatācijas nosacījumi

Vieglās N1 kategorijas kravas automašīnas ar pilnu masu līdz 3,5t tipiski tiek izmantotas lokāliem pārvadājumiem nelielu līdz 500-600 kg smagu kravu pārvadājumiem. Ūdeņraža pieprasījuma aprēķiniem tiek pieņemts, ka jauna N1 kategorijas kravas automašīna gadā nobrauc 33 000km. Izmantojot Renault ražotāja datus par ūdeņraža patēriņu uz km modelim Kangoo ZE H2, redzams, ka vienas N1 kategorijas automašīnas ūdeņraža patēriņš gadā būtu 198 kg/H₂.

Tipiska N2 kategorijas ekspluatācija ir reģionālo kravu piegādes no loģistikas centriem, noliktavām uz tirdzniecības punktiem vai uzņēmumu noliktavām. Pārsvārā šis kategorijas transports tiek izmantots pārvadājumu maršrutos Latvijas teritorijas robežās, jo nav piemērots garākiem vairāku dienu gariem pārvadājumiem. Turpinājumā ūdeņraža pieprasījuma aprēķiniem tiek pieņemts, ka jaunas N2 kategorijas kravas automašīnas nobraukums gadā ir 39 000km gadā. Izmantojot Renault ražotāja datus par ūdeņraža patēriņu uz 100km, modelim Master Van H2 Tech kravas furgonam, iegūstam, ka vienas N2 kategorijas automašīnas ūdeņraža patēriņš gadā būtu 468 kg/H₂.




Attiecīgi par N3 kategorijas ūdeņraža elektrisko kravas automašīnu ekspluatāciju, 2020. gadā tika veikts pētījums, kurā tika analizēti trīs N3 kategorijas kravas automašīnu lietojumi ar mērķi novērtēt ūdeņraža elektrisko kravas automašīnu potenciālu reālā ekspluatācijā, salīdzinājumā ar citām alternatīvām degvielas tehnoloģijām un tradicionālo iekšdedzes dzinēju. Tika analizēti trīs tipiski ikdienas ekspluatācijas varianti (5.9. tabula):

- Sedlu vilcējs ar 4 × 2 riteņu bāzi, kura pilnā masa ar puspiekabi ir 40 tonnas, ko izmanto starptautisko un reģionālo pārvadājumu loģistikas uzņēmumi ar saviem autotransporta parkiem. Šis ir tālsatiksmes segments ar gada nobraukumu robežās 110 000-160 000 km.
- Kravas furgons ar 6 × 2 riteņu bāzi, kuras pilnā masa ir 27 tonnas, ko izmanto vairumtirgotāji ar saviem kravas autoparkiem. Šis ir vidējais satiksmes segments ar gada nobraukumu 50 000–150 000 km.

- Kravas furgons ar 4 × 2 riteņu bāzi, kuras pilnā masa ir 18 tonnu, ko izmanto loģistikas uzņēmumi un mazumtirgotāji lokālajiem pārvadājumiem ar savu kravas autoparku. Lokālais izplatīšanas segments ar gada nobraukumu 40 000 - 85 000 km.

Vērtējot Latvijas kravas automašīnu reģistrācijas datus, nobraukumu un to lietojumu varam attiecināt pētījuma *Fuel Cells Hydrogen Trucks, Heavy Duty's High Performance Green Solution*⁷³ ekspluatācijas variantus arī uz Latvijas situāciju.

Tabula 5.9. Tipiski N3 kategorijas kravas automašīnu ekspluatācijas varianti

Raksturojums	Variants 1	Variants 2	Variants 3
Lietojuma segments	Starptautiskie pārvadājumi, loģistika	Reģionālie iekšzemes pārvadājumi	Vietējie pārvadājumi
Pilnā masa	Līdz 40T	Līdz 27T	Līdz 18T
Kravas a/m tips, riteņu bāze	Segluvilcējs, 4 × 2 	Kravas furgons, 6 × 2 	Kravas furgons, 4 × 2 
Nobraukums, vidēji km/gadā	140 000 km	95 000 km	60 000 km
H ₂ patēriņš uz 100km	8 – 8,3 kg/100km	7,1 – 7,4 kg/100km	6,6 – 6,9 kg/100km

Iepriekš minētajā pētījumā analizējot lietojuma scenārijus, tika secināts, ka ūdeņraža elektriskās kravas a/m ūdeņraža patēriņš konkrētos lietojumos ir robežās no 0,066 kg/H₂/km mazākas kravnesības a/m (~5t) līdz 0,083 kg/H₂/km ar lielu kravnesību (līdz 26t).

Kā iepriekš minēts, pēc CSDD sniegtās par nobraukuma apjomu gadā, tad turpinājumā, ūdeņraža pieprasījuma aprēķiniem tiek pieņemts, ka jauna kravas automašīna gadā nobrauks 124 000km gadā.

Izmantojot 2. variantā norādītos ūdeņraža patēriņa datus seglu vilcējam uz 100km, redzams, ka vienas N3 kategorijas kravas automašīnas ūdeņraža patēriņš gadā veido 10 292 kg/H₂.

5.4.4 Potenciālais ūdeņraža pieprasījums

Iespējamo ūdeņraža pieprasījuma pie dažādiem tirgus attīstības tendencēm noteikšanai ir sagatavoti tālāk aprakstītie scenāriji, kur katrs atbilst savam laika griezumam. Jāņem vērā, ka esošie tirgus attīstības scenāriji ir hipotētiski un balstīti uz pieņēmumiem vērtējot vēsturiskos datus, ES politiskus uzstādījumus, pieņemtos ES stratēģiskos dokumentus un normatīvos aktus saistībā ar ES emisiju samazinājumu mērķi transporta sektorā.

Maksimālais scenārijs

Maksimālais scenārijs balstās uz ES spiedienu 2035. gadā aizliegt ES pārdot jaunus transportlīdzekļus ar iekšdedzes dzinējiem⁷⁴. Tādējādi var pieņemt, ka notiks strauja visu transporta segmentu, tajā skaitā kravas bezemisiju transporta, attīstība, izmantojot gan bateriju elektrisko piedziņu, gan ūdeņraža elektrisko piedziņu, lai segtu potenciālo pieprasījumu. Pastāv uzskats, ka abas šīs tehnoloģijas transporta nozarē nākotnē tiks pielietotas atkarībā no nepieciešamās veiktspējas un izmaksām. Pieņemot, ka abi šie, bez emisiju kravas transporta veidi attīstīsies līdzīgi, tad 2035. gadā puse no visām jaunām reģistrētām kravas automašīnām būtu ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas. Ņemot vērā jaunu N kategorijas automašīnu reģistrācijas apjomus gadā Latvijā: tad puse no jaunajām reģistrētām N kategorijas automašīnām veidotu:

⁷³ <https://www.fch.europa.eu/publications/study-fuel-cells-hydrogen-trucks>

⁷⁴ <https://www.euractiv.com/section/transport/news/eu-countries-approve-end-to-combustion-engine-sales-by-2035/>

- N1 kategorijā 2 804 vienības;
- N2 kategorijā tās būtu 178 vienības;
- N3 kategorijā – 1 381 vienības ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas.

Mērenais scenārijs

Eiropas Komisija atsaucoties uz pētījumu par ūdeņraža pielietojumu kravas automašīnu sektorā (FCHT Heavy – Dutys’s High Performance Green Solution)⁷⁵ prognozē, ka ar strauju tehnoloģisko izmaksu samazinājumu un pieejamu ūdeņraža uzpildes tīklu ar ūdeņraža cenu zem 6 EUR/kg, ūdeņraža elektrisko kravas automašīnu pārdošanas apjoms ES, 2030. gadā, varētu sasniegt 17% no kopējā apjoma gadā, kas veido aptuveni 60 000 vienību gadā visā ES.

Vērtējot iespējamās attīstības tendences bezemisiju kravas transporta sektorā Latvijā un pieņemot, ka Latvijas pārvaldītāji plāno autoparka atjaunošanu turpmākajos 7 gados, kā nozīmīgu kritēriju ņems vērā vides un transporta nodokļu politikas spiedienu izvēlēties zemas emisijas vai bez emisiju transportu. Varam pieņemt, ka mērenajā scenārijā arī Latvijā, 2030. gadā no kopējā jaunu kravas automašīnu reģistrētā apjoma, 17% būs ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas. Ņemot vērā, iepriekš minēto jaunu kravas automašīnu reģistrācijas datus, tas veidotu:

1. N1 kategorijā – 953 vienības;
2. N2 kategorijā – 60 vienības,
3. N3 kategorijā – 469 ūdeņraža elektriskās automašīnas gadā.

Atliktais scenārijs

Ņemot vērā, ka tipisks kravas automašīnas kalpošanas laiks ir 7 gadi, tad var pieņemt, ka Latvijas pārvaldītāju autoparku modernizācija notiks šo 7 gadu periodā. Lai to sasniegtu, pakāpeniska auto parka nomaiņa būtu jāuzsāk ne vēlāk par 2043. gadu. Tādējādi līdz 2050. gadam tiktu atjaunots viss Latvijas pārvaldītāju autoparkos ar bezemisiju kravas automašīnām.

Zinot Latvijā ekspluatācijā esošo katras N kategorijas kravas automašīnu skaitu un pieņemot to kalpošanas laiku - 7 gadi, tad to pakāpeniskai nomaiņai sākot ar 2043. gadu, katru gadu būtu jāiegādājas:

1. N1 kategorijā – 5 099 vienības;
2. N2 kategorijā – 311 automašīna, bet
3. N3 kategorijā - 2 816 automašīnas gadā.

Iegūtais ūdeņraža pieprasījums

Vadoties no augstāk iegūto automašīnas ekspluatācijas nosacījumiem un minētajiem tirgus attīstības scenārijiem iespējamais noteikt ūdeņraža pieprasījuma apjomu gadā, katrā scenārijā, pa kravas automašīnu veidiem. Izmantojot iepriekš aprakstītos ekspluatācijas nosacījumus un 5.7. tabulā sniegtos transportlīdzekļu ūdeņraža patēriņus no tirgū piedāvājumiem N1 un N2 transportlīdzekļiem un N3 kategorijas kravas automašīnu ūdeņraža patēriņus no 5.9. tabulas, ir iegūstams potenciālais ūdeņraža pieprasījums katrā scenārijā pa transportlīdzekļu kategorijām. (skat. 5.10. tabulu)

Savukārt tirgus maksimālā potenciāla novērtēšanai tiek pieņemts, ka visas juridiskajām personām reģistrētās autoparka kravas automašīnas, kuru skaits minēts iepriekš 5.4.1. punktā, ir bezemisiju kravas automašīnas (ZEV Zero emission vehicle) no kurām 50% ir ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas (FCEV Fuel cell electric vehicle) un 50% ir bateriju elektriskās kravas automašīnas (BEV Battery electric vehicle). Maksimālais tirgu potenciāla pieprasījuma attēlots 5.10. tabulas 4. ailē.

Tabula 5.10. Ūdeņraža potenciālais pieprasījums katrā scenārijā

Nr.	Tirgus attīstības scenārijs	Ūdeņraža pieprasījums pa transportlīdzekļu kategorijām, tonnas/gadā			Kopā, tonnas/gadā
		N1 kategorija	N2 kategorija	N3 kategorija	
1.	Maksimālais scenārijs	555,2	83,3	14 213,2	14 851,7
2.	Mērenais scenārijs	188,6	28,1	4 826,9	5 043,6

⁷⁵ <https://www.euractiv.com/section/energy/news/17-of-new-trucks-in-2030-will-run-on-hydrogen-eu-believes/>

3.	Atliktais scenārijs	1 009,6	145,6	28 982,3	30 137,5
4.	Maksimālais tirgus potenciāls	7 067,6	510	101 463,7	109 041,3

5.4.5 Potenciālais ūdeņraža pieprasījums

Vērtējot iespējamo ūdeņraža pieprasījumu, iespējams noteikt maksimāli potenciālo ūdeņraža patēriņu katrā transportlīdzekļu grupā ar pieņēmumu, ka visas transporta vienības katram transporta veidam būtu ūdeņraža elektriskie transportlīdzekļi.

Nemot vērā, ka nav zināms kravas transportlīdzekļu ar pilnu masu virs 3,5t kategoriju iedalījums, kas nosaka maksimālās kravnesības (piem., N2 kategorija līdz 12t un N3 kategorija līdz 40t ikdienas lietojums un maksimālā kravnesība), un nav zināma autobusu ietilpība un pilnā masa, kas ir svarīgi nosacījums transportlīdzekļa ūdeņraža patēriņā, tad ūdeņraža pieprasījuma aprēķins veikts izmantojot katra transportlīdzekļa grupas vidējo nobraukumu gadā un vidējo degvielas patēriņu.

Vadoties no sniegto automašīnu vidējā nobraukuma un vidējā degvielas patēriņa iespējamais noteikt ūdeņraža pieprasījuma apjomu gadā. Ūdeņraža patēriņu iegūst, pārrēķinot no patērētās degvielas iegūto enerģiju uz ekvivalentu ūdeņraža enerģiju.

Aprēķiniem izmantotie pieņēmumi: dīzeļdegvielas energoietilpība - 10,722 kWh/l, benzīnam – 9,5 kWh/l, kompresijas aizdedzes jeb dīzeļdzinēja vidējā darba lietderība – 40% savukārt iekšdedzes jeb benzīna dzinēja darba vidējā lietderība – 35%; no viena kg H₂ kurināmā elementā iegūst 17 kWh elektroenerģijas a/m piedziņai.

Tādējādi aprēķinu rezultātā noskaidrots, ka potenciālais ūdeņraža patēriņš gadā būtu:

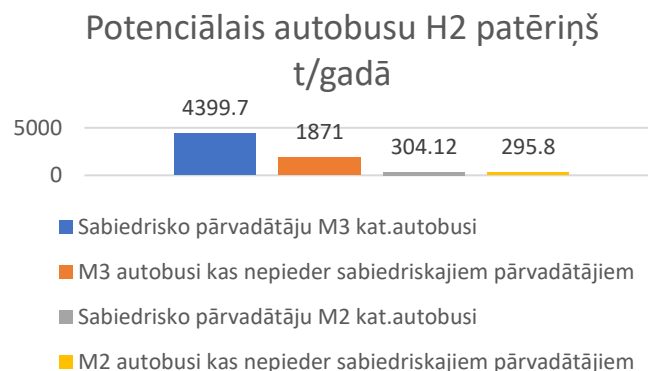
1. Kravas automašīnām ar pilnu masu virs 3,5t (8,68 kg H₂ / 100 km) – 132,61 t/H₂ gadā;
2. Autobusiem (3,37 kg H₂ / 100 km) – 0,43 t/H₂ gadā;
3. Vieglās pasažieru automašīnas ar iekšdedzes dzinēju un pilnu masu līdz 3,5t (1,56 kg H₂ / 100 km) – 99,34 t/H₂ gadā;
4. Vieglās kravas automašīnas ar pilnu masu līdz 3,5t (2,3 kg H₂ / 100 km) – 308,38 t/H₂ gadā.

Jāņem vērā, ka šis ir indikatīvais, aprēķins balstīts uz primārajiem datiem, bez dziļākas lietojuma analīzes. Lai vērtētu iespējamus ekonomiskos ieguvumus, būtu jāveic tehniski ekonomiskā priekšizpēte katram transporta segmentam, vērtējot transportlīdzekļu ekspluatācijas nosacījumus.

5.5 Secinājumi ūdeņraža pielietojumam transporta sektorā

Vērtējot ES apņemšanos kļūt par pirmo oglekļa neitrālo kontinentu līdz 2050. gadam, dekarbonizējot tautsaimniecības nozares, sasniedzot 90% emisiju samazinājumu transporta nozarē, un pieņemtos politisko lēmumus, stratēģijas un normatīvos aktus secināms, ka pāreja uz bez emisiju vai zemu emisiju transportu, turpmākajos 28 gados, notiks ļoti strauji. Kopā ar ES enerģētikas sektora dekarbonizācijas iniciatīvu European Hydrogen Backbone ūdeņradis kļūs aizvien izplatītāks dažādās tautsaimniecības jomās arī transporta nozarē.

Analizējot 9 lielāko sabiedrisko pārvadātāju autobusu parku ekspluatācijas datus, noskaidrots, ka maksimālais ūdeņraža patēriņš var sasniegt 4 643,8 t/H₂ gadā. Savukārt no pārējiem Latvijā ekspluatācijā esošajiem autobusiem, kas nepieder sabiedriskajiem pārvadājumu uzņēmumiem, potenciāli maksimālais patēriņš var būt 2 166,9 t/H₂ gadā.



