



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

Nerijus Kiela

**KOGENERACINĖS SISTEMOS VALDYMO TECHNOLOGINIO
ALGORITMO SUKŪRIMAS
DESIGN OF CONTROL ALGORITHM TECHNOLOGICAL FOR
COGENERATION SYSTEM**

Magistro baigiamasis darbas

Elektros inžinerijos studijų kryptis

Elektros energetikos sistemų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62601T101

Elektros energetikos sistemų inžinerijos specializacija

Vilnius, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
prof. habil. dr. V. Kvedaras

(parašas)

2011 m. _____ mėn. ____ d.

Nerijus Kiela

**KOGENERACINĖS SISTEMOS VALDYMO TECHNOLOGINIO
ALGORITMO SUKŪRIMAS**
**DESIGN OF CONTROL ALGORITHM TECHNOLOGICAL FOR
COGENERATION SYSTEM**

Magistro baigiamasis darbas

Elektros inžinerijos studijų kryptis

Elektros energetikos sistemų inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62601T101

Elektros energetikos sistemų inžinerijos specializacija

Vadovas	prof. habil. dr. Saulius Balevičius	_____	_____
	(mokslinis vardas ir laipsnis, vardas, pavardė)	(parašas)	(data)
Konsultantas	doc.dr. Zofija Babickienė	_____	_____
	(mokslinis vardas ir laipsnis, vardas, pavardė)	(parašas)	(data)

TURINYS

1. ĮVADAS.....	5
1.1. Lietuvos energetikos apžvalga.....	5
1.2. Darbo uždaviniai.....	6
2. BIOMASĖS KOGENERACINĖS JĖGAINĖS APŽVALGA	8
2.1. Kogeneracinė jėgainė.....	8
2.2. Vidaus degimo variklis.....	11
2.3. Biudujos.....	14
2.4. Kogeneracinių jėgainių technologijos naudojant biudujas.....	16
2.4.1. Sąvartyno dujų utilizavimas.....	17
2.4.2. Nuotekų dujų utilizavimas.....	18
2.4.3. Medžio dujų deginimas.....	19
2.4.4. Biudujų deginimas.....	20
3. KOGENERATORIAUS JĖGAINĖS DARBAS.....	22
3.1. Bioreaktorius.....	22
3.2. Biudujų jėgainės modelis.....	25
3.3. Teoriniai biudujų ištekliai iš Lietuvos ūkių.....	26
3.4. Biudujos iš žaliosios masės.....	28
3.5. Kogeneracinės jėgainės darbo režimai.....	29
3.5.1. Degimo proceso reguliavimas.....	30
3.5.2. Apsukų skaičiaus reguliavimas.....	31
3.5.3. Galios reguliavimas.....	32
3.5.4. Autonominis reguliatorius (salos režimas).....	32
3.6. Biudujų jėgainės apibendrinimas.....	33
4. KOGENERACINĖS JĖGAINĖS PARINKIMAS.....	34
4.1. Kuro ūkis.....	35
4.2. Energetinis ūkis.....	37
4.3. Kogeneracinės jėgainės parinkimas pagal ūkį.....	39
4.4. Kogeneratorinės jėgainės darbo rodikliai.....	41
APIBENDRINIMAS. IŠVADOS.....	42
LITERATŪRA.....	43
PRIEDAI.....	45
1. priedas. Kogeneratoriaus darbo vizualizacija.....	45
2. priedas. Kogeneratoriaus galios vizualizacija.....	46
3. priedas. Pranešimo XIV-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje medžiaga.	47

1. ĮVADAS

1.1. Lietuvos energetikos apžvalga

Visuomenės gyvenimo lygis ir komfortas tiesiogiai susijęs su energijos šaltinių išnaudojimo laipsniu ir su tų energijos šaltinių įvairove. Energetikos istorija prasideda kartu su žmonijos istorija.

Mūsų protėviai ilgus šimtmečius naudojo šalia esančiais žemės, vandens ir miškų turtais, kad galėtų tenkinti savo poreikius nepažeidžiant aplinkos. Šios žmogaus – gamtos pusiausvyros nesugriovė, kol energijos ištekliai buvo naudojami tik būstui šildyti, maistui gaminti. Mechaniniam darbui buvo naudojami darbiniai gyvuliai, vėliau vandens ir vėjo malūnai. Pirminėje Lietuvos pramonėje ir žemės ūkyje garo katilus kūrendavo malkomis ir iš dalies durpėmis. Tik XIX a. pabaigoje pradėtas naudoti iškastinis kuras. Apšvietimui pradėta vartoti žibala, o XX a. pradžioje, atsiradus vidaus degimo varikliams pradėta naudoti kitus naftos produktus. Importuoti daugiau anglių ir naftos produktų (dyzelinių degalų, benzino, mazuto, tepalų) į Lietuvą pradėta po Pirmojo pasaulinio karo, kai prasidėjo naujų pramonės įmonių ir elektrinių statyba, transporto sistemos plėtra. Lietuvoje 1935 m. kuro naudojime dominavo vietinis kuras: malkos sudarė 66 %, akmens anglis - 24 %, durpės - 5 %, o naftos produktai teuzėmė - 5 procentus. Didžiausia energijos išteklių sunaudojimo dalis (69 %) teko namų ūkiui, pramonėje buvo suvartota 23 %, transporte - 8 procentai [1, 2].