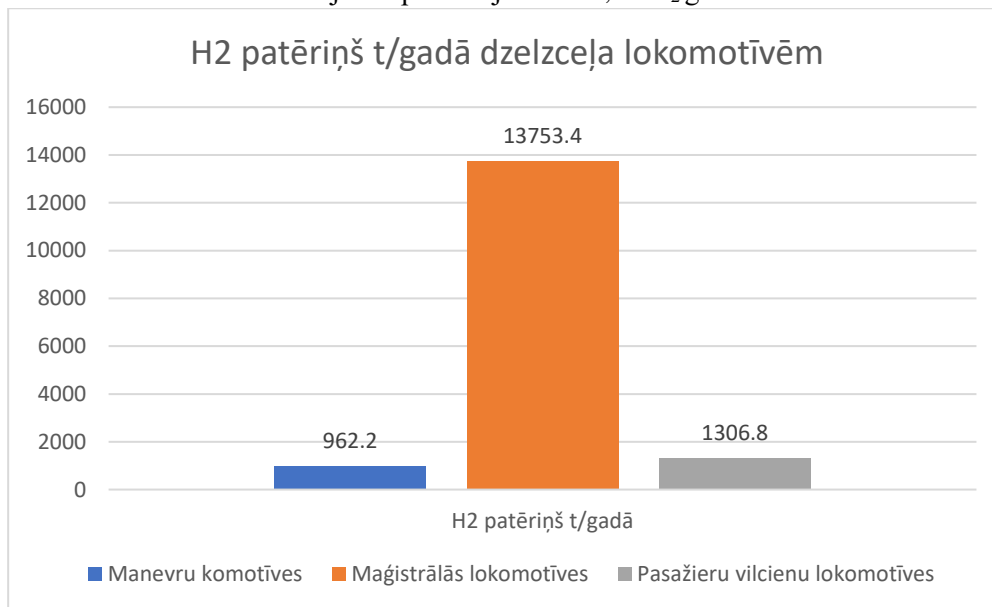
att. 5.1. Potenciālais ūdeņraža patēriņš gadā pēc īpašnieku un autobusu raksturojuma

Ņemot to vērā, daudzi autobūves un dzelzceļa transporta ražotāji ir pārliecināti, ka ūdeņraža izmantošana ir vienīgais alternatīvai risinājums garo distanču un lielu-smagu kravu pārvadājumu jomā. Daudzi autobūves ražotāji, piemēram, IVECO, DAF, SCANIA, TOYOTA, Mercedes – Benz, HYUNDAI ir uzsākuši bez emisiju kravas transporta izstrādes projektus.

Tāpat arī dzelzceļa nozares uzņēmumi, kā Alstom, CAF un Stadler un spēka iekārtu ražotāji, kā Siemens un Caterpillar, strādā pie ūdeņraža elektriskajiem hibrīda vilcienu projektiem. Ņemot vērā iepriekš minētās tendences, tiek analizēts potenciālais ūdeņraža lietojums Latvijas transporta sektoros.

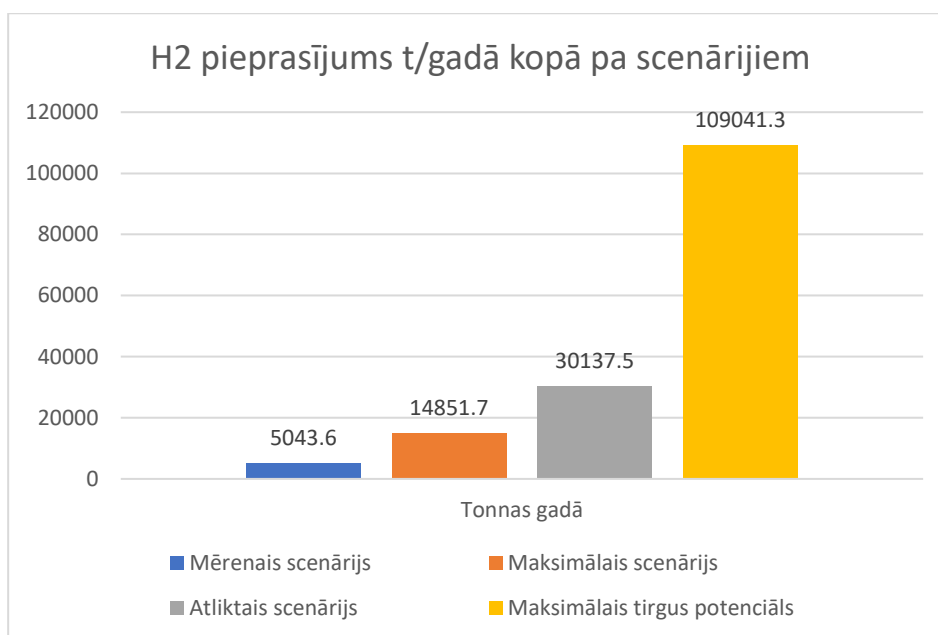
Dzelzceļa pārvadājumos vērtēti manevru lokomotīves, maģistrālās lokomotīves un pasažieru vilciena lokomotīves ekspluatācijas dati un analizēts iespējamais ūdeņraža patēriņš pie analogiskiem ekspluatācijas nosacījumiem. Rezultātā noskaidrots, ka pie nosacījuma, ka visas lokomotīves būtu ar ūdeņraža hibrīdām spēka iekārtām, ūdeņraža patēriņš būtu šāds:

- Manevru lokomotīvu ekspluatācijā – 962,2 t/H₂ gadā;
- Maģistrālo lokomotīvu ekspluatācijā – 13753,4 t/H₂ gadā;
- Pasažieru vilcienu lokomotīvu ekspluatācijā – 1306,8 t/H₂ gadā.



att. 5.2. Potenciālais ūdeņraža patēriņš gadā lokomotīvu ekspluatācijā

Auto kravu pārvadājumu joma ir būtisks emisiju radītājs ES, tamdēļ kravas transporta sektorā tiek virzītas lielas investīcijas, lai veicinātu bez emisiju un zemu emisiju kravas automašīnu ieviešanu. Tamdēļ Eiropas transporta tīklā (TEN-T) tiek ieviests alternatīvas degvielas uzpildes staciju tīkls. Lai sasniegtu ES transporta dekarbonizācijas mērķus, plānots, ka līdz 2030. gadam ūdeņraža uzpildes stacijām jābūt pieejamām vismaz ik pēc 150 kilometriem visā Eiropas transporta tīklā.



att. 5.3. Ūdeņraža pieprasījums kravas transporta sektorā pa scenārijiem

Attiecībā uz Latvijas kravas transporta potenciālo ūdeņraža patēriņu, 5.3. nodaļā izskatīti 3 attīstības scenāriji:

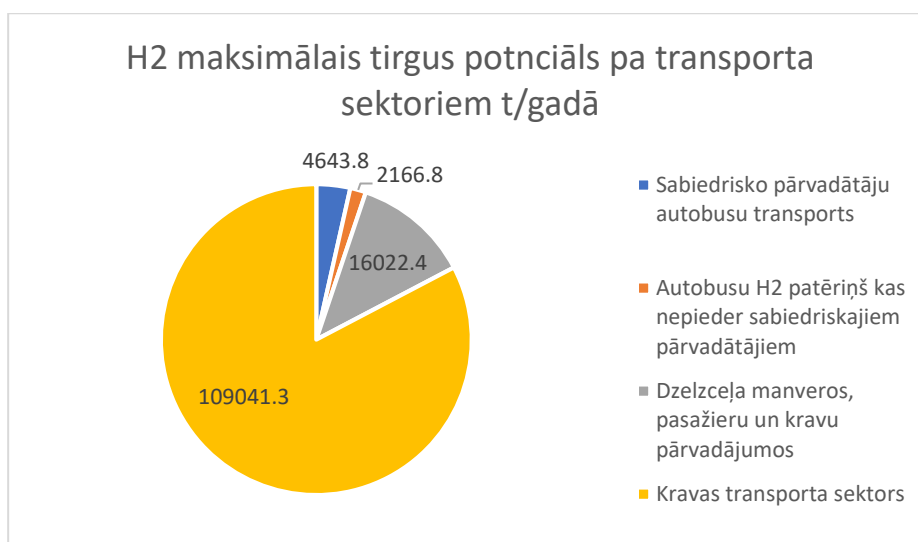
1. Maksimālais scenārijs balstīts uz ES spiedienu 2035. gadā aizliegt ES pārdot jaunus transportlīdzekļus ar iekšdedzes dzinējiem⁷⁶. Tādējādi notiks strauja visu transporta segmentu, tajā skaitā kravas bezemisiju transporta attīstība un 2035. gadā puse no visām jaunām reģistrētām kravas automašīnām būtu ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas. Maksimālā scenārija analizē noskaidrots, ka potenciālais ūdeņraža patēriņš būtu 14 851,7 t/H₂ gadā.
2. Mērenais scenārijs balstīts uz pieņēmumu, ka Latvijā, 2030. gadā no kopējā jaunu kravas automašīnu reģistrētā apjoma, 17% būs ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas. Pieņēmums balstīts uz EK pētījumu par ūdeņraža kravas automašīnu attīstību kravas pārvadājumu sektorā. Mērenā scenārija analizē noskaidrots, ka potenciālais ūdeņraža patēriņš būtu 5 043,6 t/H₂ gadā.
3. Atliktais scenārijs balstīts uz pieņēmumu, ka pakāpeniska auto parka nomaiņa tiktu atlikta ne vēlāk par 2043. gadu. Tādējādi 7 gadu laikā, līdz 2050. gadam tiktu atjaunots viss Latvijas pārvadātāju autoparkos ar bezemisiju kravas automašīnām. Pie šāda scenārija potenciālais ūdeņraža patēriņš būtu 30 137,5 t/H₂ gadā.
4. Savukārt tirgus maksimālā potenciāla novērtēšanai tiek pieņemts, ka visas juridiskajām personām reģistrētās autoparka kravas automašīnas, kuru skaits minēts iepriekš 5.4.1. punktā, ir bezemisiju kravas automašīnas (ZEV Zero emission vehicle) no kurām 50% ir ūdeņraža elektriskās kravas automašīnas. Pie šāda scenārija maksimālais ūdeņraža pieprasījums būtu 109 041,3 t/H₂ gadā.

Kopējais maksimālais Latvijas transporta sektora potenciālais ūdeņraža pieprasījums pa analizētajām transporta jomām dots 19. attēlā. Kā redzams, tad potenciāli vislielākais ūdeņraža potenciāls ir auto kravu pārvadājumu sektorā, kas veidotu 109041,3 t/H₂ gadā. Lai arī kravas automašīnu patēriņš ir mazāks par lokomotīvu patēriņu uz km, lielais potenciālais apjoms skaidrojams ar kravas automašīnu skaitu un lielu nobraukumu gadā. Jāņem vērā, ka zemāk attēlā norādītais apjoms ir Maksimālais tirgus potenciāls, kā minēts iepriekš 5.4. apakšpunktā.

Kā otrs potenciāli lielākais ūdeņraža patērētājs transporta jomā būtu dzelzceļš ar 16 022,4 t/H₂ gadā. Dotais kopējais patēriņš ir sasniedzams, ja visas dzelzceļā izmantotās manevru, maģistrālās un pasažieru vilcienu lokomotīves būtu ūdeņraža hibrīda elektriskās lokomotīves.

Kā trešais lielākais ūdeņraža patērētājs transporta jomā būtu sabiedriskais transports. Pētījumā analizētie sabiedrisko pārvadātāju parki patērētu 4 643,8 t/H₂ gadā.

⁷⁶ <https://www.euractiv.com/section/transport/news/eu-countries-approve-end-to-combustion-engine-sales-by-2035/>



att. 5.4. Kopējais ūdeņraža potenciālais pieprasījums pa transporta sektoriem

Lai gan vislielākais ūdeņraža potenciālais pieprasījums būtu auto kravas pārvadājumu sektors, kā reālistiskākie ūdeņraža patērētāji jāuzskata sabiedriskā transporta sektors un dzelzceļa sektors. Sabiedriskā transporta sektors tāpēc, ka sabiedrisko pārvadājumu transporta parku modernizāciju turpmākajos gados ietekmēs izstrādātā *Clean Vehicle directive* par zemas emisijas un bez emisijas transportlīdzekļu iegādi publiskajos iepirkumos. Kā arī tāpēc, ka šajā transporta sektorā ūdeņraža tehnoloģijas ir gatavas komercializācijai. Par to liecina daudzu autobusu ražotāju piedāvātie ūdeņraža elektrisko autobusu modeļi un vairāki Eiropā realizētie pilotprojekti ar ūdeņraža elektriskajiem autobusiem (skat. 5.8. tabulu).

Kā otrs reālākais ūdeņraža patērētājs būs dzelzceļa pārvadājumu sektors, kam ir augsta tehnoloģiskā gatavība un ekonomiski pamatota alternatīva dzelzceļa elektrifikācijai.

Analizējot auto kravu pārvadājumu sektoru, nenoliedzami potenciālais apjoms ir ļoti nozīmīgs, tomēr šeit jāņem vērā, ka auto kravu pārvadājumus veic komercdarbības ietvaros privātais sektors. Tas nozīmē, ka uzņēmēji savu kravas auto parku būs gatavi nomainīt uz alternatīviem bezemisiju transportlīdzekļiem, tiklīdz tas būs ekonomiski pamatoti, transportlīdzekļu iegādes izmaksas būs pieņemamas un būs pieejams plašs ūdeņraža uzpildes staciju tīkls.

Galvenās priekšrocības Ūdeņraža izmantošanai transportā:

Ūdeņradis ir zaļāka alternatīva parastajiem fosilajiem kurināmajiem, piemēram, benzīnam un dīzeļdegvielai, piedāvājot vairākus vides ieguvumus:

- Zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas: Ūdeņraža degšūnas (Fuel Cell) rada mazāk siltumnīcefekta gāzu emisiju, tostarp oglekļa dioksīda (CO₂) un metāna (CH₄), salīdzinot ar benzīnu un dīzeļdegvielu.
- Samazināti gaisa piesārņotāji: H₂ sadegšana rada mazāku piesārņotāju līmeni, piemēram, slāpekļa oksīdus (NO_x), sēra oksīdus (SO_x) un daļiņas (PM), kā rezultātā uzlabojas gaisa kvalitāte un samazinās smoga veidošanās.
- Zemākas toksiskās emisijas: Ūdeņradim ir mazāka toksisko piesārņotāju, piemēram, benzola, formaldehīda un policiklisko aromātisko oglekļa ūdeņražu (PAO) emisija, salīdzinot ar parastajām degvielām.

Ūdeņraža piedāvātās ekonomiskas priekšrocības:

- Izmaksu ietaupījumi: Zaļajam ūdeņradim nākotnē būs zemākas izmaksas par enerģijas vienību, salīdzinot ar benzīnu un dīzeļdegvielu, kā rezultātā transportlīdzekļu īpašnieki un autoparku operatori var ietaupīt izmaksas.
- Eksploatacijas ietaupījumi: Ūdeņraža mašīnām eksploatacijas izmaksas ir krietni mazākas nekā benzīna vai dīzeļmašīnām.
- Vietējā pieejamība: Ūdeņradi var iegūt vietējā tirgū daudzos reģionos, samazinot atkarību no importētās naftas un uzlabojot energoapgādes drošību.

Ar Ūdeņradi darbināmiem transportlīdzekļiem ir tehniskas priekšrocības:

- Ūdeņraža transportlīdzekļiem ir zemākas uzturēšanas izmaksas nekā citiem ar fosilās degvielas darbināmiem transportlīdzekļiem;
- Ūdeņraža degvielu šūnu sistēmas ir noslēgtas, novēršot degvielas zudumus no noplūdes vai iztvaikošanas;

- Tā kā Ūdeņradis ir gāzveida degviela, tā viegli un vienmērīgi sajaucas ar gaisu
- Līdzīga veiktspēja: Ūdeņraža transportlīdzekļi piedāvā salīdzināmu veiktspēju kā parastie transportlīdzekļi ar salīdzināmu jaudu, paātrinājumu un pārvietošanās diapazonu.
- Labi izveidota tehnoloģija: Ūdeņraža degvielas šūnu tehnoloģija transportlīdzekļiem ir bijusi komerciāli pieejama jau vairākus gadus desmitus, bet tikai pēdējos 6 gadus šīs tehnoloģijas straujā attīstība nodrošina attīstītu degvielas uzpildes un apkopes infrastruktūru.