Praūžus Antrojo pasaulinio karo audrai, Lietuvos energijos balanse dar gerą dešimtmetį dominavo kai kurie duomenys: 1955 m. vietinių energijos išteklių dalis apytikriai sudarė 55 %, akmens anglių - 28 %, naftos produktų - 17 %. Likusi dalis vietiniai energijos ištekliai: mediena, durpės ir jų briketai, įvairios atliekos ir hidroenergija. Apie 60 % viso kuro tuo metu buvo suvartojama pastatams šildyti ir maistui gaminti, apie 24 % - pramonėje, statyboje ir žemės ūkyje, o likusi dalis - transporte ir elektrinėse. Iki šeštojo dešimtmečio pabaigos pagrindinis elektrinių kuras buvo durpės. 1962-1965 m. pradėjus eksploatuoti pirmuosius keturis Lietuvos elektrinės blokus, labai didėjo importuojamo kuro (naftos produktų ir gamtinių dujų) poreikiai. 1965 m. beveik trečdalis viso šalies ūkio šakose sunaudoto kuro buvo sudeginta elektrinėse ir katilinėse.

Jau tuo metu šalies kuro balanse vyravo iš tolimų buvusios TSRS regionų importuotas kuras - naftos produktų, gamtinių dujų ir akmens anglių. Ši dalis Lietuvos kuro balanse sudarė daugiau kaip septyniasdešimt procentų. 1960 - 1989 m. formuojant energetiką, kurią šalis paveldėjo iš praeities, bendri energijos išteklių poreikiai padidėjo net penkis kartus. Tuo metu sparčiai didėjo importuojamo kuro apimtys. Pagrindiniu kuru tapo nafta ir jos produktai. Iki 1985 m. beveik visas kuro, suvartojamo pramonės įmonėse, elektrinėse ir katilinėse, poreikių prieaugis buvo kompensuojamas mazutu [1, 2].

1961 m. į Lietuvą buvo nutiestas dujotiekis, kuris pradėjo tiekti efektyvų kurą iš Dašavos (Ukraina) telkinių, o jiems išsekus – iš Vakarų Sibiro. Prie šalies dujų tiekimo sistemos pamažu buvo prijungti visi didžiausi šalies miestai, elektrinės, didieji šiltnamiai ir paukštynai. Tačiau gamtinių dujų importas sparčiau augo tik devintame dešimtmetyje [1, 2].

Šių dienų Lietuvos energetikoje daugiausia naudojamas iškastinis kuras (dujos, mazutas, orimulsija). Jau daugėja blokų naudojančių medžio drožles, pjuvenas ar šiaudus. Tad daugiausia energijos pagaminama šiluminėse elektrinėse. Jos būna kondensacinės arba termofikacinės.

Lietuvoje pagrindinės vandens jėgainės yra Kauno HE (hidroelektrinė) ir Kruonio HAE (hidroakumuliacinė). Vėjo jėgainės jau atsiranda Lietuvos pajūryje, bet bendrame elektros energijos galingume tokio tipo energetika užima labai mažai vietos.

Kogeneracinių jėgainių daugėjimą lemia Europos sąjungos parama, kuri skatina naudoti tokio tipo energetikos blokus, nes jie yra taupesni negu šiluminės elektrinės.

Atominė elektrinė taip pat yra šiluminė, tačiau joje energijos šaltinis yra ne naudingųjų iškasenų deginimas, bet suskaldyto atomo energija. Šiuo metu Lietuvoje atominė elektrinė yra sustabdyta ir tapo didžiausiu elektros energijos vartotoju. Naujos atominės elektrinės statymas kelia daug abejonių.

1.2. Darbo uždaviniai

Nagrinėjant energetikos ateities prioritetus, pirmenybė teikiama atsinaujinantiems energijos šaltiniams.

Pasaulyje atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimui skiriamas vis didesnis dėmesys. Tai sąlygoja šios pagrindinės priežastys – siekis didinti energijos tiekimo saugumą bei švelninti pavojingą klimato kaitą, susijusią su šiltnamio efektą skatinančių dujų emisijomis į atmosferą [3].

Iškastinio kuro ištekliai yra riboti ir labai netolygiai pasiskirstę. Vienos šalys turi didelius jų kiekius, o kitos priverstos importuoti kurą ir tokiu būdu tampa priklausomomis nuo kurą eksportuojančių valstybių. Atsinaujinantys energijos šaltiniai – biomasė, saulės, vėjo, geoterminė bei hidroenergija yra vietiniai energijos ištekliai, todėl jų naudojimas mažina kuro importo poreikį bei didina energijos tiekimo saugumą.

Naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius į atmosferą neišmetami arba išmetami ženkliai mažesni šiltnamio efektą sukeliančių dujų (pagrinde anglies dvideginio) kiekiai.

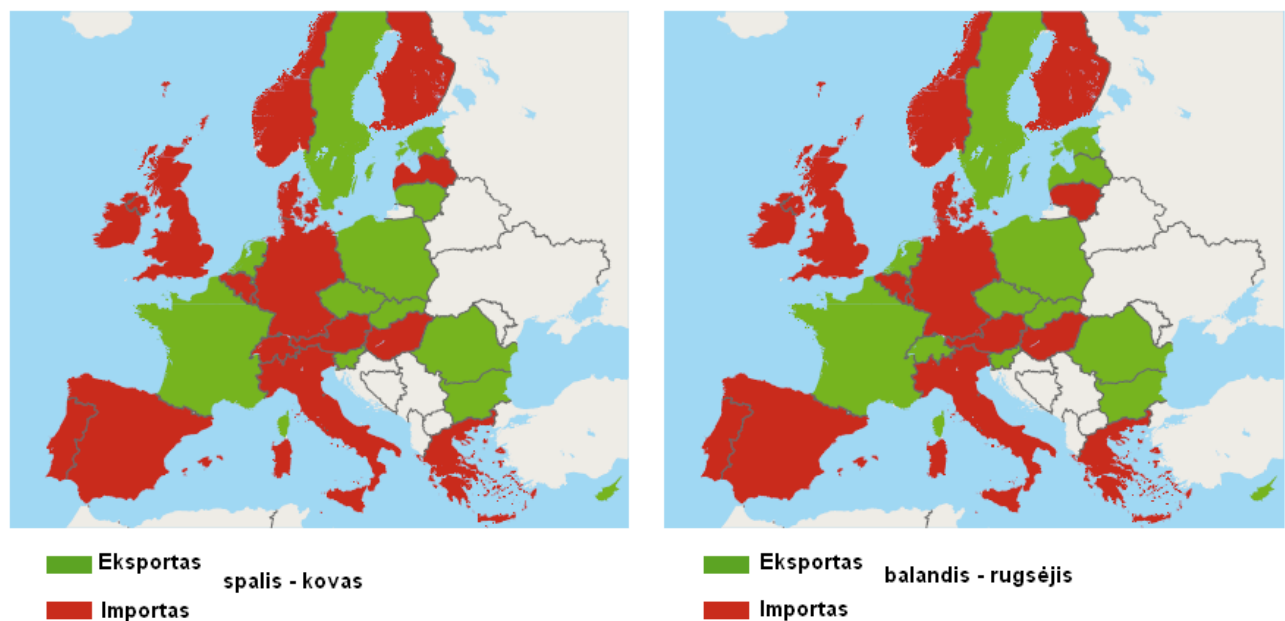
2010 m. daugiausia energijos buvo pagaminta hidroenergetikoje 342,1 TWh, vėjo jėgainėse 160,2 TWh, biomasės 103,1 TWh, saulės energetikoje 21 TWh [4, 8].

1.1 lentelė. Planuojama raida gaminant elektrą iš atsinaujinančių šaltinių 2010–2020m.

Energijos tipas	Generuota galia 2010 (TWh)	Generuota galia 2020 (TWh)	Dalis pagamintos energijos 2020 (%)	Pokytis 2010– 2020 (%)
Hidroenergija	342,1	364,7	32	7
Vėjo energija	160,2	465,8	40	191
Biomasės energija	103,1	203	18	97
Saulės energija	21	102	9	386
Kitos	6,5	16,4	1	152
Viso	632,9	1151,9	100	82

Hidroenergija Lietuvoje užima didžiausią dalį, bet jos tolesnis plėtimas yra mažas. Vėjo energetikai tinkamas tik pajūris, kur šiuo metu sparčiai daugėja vėjo jėgainių, bet šis potencialas greitai pasieks ribą. Saulės energetikoje Lietuva nėra labai patraukli dėl mažo saulės kiekio. Lietuvoje didžiausia potencialą turi biomasė, nes iš biomasės galima gaminti kietąjį (malkos, briketai, granulės), skystąjį (biodegalai) ir dujinį (biodujos) kurą.

Šiame darbe naudojamas kogeneratorius naudos biodujas, kurios gaunamos iš biomasės. Tokių energijos gavybos būdą paskatino naudoti energijos eksportavimo ir importavimo prognozės.

**1.1 pav.** Energijos importavimas ir eksportavimas pagal metų laikus

Bioduojoms gaminti tinka naudoti Lietuvoje auginamus augalus ar jų atliekas. Toks energijos gamybos būdas sumažintų energijos importavimą vasaros sezonu.

2. BIOMASĖS KOGENERACINĖS JĖGAINĖS APŽVALGA

2.1. Kogeneracinė jėgainė

Išsklaidytos generacijos ir kogeneracijos sąvokos atsirado praėjusio šimtmečio pabaigoje. Siekiant padidinti energetinių sistemų patikimumą, geriau išnaudoti resursus ir mažinti gamybos kaštus, į energetines sistemas buvo integruojamos nedidelės ir vidutinės galios elektrinės, kuriose elektros gamyba buvo kaip papildomas produktas, gaminant šiluminę energiją [5].