Ūdeņradis ir atjaunojamo avotu potenciāls izmantošanas rezultāts:

- Ūdeņradi iegūst no atjaunojamiem avotiem, piemēram, vēja, saules enerģijas, vai biomasas un atkritumiem, vēl vairāk uzlabojot vides ilgtspējību.

Jāatzīmē arī Ūdeņraža lietošanas ierobežojumi un trūkumi:

- Zemāks nekā šķidrāi degvielai enerģijas blīvums (nepieciešamība pēc palielinātām degvielas uzglabāšanas iekārtām pie tā paša darba apjoma);
- Zemāka (nekā šķidrā degvielu izmantošanas gadījumā) dzinēja tilpuma efektivitāte gāzveida degvielas dēļ – tādas pašas jaudas iekšdedzes dzinējiem jābūt ar lielākiem izmēriem;
- Augstā spiedienā uzglabātas gāzes uzglabāšanas tvertnes ar īpašām prasībām – paaugstinātas drošības un pārbaudes prasības;
- Metāns no fosilām atradnēm – neilgtspējīgs, neatjaunojams enerģijas avots;
- Sadegšanas produktu - Siltumnīcefekta gāzu, piemēram, oglekļa dioksīda, oglekļa monoksīda un citu oglekļa komponentu emisija, kas veicina globālo sasilšanu.

Autoražotāji, kas piedāvā transportlīdzekļus ar Ūdeņraža un Fuel Cell (vairākdegvielu) risinājumus:

- Vieglie auto:
 - Toyota;
 - Hyundai;
 - BMW;
 - Mercedes;
 - General Motors (GM);
 - FORD Motor company (Daimler)
 - Volvo.
- Kravas auto:
 - Volvo Trucks;
 - Scania;
 - Daimler AG (Mercedes-Benz Trucks);
 - MAN Truck & Bus;
 - Iveco;
 - Hino Motors (daļa no Toyota Group);
 - Isuzu Motors;
 - Ashok Leyland;
 - Tata Motors;
 - Sinotruk.
- Autobusi:
 - DAF;
 - Scania;
 - MAN Truck & Bus;
 - Daimler AG (Mercedes-Benz un Setra);
 - Iveco Bus;
 - Solaris Bus & Coach;
 - Hyzon,
 - Hyundai.

Jaunākie pētījumi enerģijas konversijā, izmantojot fosilos un no biovides iegūtos ogļūdeņražus, rāda, ka ievērojama perspektīva ir elektrotransportam ar hibrīdenerģoblokiem, kuros papildus tiešai enerģijas uzkrāšanai elektroķīmiskajos akumulatoros (vispazīstamākie ir svina-skābes, Ni_MH, LiPo, u.c.) tiek izmantoti kurināmā elementi (Fuel Cells – saīsinājums FC), kuros kā degviela tiek lietoti ogļūdeņraži un ūdeņradis, tajā skaitā arī biometāns un biogāze.

6 Iekārtu ražotāji biogāzes uzlabošanai līdz biometānam

6.1 Vadošo pasaules biogāzes attīrīšanas iekārtu ražotāju identificēšana

Biogāzes attīrīšanas un uzlabošanas iekārtu tirgus ir ļoti strauji augošs. Pēc BCC Research grupas pētnieku novērtējuma šo iekārtu tirgus apjoms 2022. gadā bija 1,4 miljardi USD, un prognozes rāda, ka 2026. gadā tas sasniegs 3.8 miljardus USD (<https://www.bccresearch.com/market-research/energy-and-resources/biogas-upgrading.html>).

Kā galvenie iemesli šim tirgus pieprasījuma pieaugumam tiek atzīmēti sekojošie:

- Pieaugošais pieprasījums pēc atjaunojamām un mazoglekļa degvielām;
- Atbilstība regulatīvajiem režīmiem, kas prasa samazināt oglekļa emisijas;
- Vēlme un prasība mazināt atkarību no dabasgāzes importa;
- Inovatīva tehnoloģiskā vide, kas piedāvā jaunus risinājumus.

Augstākminētie iemesli rāda, ka izcelt kādu vadošāku vai tehnoloģiski attīstītāku iekārtu ražotāju šādā augošā un strauji mainīgā tirgū ir sarežģīts uzdevums ar mainīgu mērķi. To apliecina sekojošais – 2020. gadā kā vadošie ražošanas uzņēmumi bija sekojoši –

- Air Liquide: uzņēmums, kas piedāvā biogāzes modernizācijas risinājumus, izmantojot progresīvas tehnoloģijas, piemēram, membrānas atdalīšanu un spiediena svārstību adsorbciju.
- DMT Environment Technology: uzņēmums, kas specializējas biogāzes uzlabošanā, izmantojot membrānas atdalīšanas tehnoloģiju.
- Greenlane Renewables: nodrošina biogāzes modernizācijas sistēmas, izmantojot ūdens mazgāšanas tehnoloģiju un spiediena svārstību adsorbciju.
- Carbotech: pazīstams ar savām augstas veiktspējas biogāzes modernizācijas iekārtām, kurās efektīvai attīrīšanai tiek izmantota spiediena maiņas adsorbcijas tehnoloģija.
- Xebec Adsorbition: piedāvā biogāzes uzlabošanas risinājumus, kuru pamatā ir spiediena svārstību adsorbcija un membrānas atdalīšana dažādiem lietojumiem.
- Wärtsilä Corporation: nodrošina biogāzes uzlabošanas sistēmas, kas paredzētas biometāna ražošanai, lai to ievadītu dabasgāzes tīklā vai izmantotu kā transportlīdzekļu degvielu.
- EnviTec Biogas: vadošais biogāzes iekārtu piegādātājs un piedāvā arī biogāzes modernizācijas sistēmas augstas kvalitātes biometāna ražošanai.
- Waga Energy: specializējas poligonu gāzes uzlabošanā.
- PlanET Biogastechnik: piedāvā biogāzes uzlabošanas sistēmas, kuru pamatā ir spiediena svārstību adsorbcija un membrānas tehnoloģija biometāna ražošanai.
- Bright Biomethane: Bright Biomethane izstrādā un piegādā biogāzes uzlabošanas sistēmas, izmantojot membrānas separācijas tehnoloģiju biometāna ražošanai.

Tikai trīs gadus vēlāk – 2023. gadā virkne no augstākminētajiem ražotājiem nav atrodama līderu sarakstā. Pētot, kādi ir pasaulē atzītas biogāzes attīrīšanas un uzlabošanas iekārtu ražotāji pētījuma brīdī, tika atrasti 8 vadošie. Tie ir sekojoši:

- EnviTec Biogas AG, (Lohne, GERMANY);
- Metacon, (Orebro, SWEDEN);
- HyGear B.V. (Arnhem, THE NETHERLANDS),
- Metener Oy, (Leppävesi, FINLAND);
- Biogasmetano S.r.l., (Brescia (BS), ITALY).
- Greenlane Renewables, (Burnaby, BRITISH COLUMBIA (CANADA));
- Innovative Environmental Technologies Pvt. Ltd. (IETL) (Pune, INDIA);
- Jog Waste to Energy Pvt. Ltd (Bakrol, Ahmedabad, INDIA);

Tādēļ tika nolemts veikt uzpēti par atsevišķos reģionos vadošiem iekārtu ražošanas uzņēmumiem, neliekot uzsvāru uz to tirgus daļām, bet analizējot to tehniski ekonomiskās iespējas darbam Latvijā.

Grupējot augstākminētos ražotājus pēc to ģeogrāfiskās atrašanās vietās, var konstatēt, ka pirmie četri ir ar centrālajiem ofisiem un ražošanas un P&A birojiem, kas novietoti Eiropas ziemeļdaļā – Latvijas klimatiskajiem apstākļiem līdzīgā vidē. Tas var liecināt par padziļinātām zināšanām un pieredzi darbā ar

aukstos apstākļos un mainīgā vidē uzstādītām biogāzes ražošanas iekārtām, un ļauj ar lielāku varbūtību pieņemt, ka tieši šo uzņēmumu piedāvājums būs atbilstošāks un pilnvērtīgāks.

Atšķirīgo temperatūras režīmu un biogāzes ieguves izejmateriālu atšķirības dēļ kā mazāk nozīmīgi iekārtu piegādātāji uz Latviju jāatzīmē biogāzes attīrīšanas iekārtu ražotāji no Itālijas un Indijas. Potenciāli izmantojams varētu būt arī Kanādas uzņēmuma piedāvājums – tas atrodas Latvijas platuma grādos Amerikas kontinentā, tomēr tā piedāvājuma tehniski ekonomiskā vērtība varētu būt mazāka, jo jāņem vērā ievērojami attālumi starp Latviju un Kanādu.

Visiem augstākminētajiem iekārtu ražotājiem tika izsūtīti e-pasti ar uzaicinājumu atsūtīt tehnoloģiski ekonomiskos piedāvājumus BioAuri biogāzes uzlabošanas un attīrīšanas veikšanai.

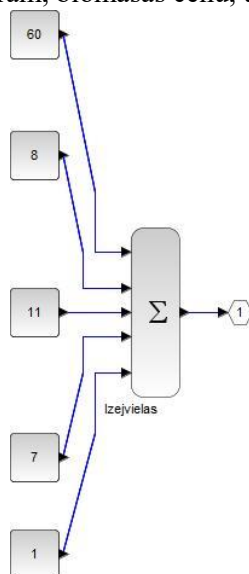
Pētījuma laikā tika saņemtas epasta atbildes no četriem ražotājiem (EnviTec Biogas AG, Metacon, HyGear B.V., un Metener Oy, r apstiprinājumu, ka ziņa saņemta un tiek novirzīta uz atbilstošajiem departamentiem, bet noslēdzošais tehniski ekonomiskais piedāvājums tika saņemts no 2 – no HyGear B.V. (Arnhem, THE NETHERLANDS) – 1.pielikums, un no Metacon Oy, (Orebro, SWEDEN) – 2.pielikums.

6.2 Biogāzes attīrīšanai līdz transporta degvielas kvalitātei

Lai varētu tikt veikta tehniski ekonomiskā novērtēšana kādam no projektiem, bija jāveic biogāzes ieguves un attīrīšanas izmaksu (CAPEX un OPEX) aprēķins un modelēšana.

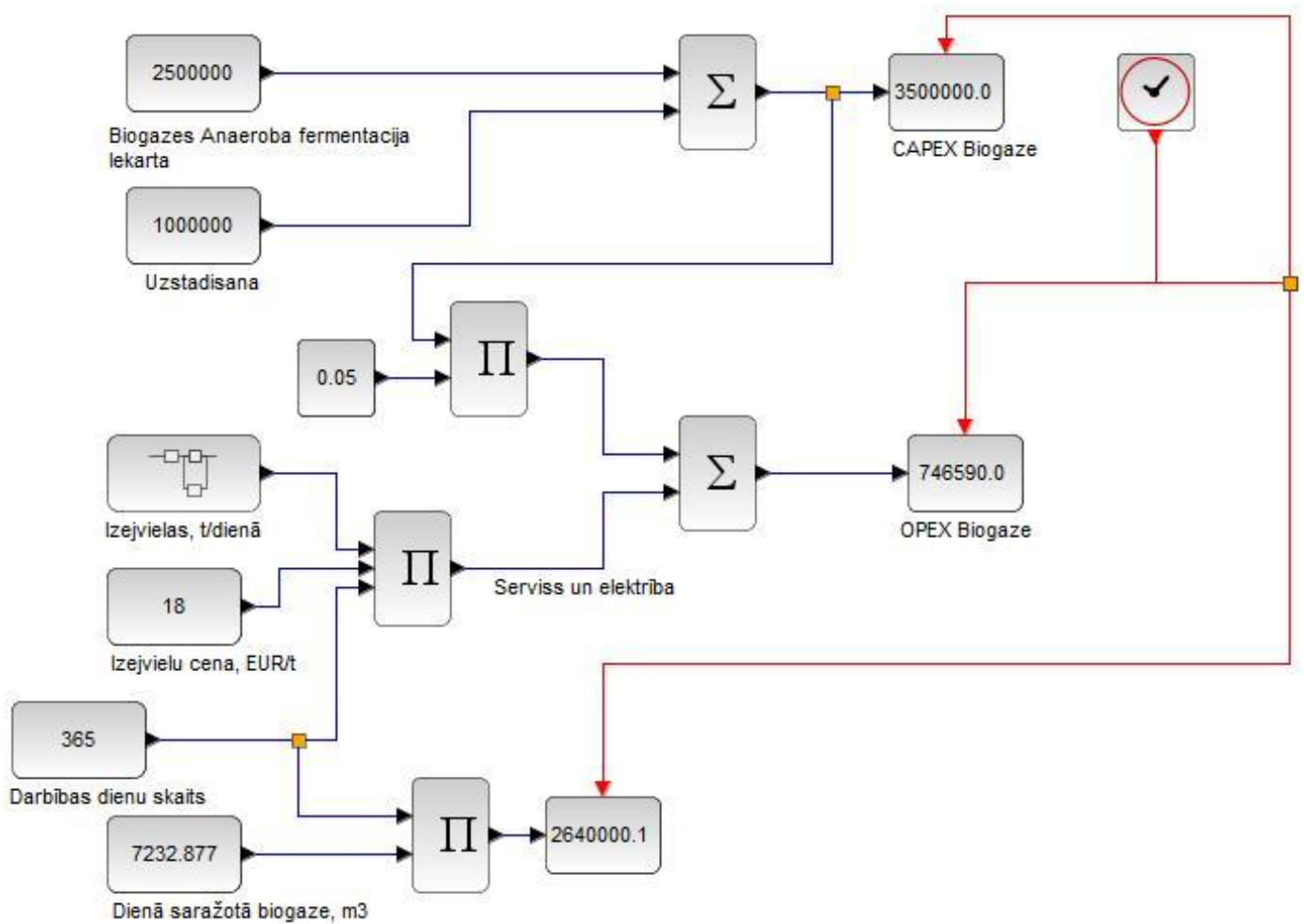
Modelēšanai tika izmantota brīvpieejas modelēšanas programma SciLab (<https://www.scilab.org/>) un tās pielikums XCos. Programmas izvēli noteica nepieciešamība nodrošināt to, ka pasūtītājs var izmantot izveidotos modeļus, lai nepieciešamības gadījumā izmainītu kādu no skaitliskām vērtībām un precizētu iegūto skaitlisko rezultātu, tādējādi nodrošinot tehniski, un ekonomiski pamatotu lēmumu pieņemšanu.

Kā piemērs ir att. parādītais izejvielu (izejmateriālu) apakšbloks. Modeļa izmantošana ir vizuāli ērta un vienkārša – katrā no kreisajā pusē esošajiem blokiem jāievieto atbilstošā informācija par izmaksu pozīciju vai izejmateriāla apjomu, piemēram, biomasas cenu, ūdens cenu, u.c.



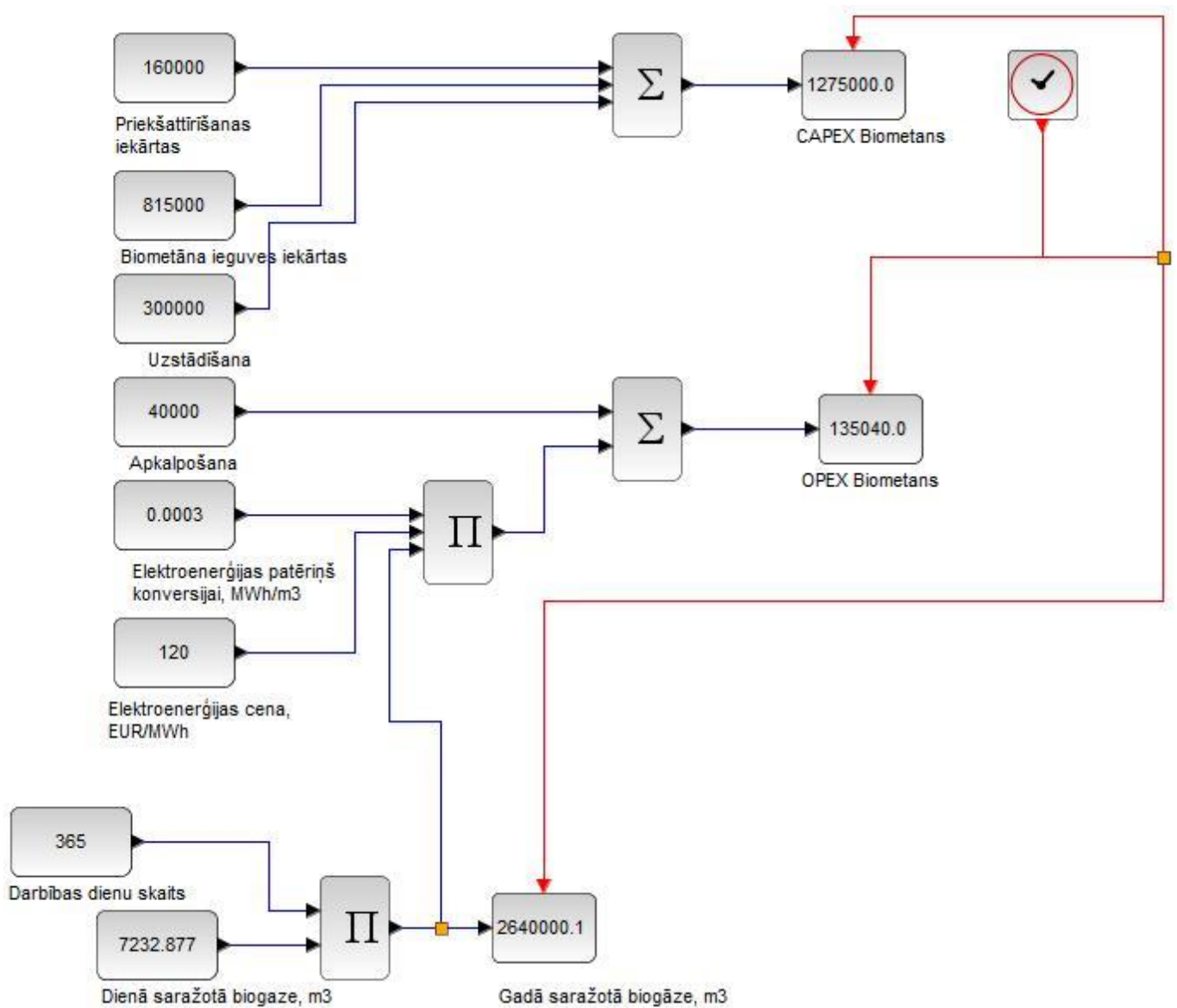
att. 6.1. Izejvielu modelis - bloks XCos vidē

Biogāzes ieguves CAPEX un OPEX modelis parādīts 6.1.attēlā. Tas nodrošina pamatdatu ieguvī tālākai modelēšanai. Reālo datu, piemēram, iekārtas darba dienu skaitu gadā, jāievada atbilstošajā blokā, un tiek veikts modeļa rezultātu pārrēķins.



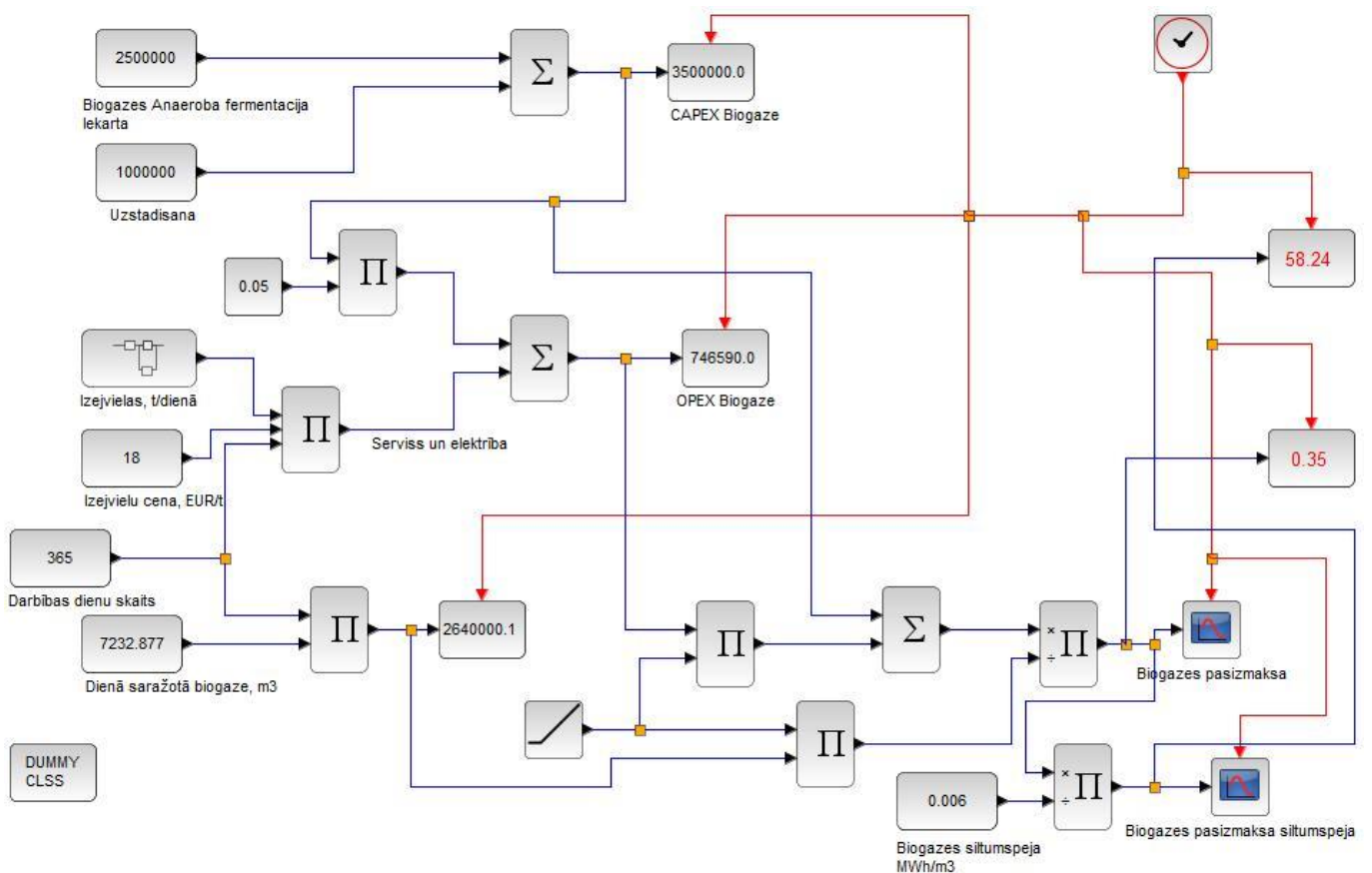
att. 6.2. Biogāzes ieguves CAPEX un OPEX izmaksu aprēķina modelis

Biometāna ieguves CAPEX un OPEX modelis parādīts 6.2.attēlā.



att. 6.3. Biometāna ieguves CAPEX un OPEX izmaksu aprēķina modelis

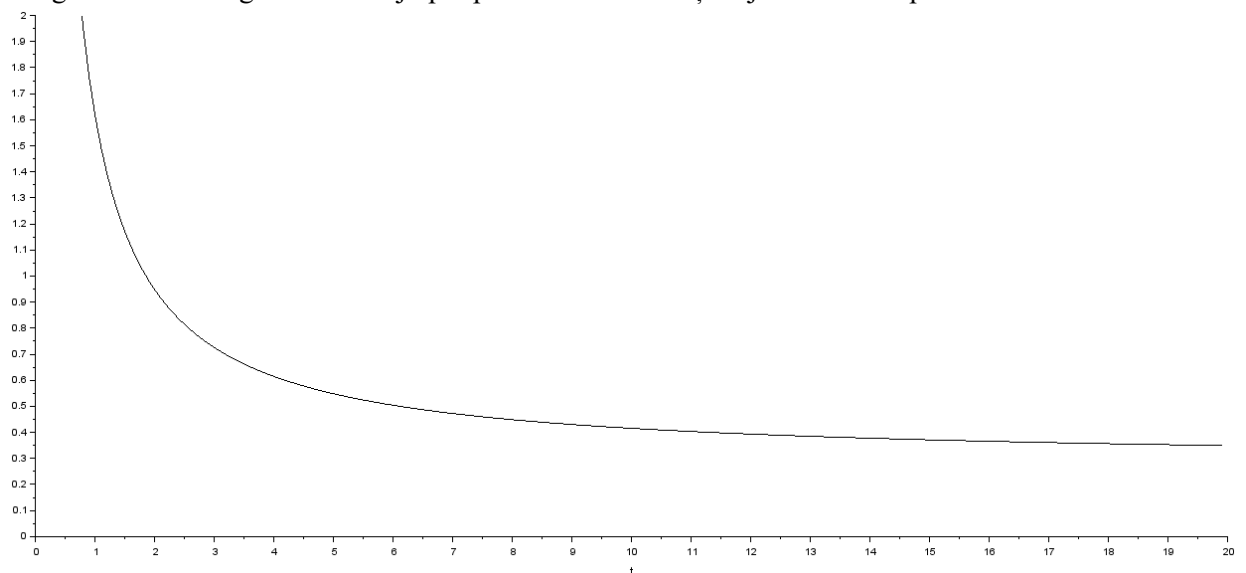
Lai varētu noteikt, kā iekārtu izmantošanas ilgums ietekmē biogāze un iegūtā biometāna pašizmaksu, tika izveidots dinamiskais modelis ar laika ierobežojumu 20 gadi (skat.6.3..att.). Šajā modelī iekļauts arī biogāzes pašizmaksas aprēķins, ņemot vērā tās siltumspēju.



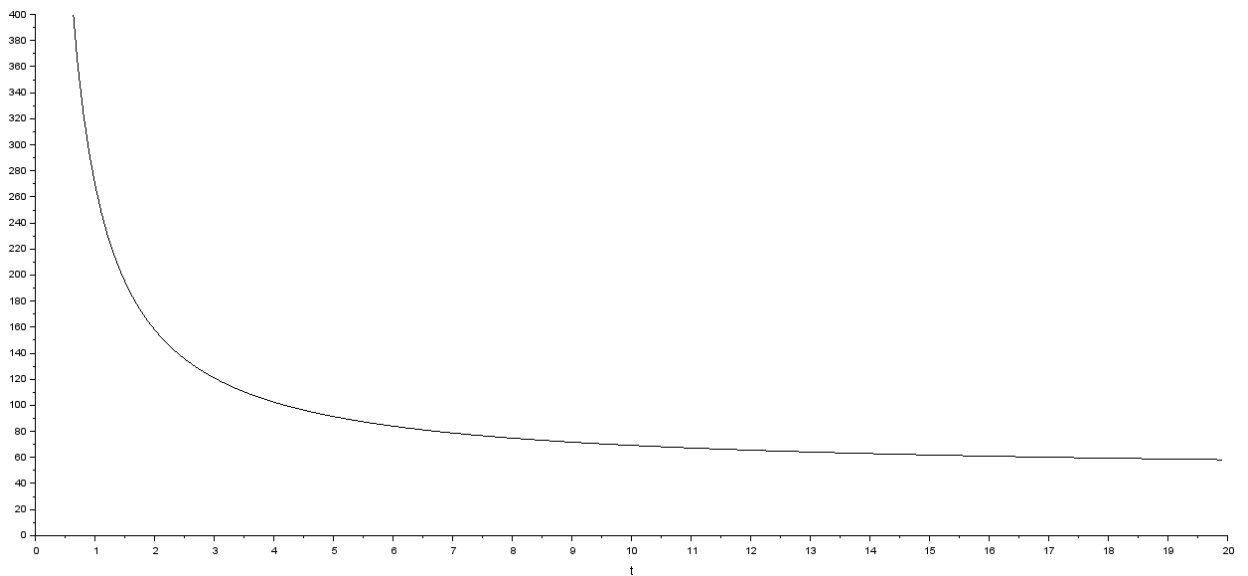
att. 6.4. Biogāzes pašizmaksu (pēc tilpuma un siltumspējas) aprēķina modelis

Kā redzams no modeļa izejas blokiem, ja izmantotās iekārtas tiek lietotas 20 gadu garumā, tad biogāzes pašizmaksa pie noteiktā ražošanas apjoma, elektroenerģijas un izejvielu cenām un patēriņa apjomiem ir 0,35EUR/m³ vai 58.24 EUR/MWh.

Grafiski biogāzes pašizmaksas izmaiņas iekārtu izmantošanas laikā parādītas 6.5.att un 6.6.att. No grafikiem var iegūt informāciju par pašizmaksas izmaiņām jebkurā laika posmā.

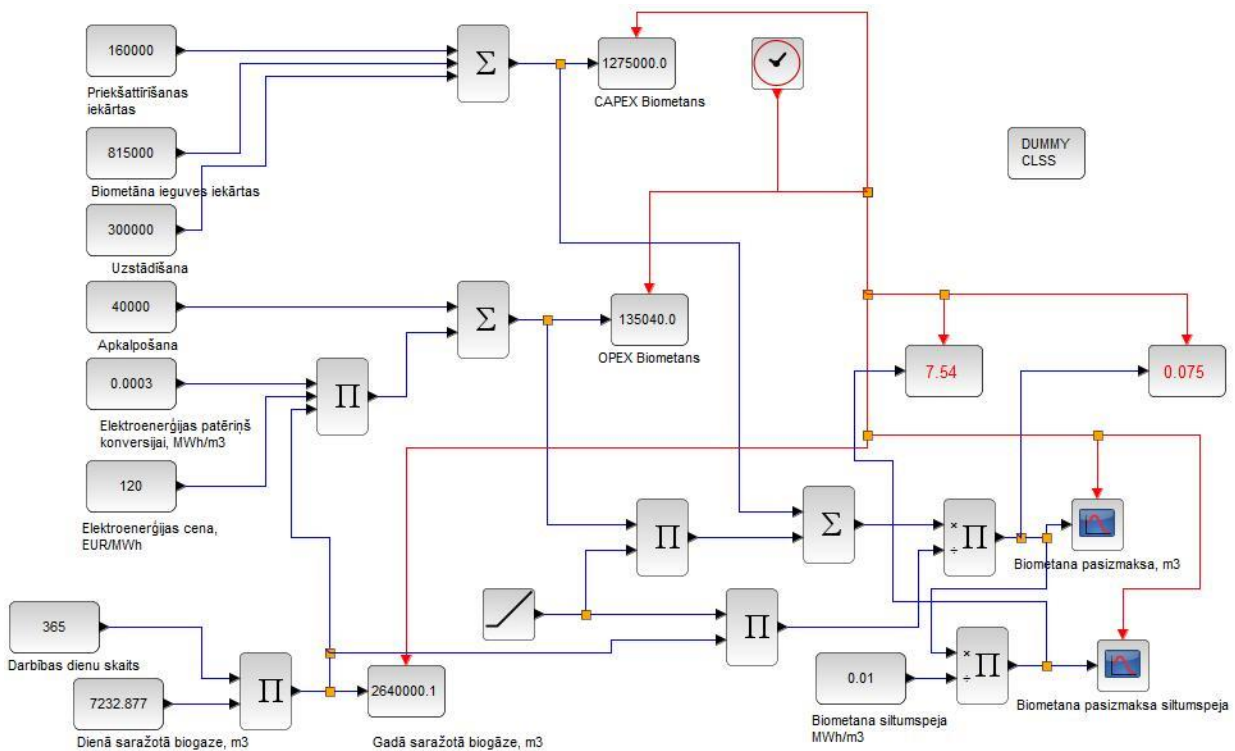


att. 6.5. Biogāzes pašizmaksas (pēc tilpuma) izmaiņas grafiks (EUR/m³ gadā)



att. 6.6. Biogāzes pašizmaksas (pēc siltumspējas) izmaiņas grafiks (EUR/MWh gadā)

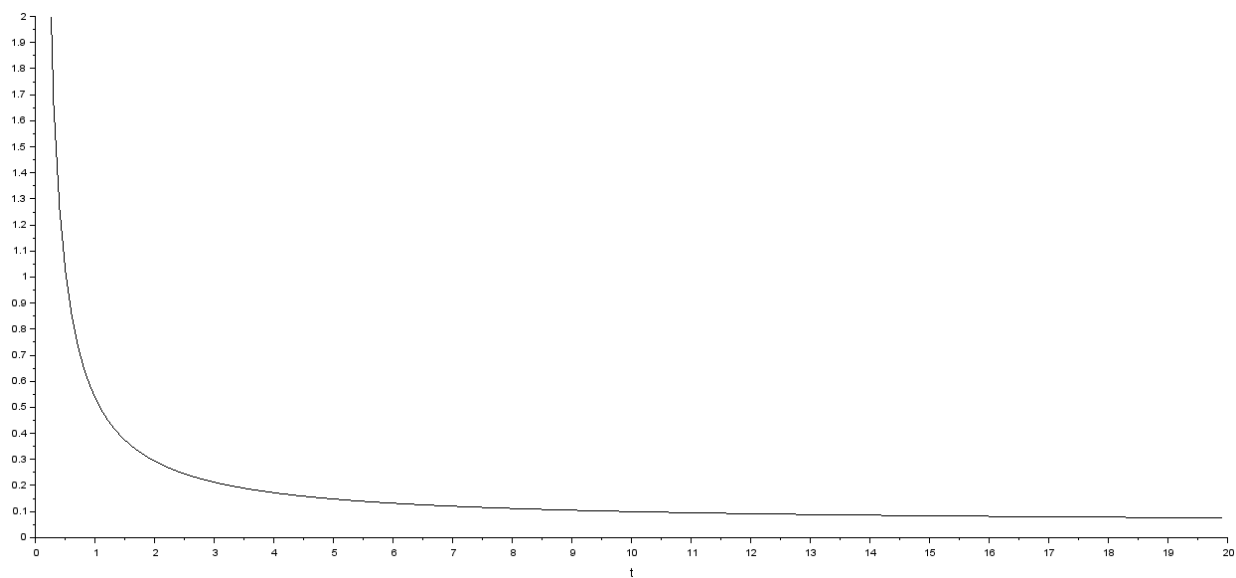
Līdzīgi izveidots arī biometāna ieguves (biogāzes attīrīšanas) matemātiskais modelis (6.7.att.)