Brangstant energetiniams resursams, esamos centralizuoto šilumos tiekimo katilinės rekonstruojamos į kogeneracines jėgaines, o naujai statomos - projektuojamos tik tokiam gamybos ciklui. Tokiose katilinėse garas, atidirbęs turbinoje arba garo variklyje, naudojamas šilumai gaminti. Pagaminta elektros energija naudojama saviems poreikiams ir tiekama kitiems sistemos vartotojams. Priklausomai nuo naudojamos technologijos jėgainės bendras naudingumo koeficientas gali siekti 90 % ir daugiau. Palyginimui galima pasakyti, kad vidutinės galios nekogeneracinių jėgainių energetinio naudingumo koeficientas sudaro 30–50 %. Beje, 2010 metais numatyta apie 18 % elektros energijos pagaminti kogeneracinėse jėgainėse. Pasiekus numatytą rodiklį, dėl efektyvesnio pirminio kuro panaudojimo CO₂ emisija sumažės apie 65 mln. tonų per metus.

Dideliu akstiniu šiai technologijai plėstis yra atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas kogeneracinėse jėgainėse. ES direktyvose numatytos papildomos skatinimo priemonės energijai iš atsinaujinančių šaltinių gaminti – prioritetas prijungimas prie sistemos tinklo, administracinių procedūrų supaprastinimas, dotacijų suteikimas pastovių tarifų forma, mokesčių lengvatos, žalieji sertifikatai ir kita. Šiuo metu biomasės dalis bendrajame ES energetiniame balanse sudaro apie 5 %. Didžioji jos dalis sudeginama 5–30 MW galios jėgainėse. Tiesioginis biomasės deginimas ateityje bus ribojamas jos pasiūla ir resursais rinkoje. Šiuo metu jau jaučiamas medienos stygius baldų pramonėje. Deginamos pirminio medienos perdirbimo atliekos, o iš technologinių atliekų (pjuvenų, drožlių) gaminami briketai. Pastarųjų kaina siekia ne mažiau kaip 450 Lt/t, todėl jie nėra patrauklūs energijos gamintojams. Tačiau medienos perdirbimo įmonėse biomasę naudoti vidiniams energijos poreikiams tenkinti dar ilgai bus ekonomiškai naudinga, nes nereikia biomasės transportuoti ir utilizuoti atliekų [6].

Kad pirminis kuras būtų efektyviau panaudojamas, katilines reikėtų rekonstruoti ir įrengti kogeneracinį bloką. Kadangi nedidelės galios katiluose sunkiai pasiekiami aukšti technologinio garo parametrai, geresni rodikliai bus naudojant ne garo turbiną, bet stūmoklinį garo variklį. Modernūs garo varikliai dirba be darbinių cilindro paviršių tepimo, jų konstrukcija nesudėtinga, tokius variklius lengva prižiūrėti. Galių diapazonas gana platus – nuo 100 iki 1 000 kW. Garo poreikis iki 40 t/val. Pagrindinis garo variklio pranašumas yra galimybė dirbti apkrovų diapazone nuo 20 % iki 100 % su pastoviu didesniu kaip 50 % elektros energijos generavimo naudingumo koeficientu.

Energetiniuose iki 1 MW galios blokuose garo variklis garantuoja 2–5 % didesnį naudingumo koeficientą negu garo turbina. Atidirbęs garas panaudojamas šilumai gaminti. Pagaminta elektra ir šiluminė energija gali būti naudojamos ir saviems poreikiams tenkinti, ir realizuojamos. Asinchroniniai generatoriai tokiuose blokuose naudojami tik generuojamai galiai iki 100 kW. Autonominiam darbui skirtuose agregatuose paprastai montuojami sinchroniniai generatoriai.



2.1 pav. Kogeneracinė jėgainė

Žemės ūkio bendrovėse ir ūkiuose daugiau pranašumų turi kogeneraciniai blokai su vidaus degimo varikliais. Kaip kuras juose gali būti naudojama biodujos, biodyzelinas, rapsų aliejus. Šiluminė energija gaunama išnaudojant išmetamųjų dujų, aušinimo ir tepimo sistemose susidarančią šilumą. Visi atskirų kontūrų šilumokaičiai jungiami nuosekliai. Termofikacinio vandens parametrai tokio tipo jėgainėse yra mažesni negu klasikinėse katilinėse – paduodamo į šildymo sistemą vandens temperatūra 80–90 °C, grįžtančio iš sistemos – 70 °C. Tai lemia palyginti žema išmetamųjų dujų temperatūra ir būtina aukšta temperatūra variklio aušinimo bei tepimo kontūruose. Vienas iš svarbiausių tokių jėgainių pranašumų yra greitas paleidimas ir didelis eksploatacinių apkrovų diapazonas. Ją galima paleisti distanciniu būdu arba automatiškai. Techninės priežiūros intervalai ir eksploataciniai resursai gana dideli. Suprantama, kad efektyviausiai jėgainė dirbs visiškai sunaudojus ir generuotą elektros energiją, ir šilumą. Gegužės – rugsėjo mėnesiais, kai šilumos poreikis sistemoje tesudaro apie 10–20 %, efektyvus vieno bloko jėgainės darbas praktiškai neįmanomas. Tokiu atveju išeitis iš dalies gali būti kelių mažesnės galios blokų jėgainė arba pagamintos šilumos panaudojimas šaldymo ir kondicionavimo sistemoms produktų saugyklose.

Rinkoje yra gana didelis komplektinių jėgainių pasirinkimas. Nedideliame šiluminės ir elektrinės energijos poreikiui tenkinti naudojama vieno cilindro dyzelinis variklis. Vieno modulio elektrinės galia 3–7 kW, šiluminė galia: aušinimo kontūro – 6–14 kW, ventiliavimo – 2–4 kW, o bendras naudingumo koeficientas 80 %. Kuro sąnaudos, priklausomai nuo apkrovos, 1,3–2,9 l/val. Kurui gali būti naudojamas dyzelinas, biodyzelinas, aliejai, krosnių kuras. Tepalo keitimo intervalai kas 1 000 darbo valandų. Kas 8 000 darbo valandų reikėtų atlikti visišką variklio patikrą, ir, jei reikia, jį suremontuoti. Eksploatavimo temperatūra 15–30 °C. Kurui naudojant aliejų, kuro talpos temperatūra turi būti 10–15 °C. Priešingu atveju kurą teks pašildyti, o varikliui paleisti naudoti mineralinį dyzeliną. Modulis visiškai paruoštas prijungti prie šildymo ir elektros tiekimo sistemų su automatinio valdymo ir kontrolės įranga. Taigi perteklinė energija gali būti realizuota žemos įtampos paskirstomajame tinkle. Pageidaujant įrenginys gali būti komplektuojamas su 1 000 l talpos tūrinio vandens šildytuvu-akumuliatoriumi. Didesniam energijos poreikiui tenkinti 2–4 tokie blokai sujungiami dirbti lygiagrečiai. Jų skaičius priklauso nuo energijos poreikio objekte. Padidėjusiam šilumos poreikiui tenkinti piko metu galima naudoti skysto arba kieto kuro katilą. Šie kogeneraciniai blokai gali būti naudojami ir kaip rezervinio maitinimo šaltiniai gamybinuose objektuose. Norint naudoti tokius kogeneracinius blokus darbui energetiniame tinkle, būtina speciali valdymo ir apsaugos įranga bei sutartis su tinklo operatoriumi.

Didesnės galios blokuose įrengiami stacionarūs vidaus degimo varikliai su pritaikyta kuro tiekimo sistema, kuri optimizuoja paduodamo kuro kiekį priklausomai nuo kuro rūšies pagal degimo temperatūrą bei išmetamųjų dujų parametrus. Išmetamųjų dujų kanale montuojami oksidaciniai katalizatoriai ir kietųjų dalelių filtrai. Minėtiems parametrams kontroliuoti naudojami specialūs jutikliai variklio degimo kameroje ir išmetamųjų dujų kanale. Paprastai naudojami turbokompresoriniai varikliai. Jie dirba ekonomiškai, taršos emisijos nedidelės, tačiau daug sudėtingesnė valdymo ir apsaugos įranga. Praktiškai kogeneracinis blokas komplektuojamas pagal konkrečias pirkėjo pateiktas technines sąlygas. Gaminamos jėgainės gali būti 2 variantų – konteinerinės ir modulinės. Pirmuoju atveju visa įranga sumontuota specialiaame konteineryje, kuris prijungus prie elektros ir centralizuoto šilumos tiekimo tinklų, iš karto parengtas eksploatacijai. Blokiniam variante įranga paruošta montuoti gamybinių pastatų patalpose. Nedidelės galios jėgainės montuojamos gyvenamojo namo rūsyje arba pagalbinėse patalpose.

Kogeneracines jėgaines tikslinga įrengti ūkiuose, auginančiuose rapsus arba turinčius dideles gyvulių fermas. Pirmuoju atveju kurui panaudojamas valytas aliejus, o antruoju – biodujos. Nedideliame ūkyje visiškai pakaktų apie 30 kW elektrinės galios bloko. Jėgainės šiluminė galia siektų apie 50–55 kW. Vidutinės degalų sąnaudos kogeneraciniame cikle yra apie 0,215 kg/kWh augalinio aliejaus. Dirbant visa galia 8 500 val. per metus, degalų poreikis sudarys apie 55 tonas. Energijos gamybos savikainai mažinti tikslinga ūkyje įsirengti aliejaus spaudyklą su filtravimo įranga. Žemės ūkio inžinerijos institute parengta techninė dokumentacija tokiai aliejaus spaudyklai. Kad variklis patikimai dirbtų, aliejuje neturi būti didesnių kaip 1–2 μm mechaninių priemaišų. Ūkyje gaminamo aliejaus savikaina, įvertinus realizuotas išspaudas, sudarys apie 1,5–1,7 Lt/kg, o 1 l kaina, pridėjus 20 % pelną, – 1,8–2,04 Lt/l. Net ir atsižvelgiant į mažesnę aliejaus kaloringumą, didesnę jo sunaudojimą ir apie 5 % mažesnę variklio galią, išlaidos kurui palyginti su komerciniu dyzelinu bus mažesnės apie 40 %. Pagamintos šiluminės energijos savikaina sudarys apie 0,18 Lt/kWh, o elektros energijos supirkimo kaina 0,22 Lt/kWh. Taigi verta paskaičiuoti, ar geriau patiems gaminti šilumą ir elektros energiją, ar realizuoti produkciją ir pirkti elektros energiją bei kūrą.