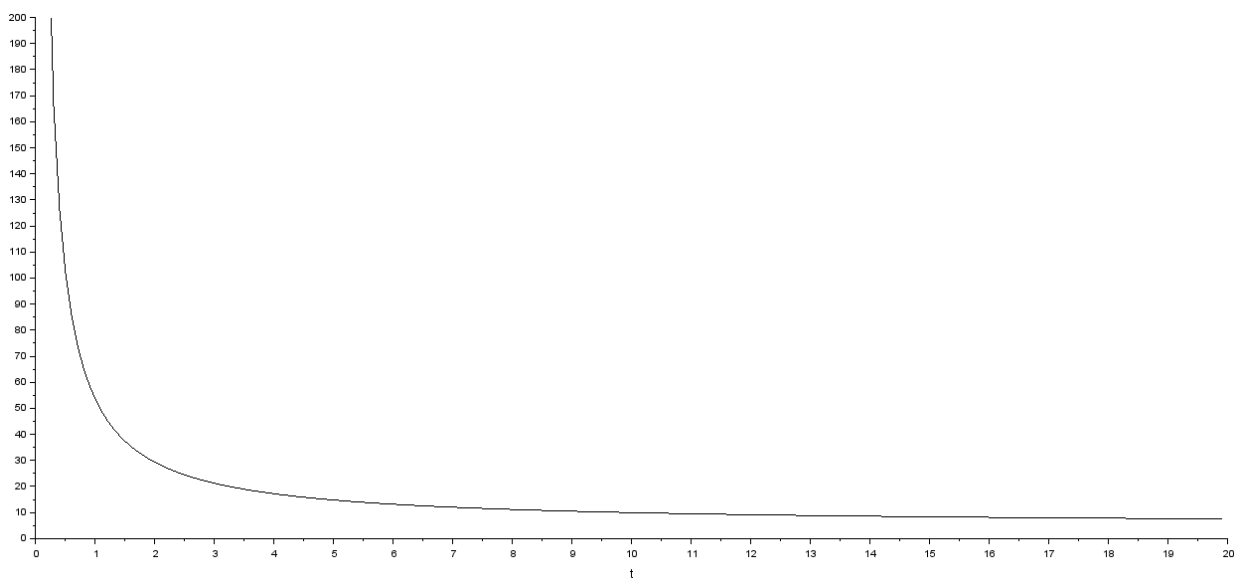
att. 6.7. Biometāna pašizmaksu (pēc tilpuma un siltumspējas) aprēķina modelis

Kā redzams no modeļa izejas blokiem, ja izmantotās iekārtas tiek lietotas 20 gadu garumā, tad biometāna pašizmaksa pie noteiktā ražošanas apjoma, elektroenerģijas un izejvielu cenām un patēriņa apjomiem ir 0,075EUR/m³ vai 7.54 EUR/MWh.

Grafiski biogāzes pašizmaksas izmaiņas iekārtu izmantošanas laikā parādītas 6.8.att un 6.9.att. No grafikiem var iegūt informāciju par pašizmaksas izmaiņām jebkurā laika posmā.



att. 6.8. Biometāna pašizmaksas (pēc tilpuma) izmaiņas grafiks (EUR/m³ gadā)



att. 6.9. Biometāna pašizmaksas (pēc siltumspējas) izmaiņas grafiks (EUR/MWh gadā)

7 Ražotāju piedāvājumi

Visiem augstākminētajiem iekārtu ražotājiem tika izsūtīti epasti ar uzaicinājumu atsūtīt tehnoloģiski ekonomiskos piedāvājumus SIA BioAuri biogāzes uzlabošanas un attīrīšanas veikšanai. Pētījuma laikā tika saņemtas epasta atbildes no četriem ražotājiem (EnviTec Biogas AG, Metacon, HyGear B.V., un Metener Oy, r apstiprinājumu, ka ziņa saņemta un tiek novirzīta uz atbilstošajiem departamentiem, bet noslēdzošais tehniski ekonomiskais piedāvājums tika saņemts no 2 – no HyGear B.V. (Arnhem, THE NETHERLANDS) – 1.pielikums, un no Metacon Oy, (Orebro, SWEDEN) – 2.pielikums.

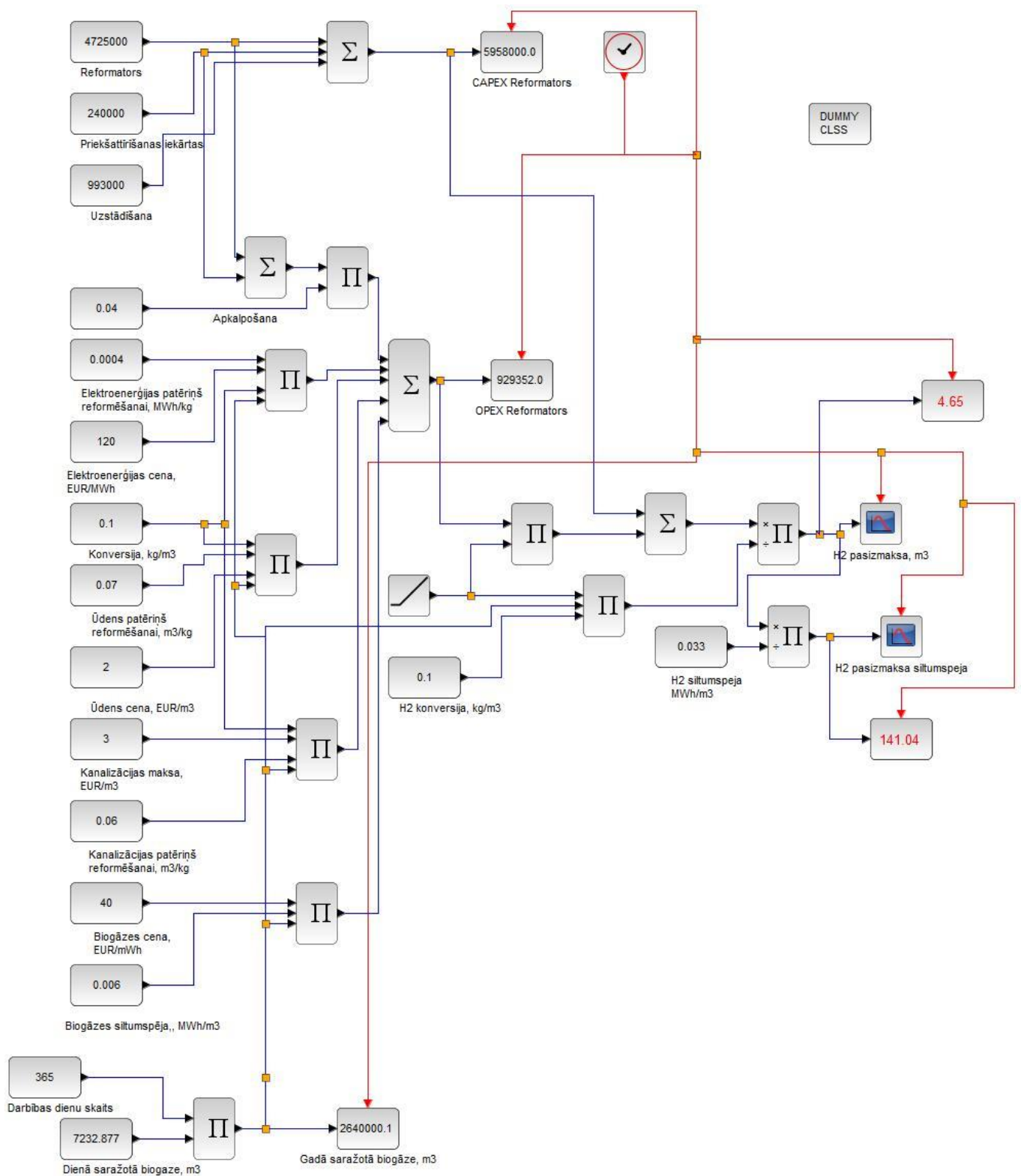
Saņemtā informācija par katru no piedāvājumiem tika ievietotas SciLab XCos modeļos, lai varētu veikt tehniski ekonomisko salīdzinājumu. Tajos tika iekļauta visas izmaksas, ieskaitot montāžu / vai montāžas uzraudzību, ieregulēšanu un procesu palaišanu, iekārtu piegādes un uzstādīšanas izmaksas (CAPEX), iekārtu tehniskās apkalpošanas un uzturēšanas izmaksas 20 gadu periodam (OPEX).

7.1 HyGear B.V piedāvājums

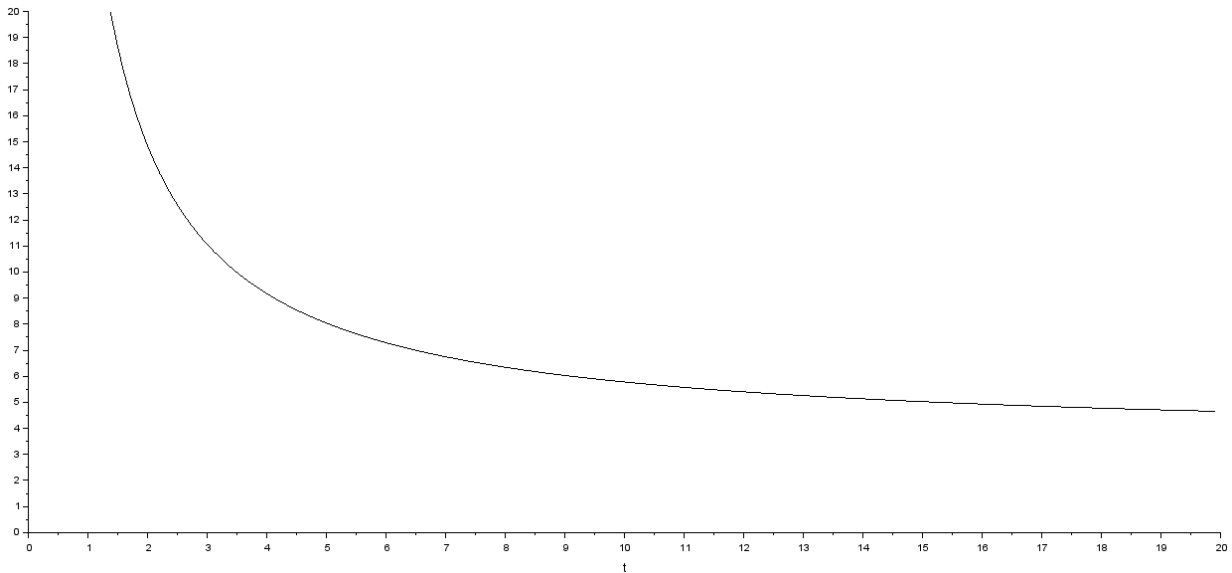
Kā pirmais tika izveidots uzņēmuma HyGear B.V. reformatora CAPEX un OPEX dinamiskais modelis (skat. 7.1. att.). Modelēšanas rezultāti grafiskā formā parādīti 7.2. att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc siltumspējas), un 7.3.att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc masas).

Kā rāda modelēšanas rezultāti, ūdeņraža pašizmaksa, lietojot HyGear reformatoru 20 gadu garumā, ir 4.65 EUR/kg, jeb 141 EUR/MWh.

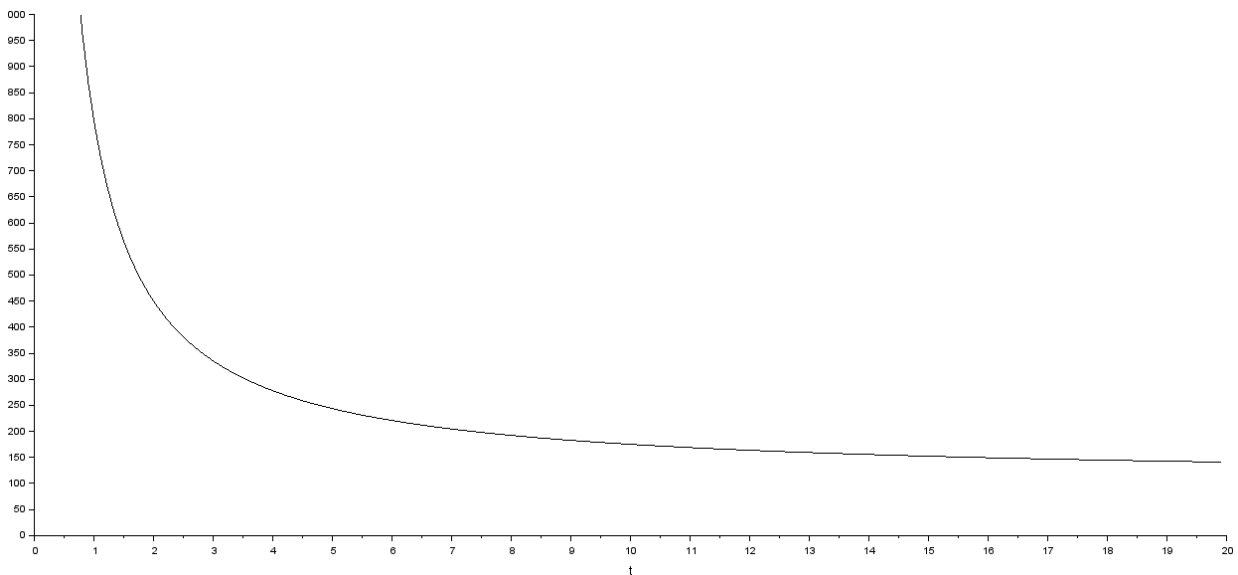
Grafiki rāda, ka būtiskas pašizmaksas samazinājums ir iekārtu izmantošanas sākumposmā – pirmo 5..7 gadu laikā, un turpmāk izmaksu samazinājums ir neliels.



att. 7.1. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora iekārtas darba laikā – 20 gadi max – HyGear B.V. piedāvājums



att. 7.2. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora darba laikā (tilpuma aprēķins, EUR/kg) – HyGear B.V. piedāvājums