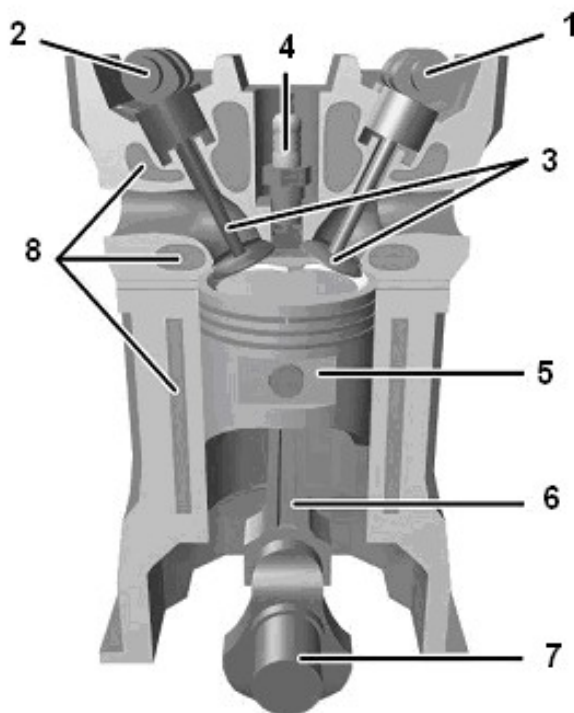
Biodujų panaudojimas kurui kogeneracinėse jėgainėse reikalauja daug didesnių investicijų bioreaktoriui ir dujų paruošimo įrangai. Dirbti su dujiniu kuru pritaikomi dyzeliniai varikliai. Įsiurbiamas oras maišomas su dujomis ir turbokompresoriumi teikiamas į cilindrą, o mišinys uždegamas, įpurškiant nedidelį kiekį dyzelino (fakelinis uždegimas). Tokias jėgaines tikslinga įrengti prie didelių fermų, kuriose sukaupiama daug žaliavos (nuotekų, kraiko, pašarų ir produkcijos perdirbimo atliekų) dujoms gaminti. Biodujų gamyba duoda dvigubą naudą – utilizuojamos gamybinės atliekos ir teršalai bei gaminama energija iš atsinaujinančių, aplinkos neteršiančių šaltinių.

2.2. Vidaus degimo variklis

Vidaus degimo varikliai – plačiai paplitusi ir puikiai pažįstama technologija, kurios elektrinė galia svyruoja nuo kelių kilovatų iki 5 MW. Vidaus degimo varikliai gali būti naudojami kogeneracinėse jėgainėse, kuriose be elektros energijos dar gaminamas karštas vanduo arba žemų parametrų garas. Vidaus degimo varikliuose elektra gaminama efektyviau nei dujų turbinose, tačiau labiau komplikotas atliekinės šilumos panaudojimas, nes ji pasiskirsčiusi tarp išmetamųjų dujų ir variklio aušinimo sistemos [8].

Egzistuoja du pagrindiniai vidaus degimo variklių tipai, tinkami elektros energijos gamybai: Otto ciklu paremti varikliai, kuriuose kuro ir oro mišinys uždegamas kibirkštimi, ir vadinamieji dyzeliniai varikliai, kuriuose kuro ir oro mišinys užsidega savaime dėl suspaudimo.

Daugumos vidaus degimo variklių veikimas pagrįstas keturiais taktais. Pirmasis taktas yra įsiurbimas: šio takto metu stūmoklis juda žemyn, atidaromas įleidimo vožtuvas ir į cilindrą įsiurbama oro ir kuro mišinio. Antrasis darbo taktas yra suspaudimas: šio etapo metu įleidimo ir išleidimo vožtuvai būna uždari, stūmoklis juda aukštyn, ir cilindre esantis darbo mišinys suspaudžiamas. Trečiasis taktas yra išsiplėtimas: šio takto metu cilindre baigia degti oro ir kuro mišinys, susidaro didelis slėgis, kurio veikiamas stūmoklis juda žemyn ir suka veleną. Ketvirtasis darbo taktas yra išmetimas: stūmokliui judant aukštyn per atsidariusį išmetimo vožtuvą pašalinamos atidirbusios dujos.



2.2 pav. Kibirkštinio stūmoklinio keturių taktų vidaus degimo variklio schema. Sudedamosios dalys: 1 – įleidimo velenas; 2 – išleidimo velenas; 3 – vožtuvai; 4 – žvakė; 5 – stūmoklis; 6 – švaistiklis; 7 – alkūninis velenas; 8 – aušinamojo skysčio ertmės

Dvitakčių vidaus degimo variklių yra du – suspaudimo ir išsiplėtimo taktai. Alkūninis velenas, kitaip nei veikiant keturtakčiam varikliui, apsisuka tik kartą per ciklą.

Pagal sūkių skaičių vidaus degimo varikliai dar klasifikuojami į didelio greičio, kai sūkių skaičius yra 1000–3600 sūk./min, vidutinio greičio, kai sūkių skaičius svyruoja nuo 275 iki 1000 sūk./min, ir lėti – nuo 58 iki 275 sūk./min.

Kogeneracinėse jėgainėse dažniausiai naudojami Otto ciklu veikiantys stūmokliniai vidaus degimo varikliai. Degimo metu kuro energija transformuojama į veleno mechaninį darbą ir šiluminę energiją. Velenas suka generatorių, o šis generuoja elektros energiją. Šiluminė energija gali būti paimama iš atidirbusių dujų ir (arba) nukreipiama nuo aušinančio variklio mazgo. Kaip jau buvo minėta, šiluminės energija dažniausiai gaunama karšto vandens arba žemų parametrų garo pavidalu.

Iš variklio aušinimo sistemos galima utilizuoti iki 30 % pradinės kuro energijos. Išmetamuose degimo produktuose lieka 10–30 % pradinės kuro energijos.

Kibirkštinio uždegimo varikliuose naudojamas dujinis arba greitai garuojantis skystasis kuras (benzinas, propanas, sąvartynų dujos, biodujos).

Dyzeliniuose varikliuose naudojamas nuo suspaudimo savaime užsidegantis kuras. Tačiau dyzeliniuose varikliuose taip pat gali būti naudojamas mišrus kuras, t. y. gamtinės dujos su nedideliu kiekiu dyzelinio kuro, kuris reikalingas kuro mišiniui užsidegti.

Vidaus degimo variklių efektyvumas priklauso nuo darbinių dujų suspaudimo laipsnio, variklio sūkių skaičiaus ir daugelio kitų veiksnių. Dyzelinių variklių elektros gamybos efektyvumas yra didesnis ir siekia 30–50 %, o kibirkštinio uždegimo variklių elektros gamybos efektyvumas svyruoja nuo 25 iki 45 % [8].

Bendrasis kogeneracinės jėgainės su vidaus degimo varikliu efektyvumas kinta nuo 70 % iki 80 %.

Svarbu atkreipti dėmesį į vidaus degimo variklio išmetamąsias dujas. Pagrindiniai į aplinką išmetami teršalai yra azoto oksidai (NO_x), anglies monoksidas (CO) ir lakieji organiniai junginiai. Kitų teršalų, pvz. sieros oksidų (SO_x) kietosios dalelės priklauso nuo naudojamos kuro rūšies. Sieros oksidų kiekį išmetamuosiuose dūmuose reikia mažinti pasirenkant nesieringą kurą. Kietosios dalelės išmetamos į aplinką, kada kuras yra peleningas ir jame yra metalų priemaišų. Kietosioms dalelėms sumažinti išmetamuosiuose dūmuose naudojami filtrai. Azoto oksidų ir anglies monoksido kiekiui išmetamuosiuose dūmuose sumažinti gali būti naudojama degimo žemoje temperatūroje technologija, katalizatoriai (juos naudojant padidėja eksploatacinės išlaidos) ar kita technologija.

Vidaus degimo varikliai turi daug judančių ir greit susidėvinčių dalių. Jų priežiūros sąnaudos nevienodos ir priklauso nuo vidaus degimo variklio tipo, alkūninio veleno sukimosi greičio, išvystomos elektrinės galios bei variklio cilindų skaičiaus. Paprastai į šio tipo sąnaudas įeina trumpalaikiai priežiūros darbai: variklio dalių pakeitimas ir papildomų medžiagų atnaujinimas, taip pat einamasis bei kapitalinis remontas.

Rekomenduojama kas 1 000 darbo valandų atlikti trumpalaikius priežiūros darbus (pakeisti tepalų ir oro filtrus, aušinamąjį skystį ir žvakes). Cilindro galvutes ir turbokompresoriaus remontą reikėtų atlikti kas 2 000–10 000 darbo valandų. Kas 20 000–40 000 darbo val. atliekamas kapitalinis remontas, kurio metu keičiamas stūmoklis ir žiedai, įvorės, alkūninio veleno guoliai ir tarpinės. Nors vidaus degimo variklių eksploatavimas reikalauja nuolatinės priežiūros, geriausiai įrenginio nusidėvėjimo laipsnį parodo variklio tepalo sudėties analizė.

Vidaus degimo *variklio pranašumai*:

- aukštas elektros gamybos efektyvumas, net ir dirbant dalinės apkrovos sąlygomis;
- greitas paleidimas;
- palyginti nedidelės montavimo išlaidos.