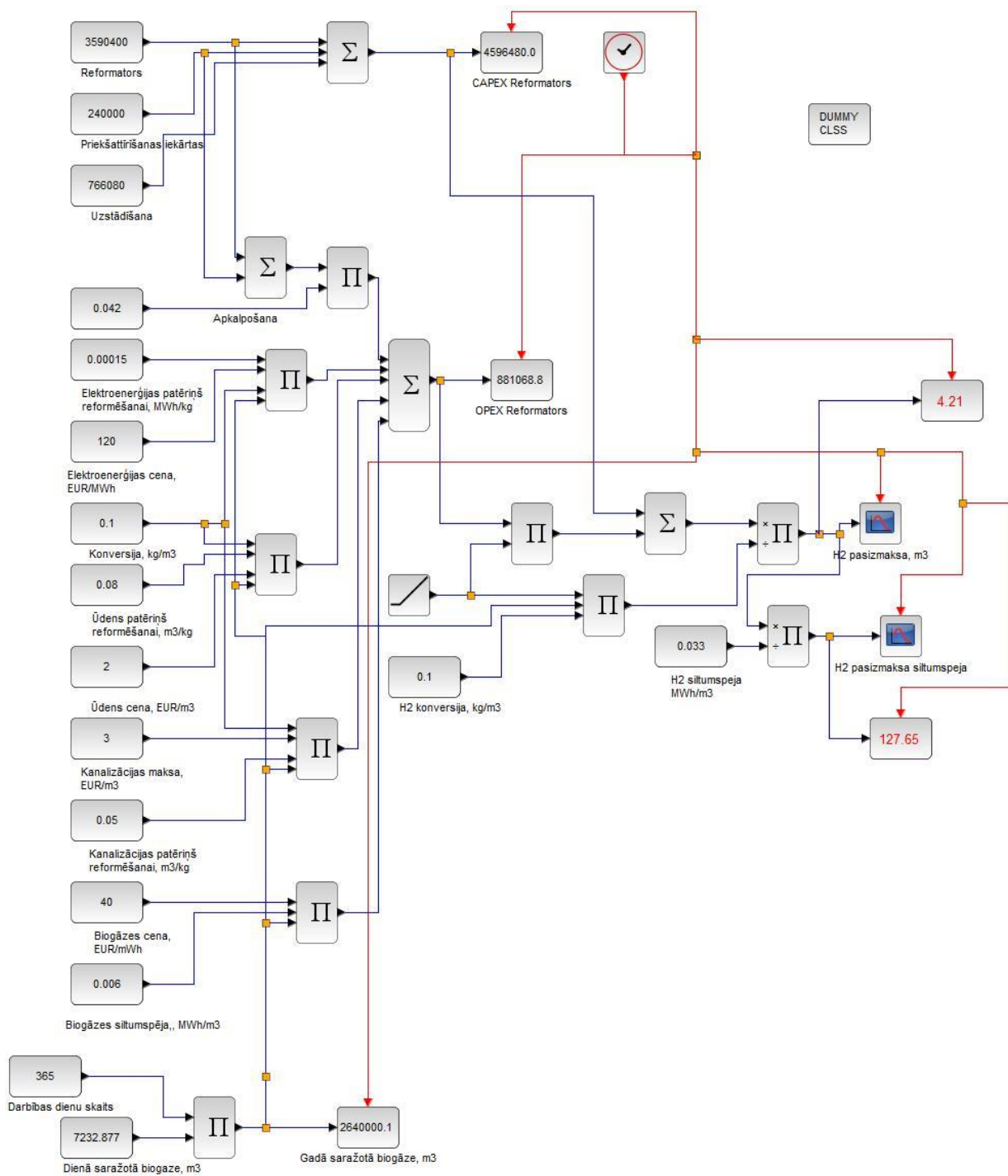
att. 7.3. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora darba laikā (siltumspējas aprēķins, EUR/MWh) – HyGear B.V. piedāvājums

7.2 Metacon Oy - Helbio piedāvājums

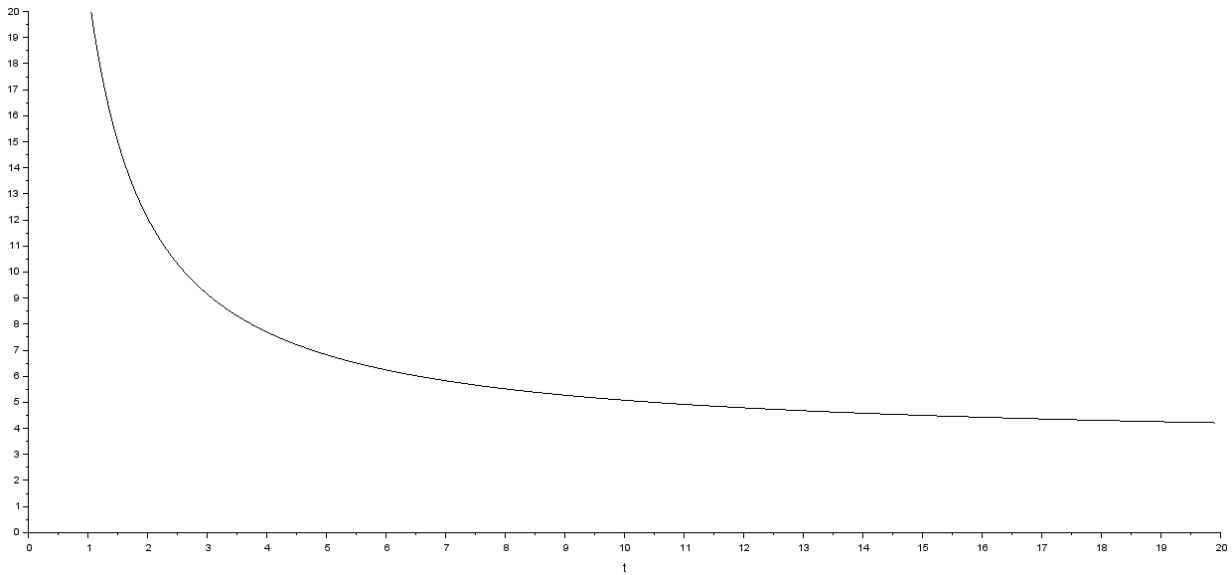
Turpinot modelēšanu, tika izveidots uzņēmuma Metacon Oy reformatora Helbio CAPEX un OPEX dinamiskais modelis (skat. 7.4. att.). Modelēšanas rezultāti grafiskā formā parādīti 7.5..att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc siltumspējas), un 7.6..att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc masas).

Kā rāda modelēšanas rezultāti, ūdeņraža pašizmaksas, lietojot Helbio reformatoru 20 gadu garumā, ir 4.21 EUR/kg, jeb 127,65 EUR/MWh.

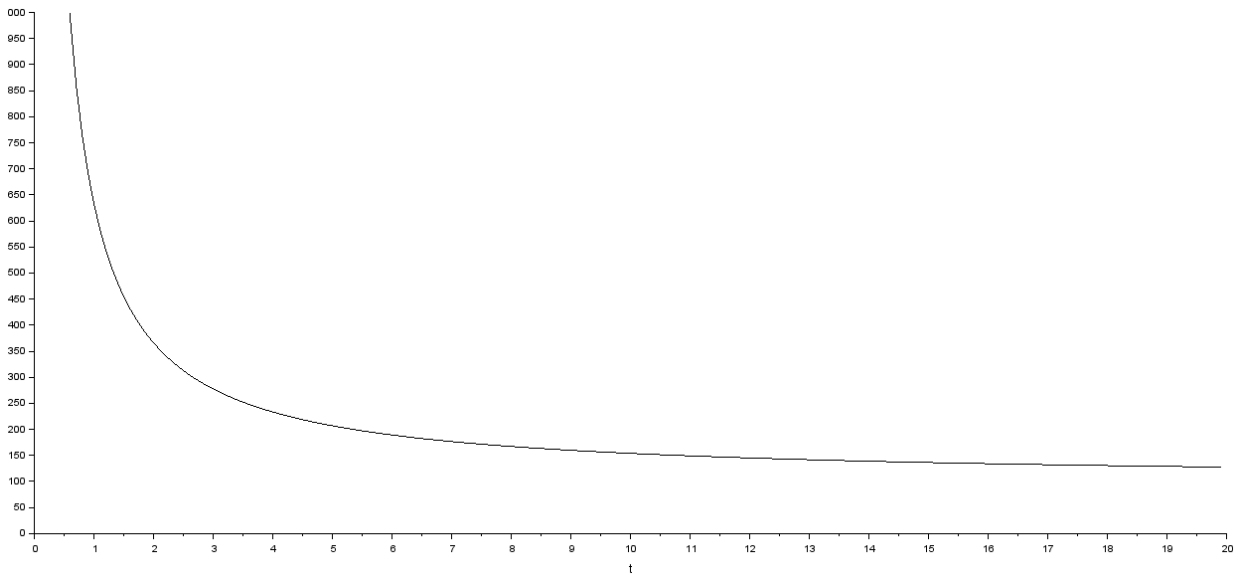
Grafiki rāda, ka būtiskas pašizmaksas samazinājums ir iekārtu izmantošanas sākumposmā – pirmo 5..7 gadu laikā, un turpmāk izmaksu samazinājums ir neliels.



att. 7.4. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora iekārtas darba laikā – 20 gadi max – Metacon Oy piedāvājums



att. 7.5. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora darba laikā (tilpuma aprēķins, EUR/kg) – Metacon Oy piedāvājums

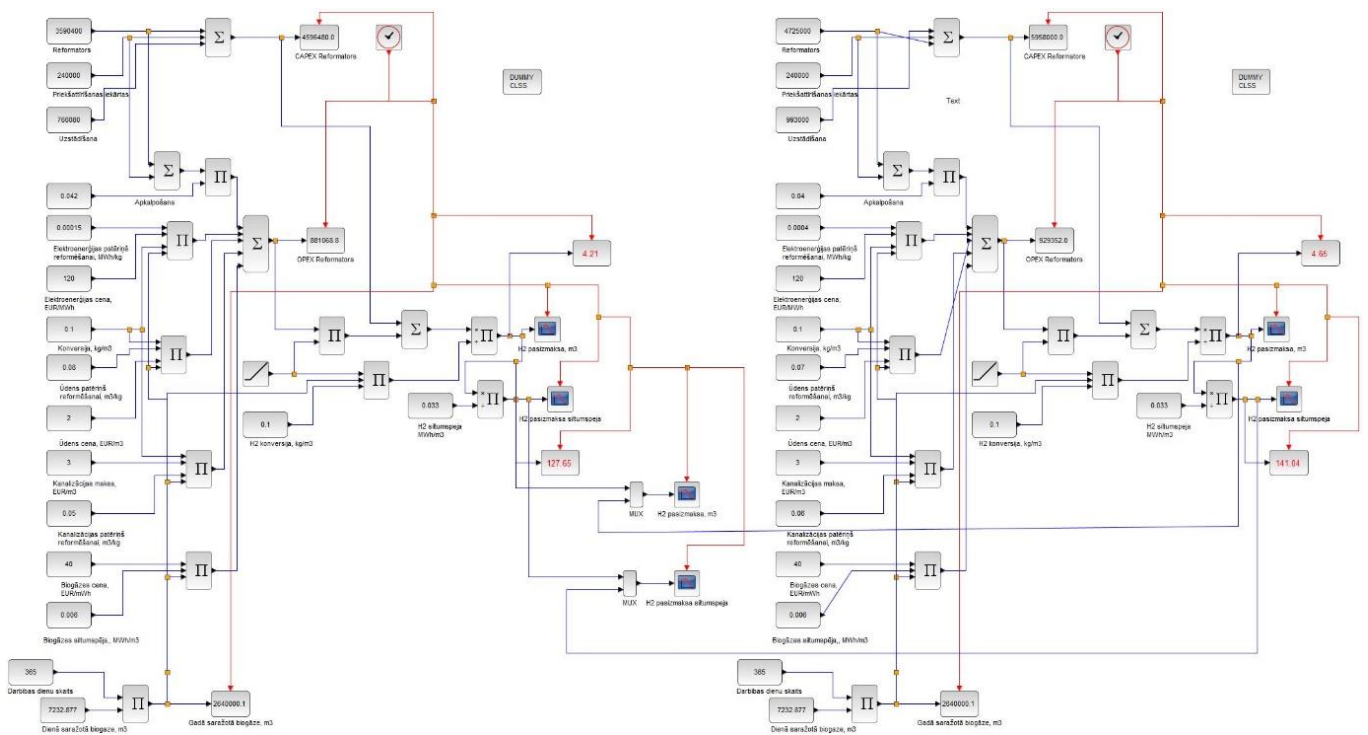


att. 7.6. Ūdeņraža ražošanas izmaksu izmaiņas reformatora darba laikā (siltumspējas aprēķins, EUR/MWh) – Metacon Oy piedāvājums

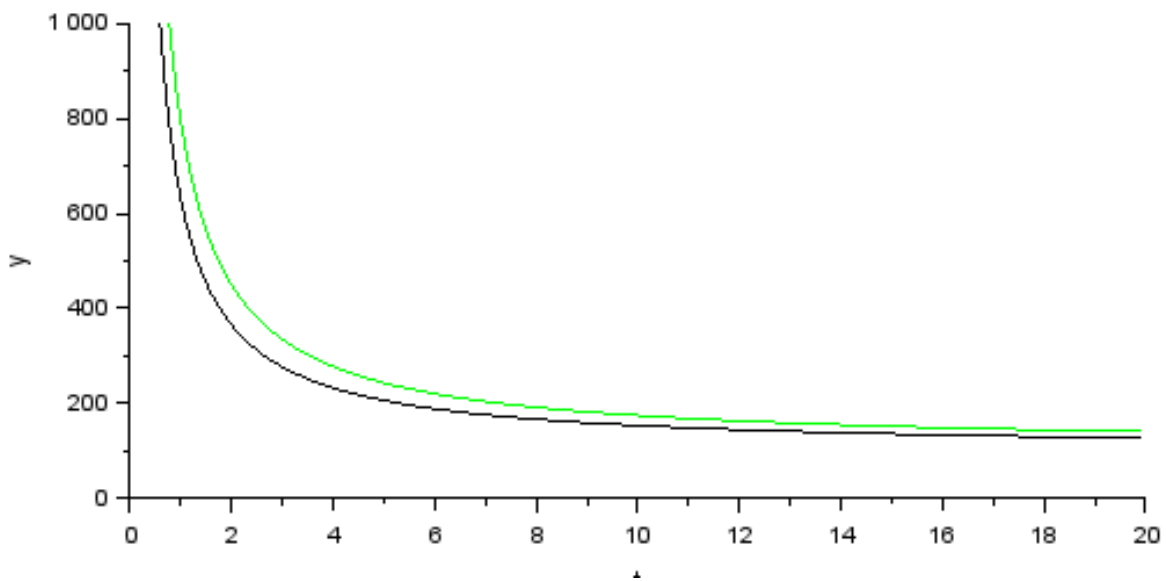
7.3 Piedāvājumu salīdzinājums

Piedāvājumu salīdzināšanai tikai izveidots apvienotais piedāvājumu CAPEX un OPEX dinamiskais modelis (skat. 7.6. att.). Modelēšanas rezultāti grafiskā formā parādīti 7.7. att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc siltumspējas), un 7.8.att. (ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc masas).

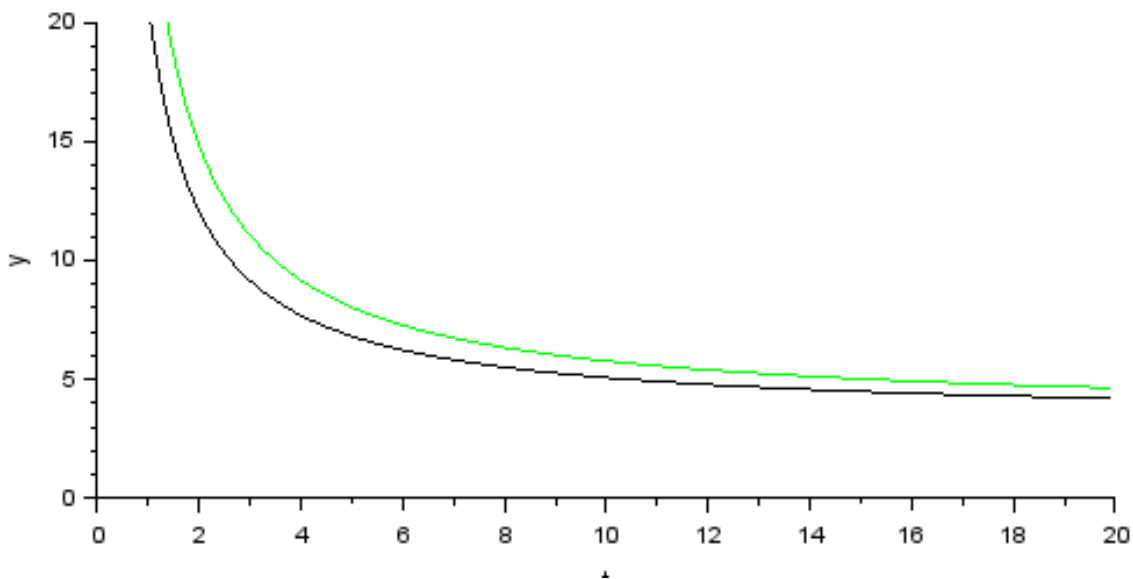
Kā rāda modelēšanas rezultāti, ūdeņraža pašizmaksas, lietojot Helbio reformatoru 20 gadu garumā, visā darbības periodā tā izmantošana ir ekonomiski izdevīgāka gan pēc iegūtās siltumspējas, gan ūdeņraža masas.



att. 7.7. Apvienotais ūdeņraža iekārtu piedāvājumu dinamiskais modelis – 20 gadu darba mūža modelēšana



att. 7.8. Apvienotais ūdeņraža iekārtu piedāvājumu izmaksu grafiks (zaļā līnija – HyGear B.V. piedāvājums, melnā līnija – Metacon Oy piedāvājums) - siltumspējas apēķins, EUR/MWh



att. 7.9. Apvienotais ūdeņraža iekārtu piedāvājumu izmaksu grafiks (zaļā līnija – HyGear B.V. piedāvājums, melnā līnija – Metacon Oy piedāvājums) - masas aprēķins, EUR/kg.

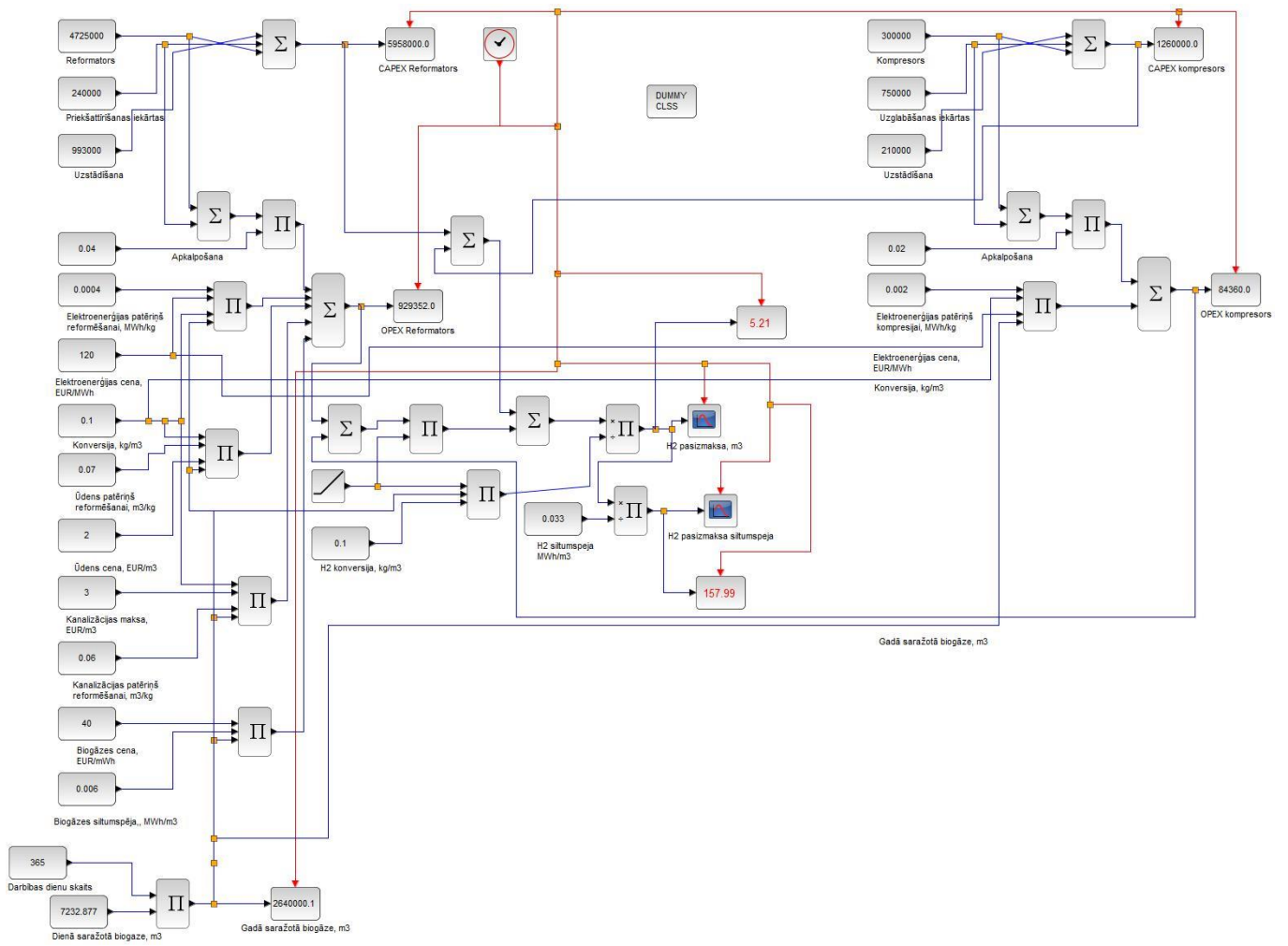
7.4 Kompresijas un uzglabāšanas iekārtu pievienošanas modelis

Papildus reformatora iegādei ir nepieciešams arī ūdeņraža kompresijas un uzglabāšanas iekārtu komplekts. Abos piedāvātajos variantos šis iekārtu komplekss neatšķiras. Šo iekārtu ietekmes izvērtēšanai tika izveidots arī šo iekārtu modelis, un tas tika ievietots abos modeļos.

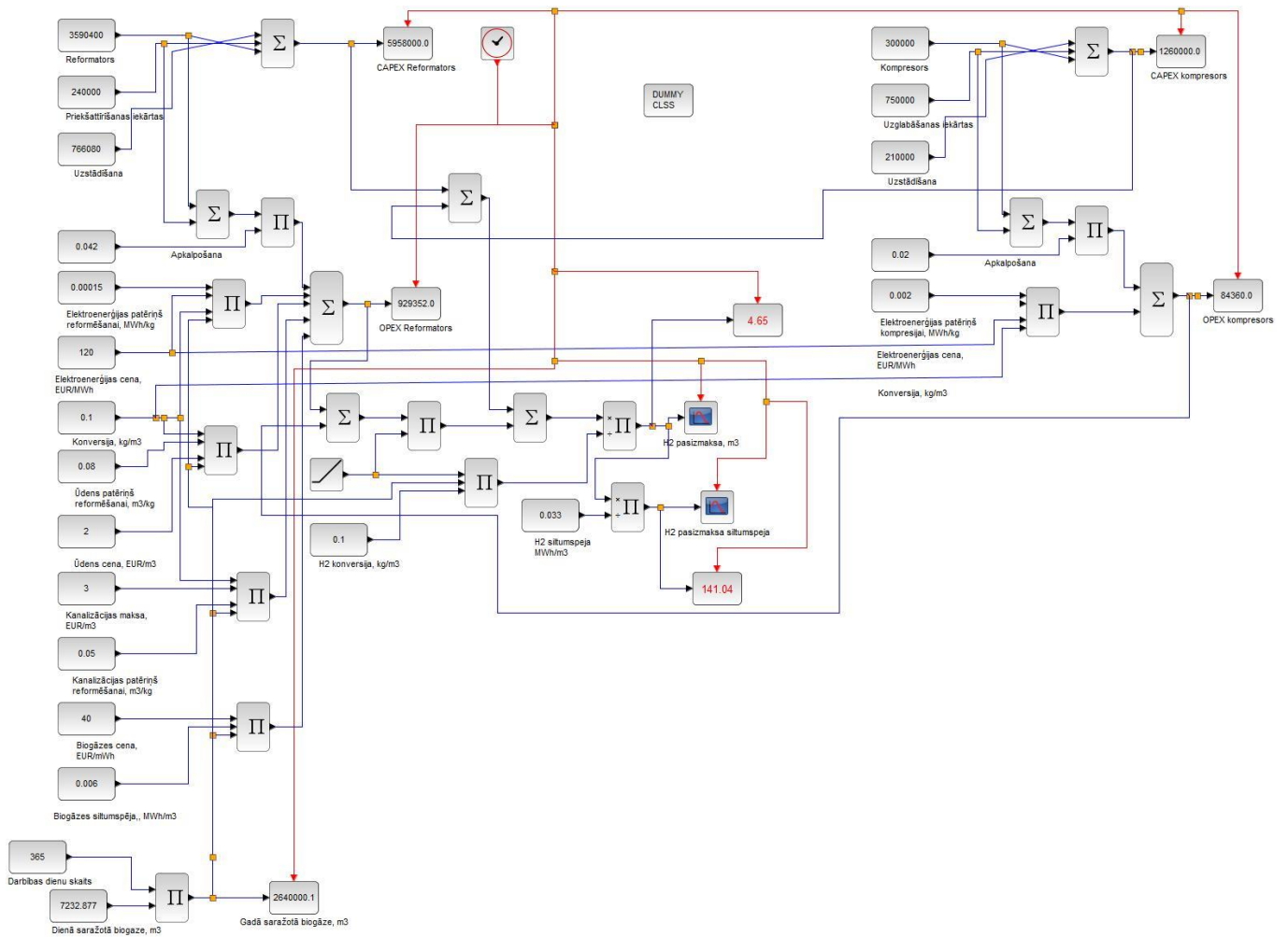
HyGear B.V. modelis ar pievienotu kompresora modeli ir parādīts 7.9. att., bet Metacon Oy modelis 7.10. att.

Attēlos redzami gan CAPEX, gan OPEX izmaksu apjomi gan atsevišķām reformatoru iekārtu grupām, gan kompresoru sistēmām.

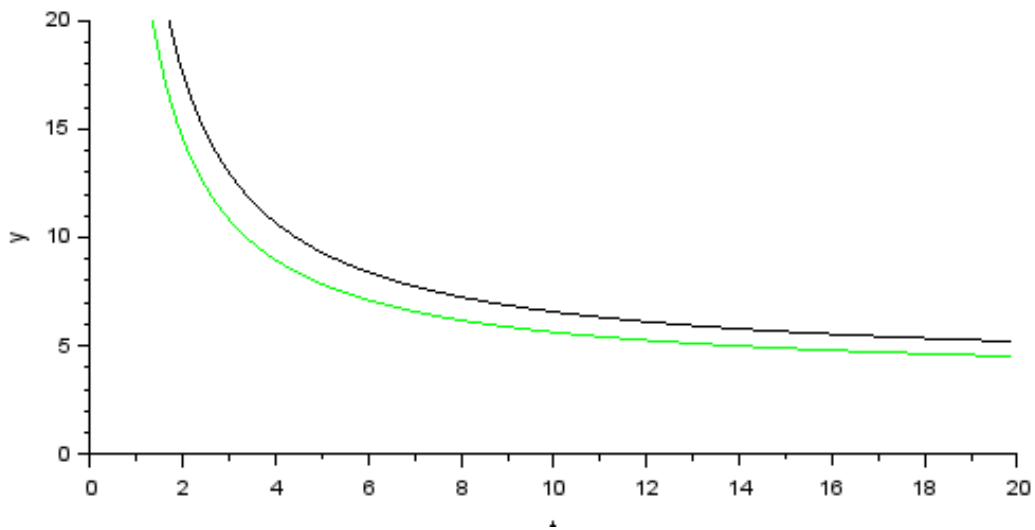
Modelēšanas rezultāti grafiskā formā parādīti 7.11.att. (summārā ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc siltumspējas), un 7.12.att. (summārā ūdeņraža pašizmaksas izmaiņas pēc masas).



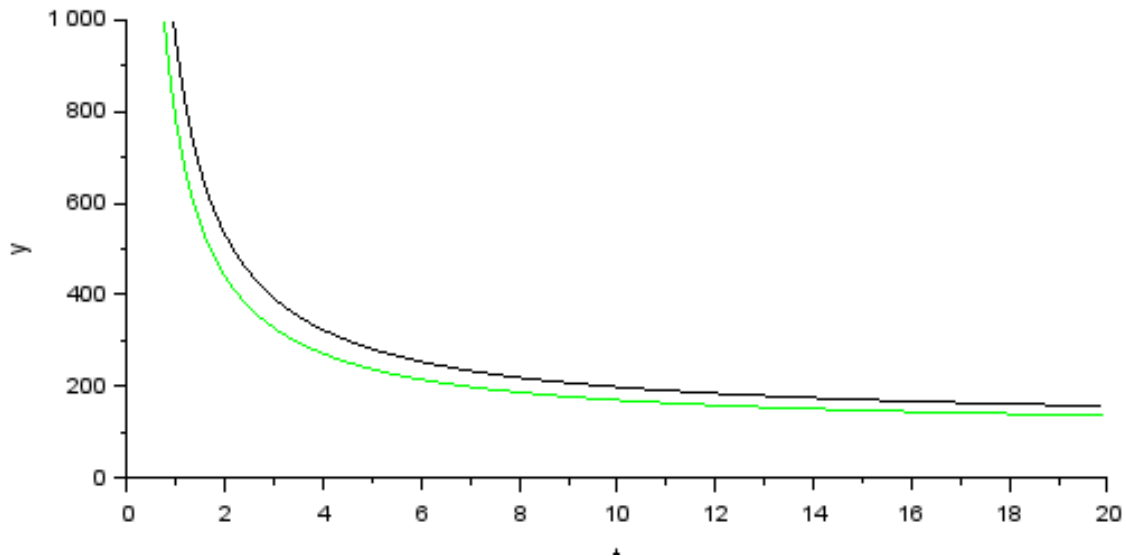
att. 7.10. HyGear B.V. modelis ar pievienotu kompresora modeli



att. 7.11. Metacon Oy Helbio modelis ar pievienotu kompresora modeli

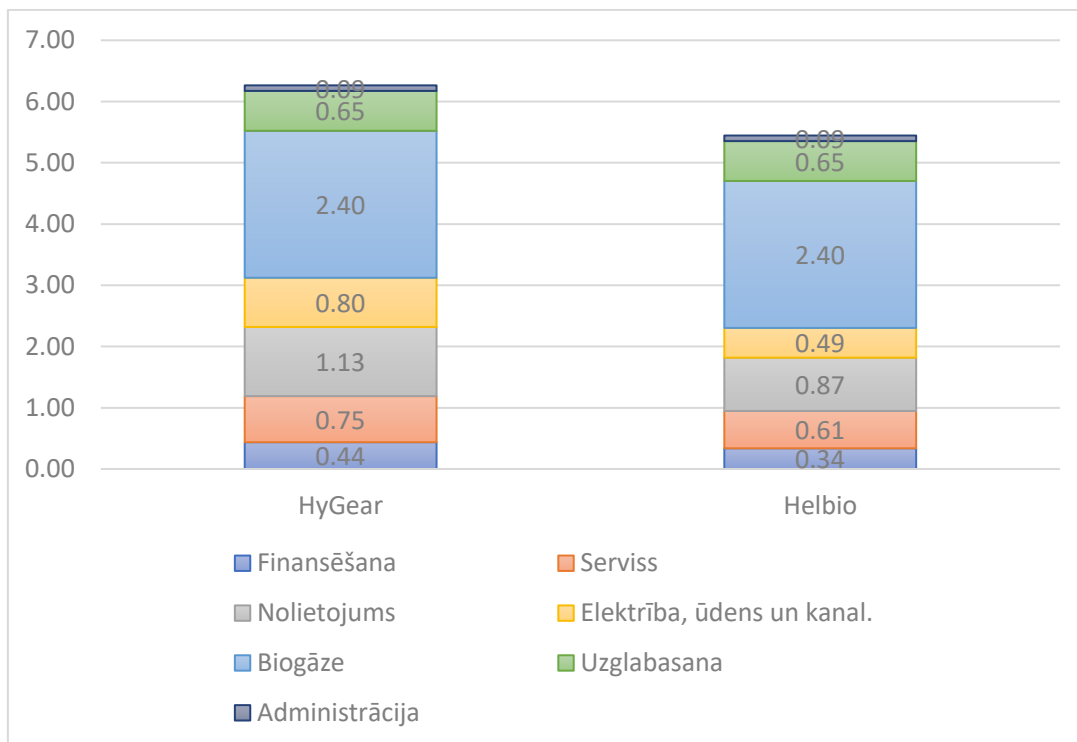


att. 7.12. Apvienotais ūdeņraža iekārtu piedāvājumu izmaksu grafiks, ievērtējot kompresoru (zaļā līnija – HyGear B.V. piedāvājums, melnā līnija – Metacon Oy piedāvājums) - masas aprēķins, EUR/kg.



att. 7.13. Apvienotais ūdeņraža iekārtu piedāvājumu izmaksu grafiks, ievērtējot kompresoru (zaļā līnija – HyGear B.V. piedāvājums, melnā līnija – Metacon Oy piedāvājums) - siltumspējas aprēķins, EUR/MWh

Turpmākā analīze, izvērtējot katra atsevišķa elementa ietekmi uz ūdeņraža pašizmaksu, rāda, ka Metacon Oy piedāvājums ir izdevīgāks (skat.7.14 .att.).



att. 7.14. Piedāvāto tehnisko risinājumu piedāvāto pašizmaksu salīdzinājums, EUR/kg

Šis noslēdzošais grafiks arī rāda, ka šībrīža tehnoloģiju attīstība un tirgus pieprasījums nosaka, ka ūdeņraža tirgus cenai ir jāpārsniedz 5.50-6.50 EUR/kg, lai tā ieguvei no biogāzes būtu ekonomiskais pamatojums.

8 Biometāna un ūdeņraža kā transporta degvielas risinājumu salīdzinājums

Elektrotransporta attīstību veicina fakts, ka elektroautomašīnas ir vienkāršākas un izturīgākas nekā tradicionālas iekšdedzes dzinēju darbināmas transportlīdzekļi. Elektroauto sastāv no ievērojami mazākas skaita komponentēm un detaļām, kas nozīmē augstāku uzticamību un mazākas izmaksas remontiem un uzturēšanai.

Jau pašlaik tiek ekspluatēti transportlīdzekļi, kur biometāns un ūdeņradis ir izmantots kā degviela: pasažieru automobiļi, pilsētu autobusi un mikroautobusi, kravas automobiļi. Šādu transportlīdzekļu veikspēja, nobraukums starp uzpildes reizēm un uzpildes biežums ir pielīdzināms attiecīgajiem parametriem transportlīdzekļos, kuros tiek izmantots benzīns un dīzeļdegviela. Taču atšķirībā no tiem ūdeņraža vai biometāna izmantošana samazina transportlīdzekļa radīto troksni un izmešus. Ūdeņraža un biometāna elektromobiļi (Fuel Cells Electric Vehicle) šodien nav nekāds zinātniskais eksperiments. Tie ir moderni transportlīdzekļi, kas tiek ražoti jau sērijveidā. Tuvākajos gados vislielākais ūdeņraža un biometāna elektromobiļu (FCEV) pielietojuma īpatsvara pieaugums ir sagaidāms ne tikai vieglā pasažieru transporta un komerctransportlīdzekļu ar pilnu masu līdz 3,5 t jomā, bet arī sabiedriskā transporta un dažādu pilsētu komunālo pakalpojumu nodrošināšanai, piemēram, kā ielu uzkopšanas un atkritumu savākšanas automobiļu segmentā (skat. 8.1. att.).



att. 8.1. Att. Kravas auto un atkritumu savākšanas auto ar ūdeņraža degvielas sistēmām.

Ūdeņraža elektromobilis (FCEV) - bezizmešu transportlīdzeklis, kam galvenais enerģijas avots ir ūdeņradis, kurš oksidējas ūdeņraža kurināmā elementā, radot elektrību piedziņas elektromotoru darbināšanai. Degvielas šūnu jeb ūdeņraža elektriskais transportlīdzeklis (skat. 8.2.att.).



att. 8.2. Kravas auto un atkritumu savākšanas auto ar biometāna degvielas sistēmām.

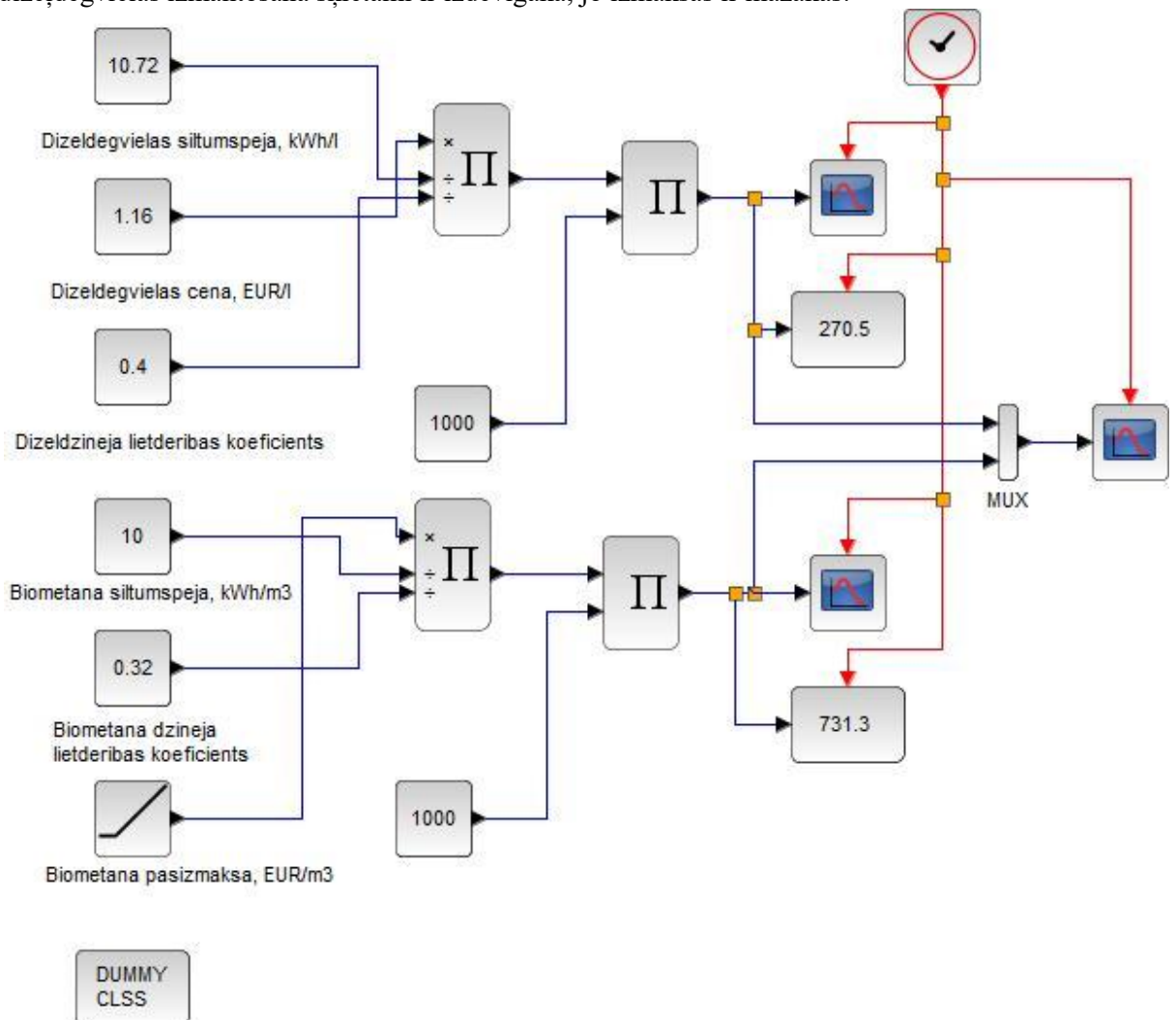
Savukārt biometāna ražošana un izmantošana varētu būt lielisks veids, kā arī Latvija spētu ekonomiski pamatoti iekļauties Eiropas Komisijas prasītajos 10% atjaunojamo degvielu īpatsvarā, kā arī varētu ražot paši savu degvielu. Biometāns varētu kļūt par otru Latvijas zaļo zeltu. Biometāns ir atjaunojamā gāze bez smakas un krāsas, kuru var iegūt, attīrot biogāzi. Šai gāzei ir tādas pašas īpašības kā fosilajai dabasgāzei, arī izmantotā infrastruktūra un iekārtas biometāna izmantošanai ir tādas pašas, turklāt abas gāzes var jaukt kopā (skat. 8.3.att.).



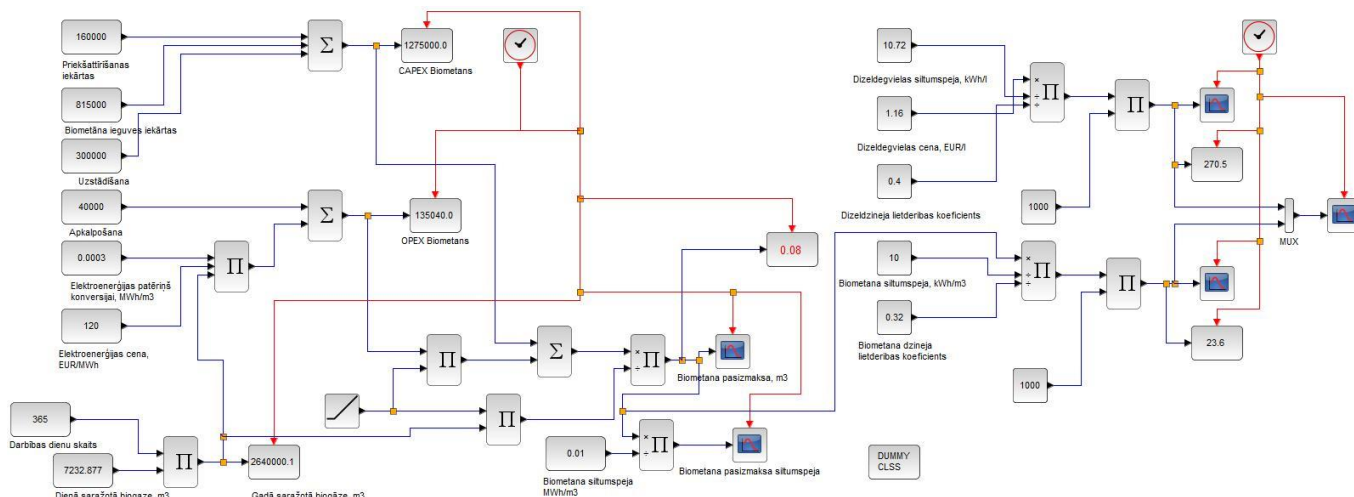
att. 8.3. Pilsētas autobuss (Ūdeņradis).

Ūdeņraža elektriskais autobuss (FCEV) – bezizmešu transportlīdzeklis, kura piedziņai izmanto elektroenerģiju, kas tiek iegūta, oksidējot kurināmā elementā ūdeņraža gāzi. Autobusi pasažieru pārvadāšanai ir pilsētas sabiedriskā transporta veids, kas tiek lietots pilsētas un piepilsētu pasažieru pārvadāšanai. Sabiedriskā transporta funkciju nodrošināšanai ir iespējams izmantot Zaļāku transportu vai nu biometāna, vai ūdeņraža elektroautobusus, kas spēj nodrošināt identisku funkcionalitāti, salīdzinot ar pašreiz izmantotajām sabiedriskā transporta vienībām. Ūdeņraža elektriskais autobuss (turpmāk tekstā – ūdeņraža elektriskais autobuss (FCEV)) ir būvēts tāpat kā standarta iekšdedzes dzinēja autobuss, kur ICE vietā atrodas viens vai vairāki elektrodzinēji, kas elektroenerģiju saņem no ūdeņraža kurināmā elementa, izmantojot ūdeņradi kā transporta degvielu.

Modelis dīzeļsistēmas un biometāna sistēmas izmantošanai transportā parādīts .att. Statiskā modelī dīzeļdegvielas izmantošana šķietami ir izdevīgāka, jo izmaksas ir mazākas.



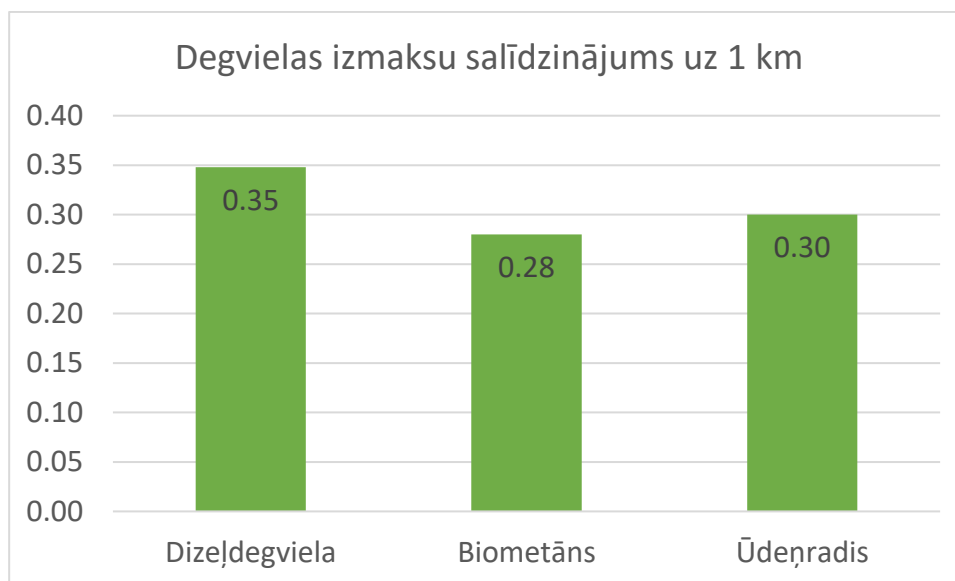
Tajā pašā laikā, apvienojot biometāna ieguves modeli un iepriekšminēto degvielu salīdzināšanas modeli (skat. 8.4.att.), rezultāti būtiski atšķiras.



att. 8.4. Apvienotais biometāna ieguves un degvielu salīdzināšanas modelis

Atbilstoši statistiskajā modelī tika salīdzinātas arī ūdeņraža, kā transporta degvielas, izmaksas uz kravas transportlīdzekļa nobrauktu kilometru.

Statistisko analīzes modeļu rezultātu salīdzinājums ūdeņradim un biometānam.



att. 8.5. Degvielu izmaksu salīdzinājums uz 1 km (EUR/Km)

Lai arī ir redzams, ka degvielas izdevumi uz kilometru biometāna gadījumā ir mazākie, ir būtiski veikt transportlīdzekļu visa dzīves cikla izmaksu analīzi, jo iekšdedzes dzinēja servisa izmaksas biometāna gadījumā būs augstākas par parasta dīzeļdegvielas dzinēja servisa izmaksām. Savukārt ūdeņraža elektriskā transportlīdzekļa servisa izmaksas būs būtiski zemākas par dīzeļdegvielas dzinēja servisa izmaksām.

SECINĀJUMI

- Pētījuma rezultāti apstiprina tehniskās iespējas SIA BioAuri biogāzes ražošanas sistēmas pārveidi gan biometāna, gan “zaļā” ūdeņraža ieguvei.
- Tirdzniecībā ir pieejams pietiekams iekārtu piedāvājums tehnoloģiskajiem risinājumiem.
- Pētījumā apskatītajiem piedāvājumu tehnoloģiskajiem risinājumiem nav būtisku atšķirību.
- Pētījumā apskatītajiem piedāvājumiem tehnoloģiskajiem risinājumiem būtisku neatšķiras ūdeņraža ražošanas izmaksu aprēķini.
- Gan ūdeņradis, gan biometāns ir konkurētspējīgas alternatīvas transportā
- Biometāna ražošanas kompleksa kapitālieguldījumi ir mazāki par ūdeņraža ražošanas kompleksa kapitālieguldījumiem, bet lēmumu par labu no kādām alternatīvām var pieņemt tikai saņemot apliecinājumu no potenciālā pircēja/patērētāja par apjomiem un cenu, kas nodrošinātu pietiekamu peļņu.
- Biogāzes un no tās iegūtā biometāna un ūdeņraža izmantošana Latvijas energoneatkarības un enerģētiskās drošības paaugstināšanā ir tehniski ekonomiski pierādītas iespējas.
- Latvijai ir pieejami ievērojami daudzumi biomasas un ūdens biogāzes ieguvei, kā galveno biometāna un ūdeņraža izejmateriālu ražošanai. Tas var apmierināt būtisku daļu no enerģijas vajadzībām, īpaši transporta degvielu jomā.
- Ieviešot biometāna un ūdeņraža degvielas šūnu hibrīdsistēmas, ir iespējams samazināt vides piesārņojumu un nodrošināt transporta enerģijas nodrošināšanu no vietējiem resursiem.
- Atjaunīgo energoresursu (biomasas, biogāzes) izmantošana ūdeņraža kā īslaicīga enerģijas uzkrāšanas starpnieka ieguvei ir pieņemams risinājums, kas var samazināt CO2 izmešus par ievērojamu daudzumu, lai novērstu tirgus svārstību un sezonālā radīto enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma nesakrītību.
- Pēdējo gadu laikā zinātniskie pētījumi ūdeņraža izmantošanā ir ievērojami pieauguši, un prognozējas jaunas un efektīvākas tehnoloģijas gan ūdeņraža ieguvei un uzkrāšanai, gan elektroenerģijas ieguvei no ūdeņraža un skābekļa reakcijas. Tas dod cerības uz turpmāku progresu šajā jomā.
- Zinātniskie pētījumi ūdeņraža izmantošanā ir intensificējušies pēdējos gados, tādēļ ir prognozējams, ka nākotnē tiks radītas jaunas un vēl efektīvākas iekārtas un tehnoloģijas, kas ļaus uzlabot ūdeņraža ieguvei, uzkrāšanu un elektroenerģijas ieguvei no ūdeņraža/skābekļa reakcijas.