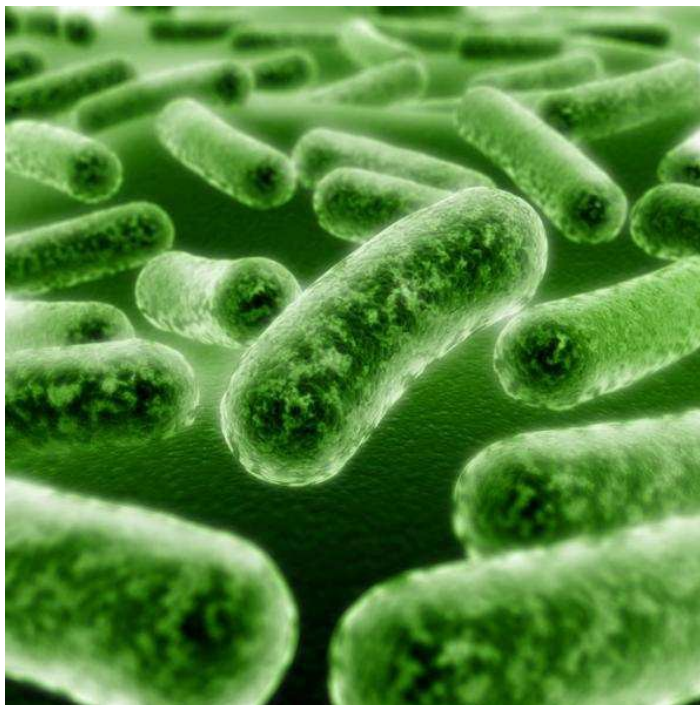
Trūkumai:

- aukštas triukšmo lygis;
- didelės priežiūros sąnaudos;
- reikalingas aušinimas.

Vidaus degimo varikliai puikiai tinka kogeneracinėse jėgainėse. Kadangi vidaus degimo variklį galima greitai paleisti ir gana lengvai keičiama apkrova. Jis gali būti naudojamas kaip rezervinis įrenginys arba įrenginys pikiniams poreikiams patenkinti. Vidaus degimo variklių galia gali būti didinama komplektuojant kelis įrenginius.

2.3. Biodujos

Viena iš labiausiai žemėje paplitusių gyvybės formų yra mikroorganizmai. Mikroorganizmai – tai smulkiausi, tik pro mikroskopą įžiūrimi, daugiausia vienaląsčiai gyvi sutvėrimai. Jiems priklauso bakterijos, virusai, aktinomicetai, mikroskopiniai grybai, dumbliai ir pirmuonys.



2.3 pav. Mikroorganizmai

Mikroorganizmų reikšmę sunku pervertinti dėl jų svaraus indėlio globaliniame medžiagų apykaitos procese. Gyvybinių funkcijų palaikymui, augimui ir dauginimuisi mikroorganizmai naudoja maisto medžiagas ir energiją. Maitindamiesi jie sugeba skaidyti visas gamtoje sutinkamas organines, o taip pat dalį neorganinių medžiagų, jas pasisavinti ir sintetinti naujus junginius. Šiuo požiūriu jiems neprilygsta jokia kita gyvybės forma žemėje. Milžiniška mikroorganizmų reikšmė formuojantis derlingam dirvožemio sluoksniui, susidarant naudingoms iškasenoms ir pan. Ypatingai svarbi jų veikla skaidant ir mineralizuojant organines gyvulinės ir augalinės kilmės atliekas. Energiją mikroorganizmai gauna kvėpavimo metu oksiduodami organinius junginius. Pagal kvėpavimo būdą mikroorganizmai skirstomi į aerobus, obligatinius anaerobus ir fakultatyvinius anaerobus. Aerobai kvėpuojamai medžiagai oksiduoti naudoja atmosferos deguonį. Anaerobai oksidacijai naudoja surištą organinių ar neorganinių junginių deguonį. Oro deguonis jiems ne tik nereikalingas, bet yra žalingas ir stabdo jų gyvybinę veiklą. Fakultatyviniai anaerobai sugeba prisitaikyti prie esamų aplinkos sąlygų ir gali gyventi ir daugintis kvėpuodami aerobiškai kai aplinkoje yra deguonies arba anaerobiškai – kai aplinkoje nėra deguonies [12].

Organinių medžiagų skaidymo anaerobinėse sąlygose procesas (toliau tekste – anaerobinis procesas), kurio metu išsiskiria biudujos, gamtoje vyksta nuo neatmenamų laikų. Charakteringu pavyzdžiu galima nurodyti pelkių dujų susidarymą. Vienų mikroorganizmų veiklos rezultate susidariusios medžiagos tarnauja maistu kitiems mikroorganizmams. Taigi organinių medžiagų skaidyme dalyvauja ištisos bendrijos įvairiausių tarpusavyje organiškai susijusių mikroorganizmų.

Pastaruoju metu manoma, kad anaerobinis procesas vyksta trimis etapais.

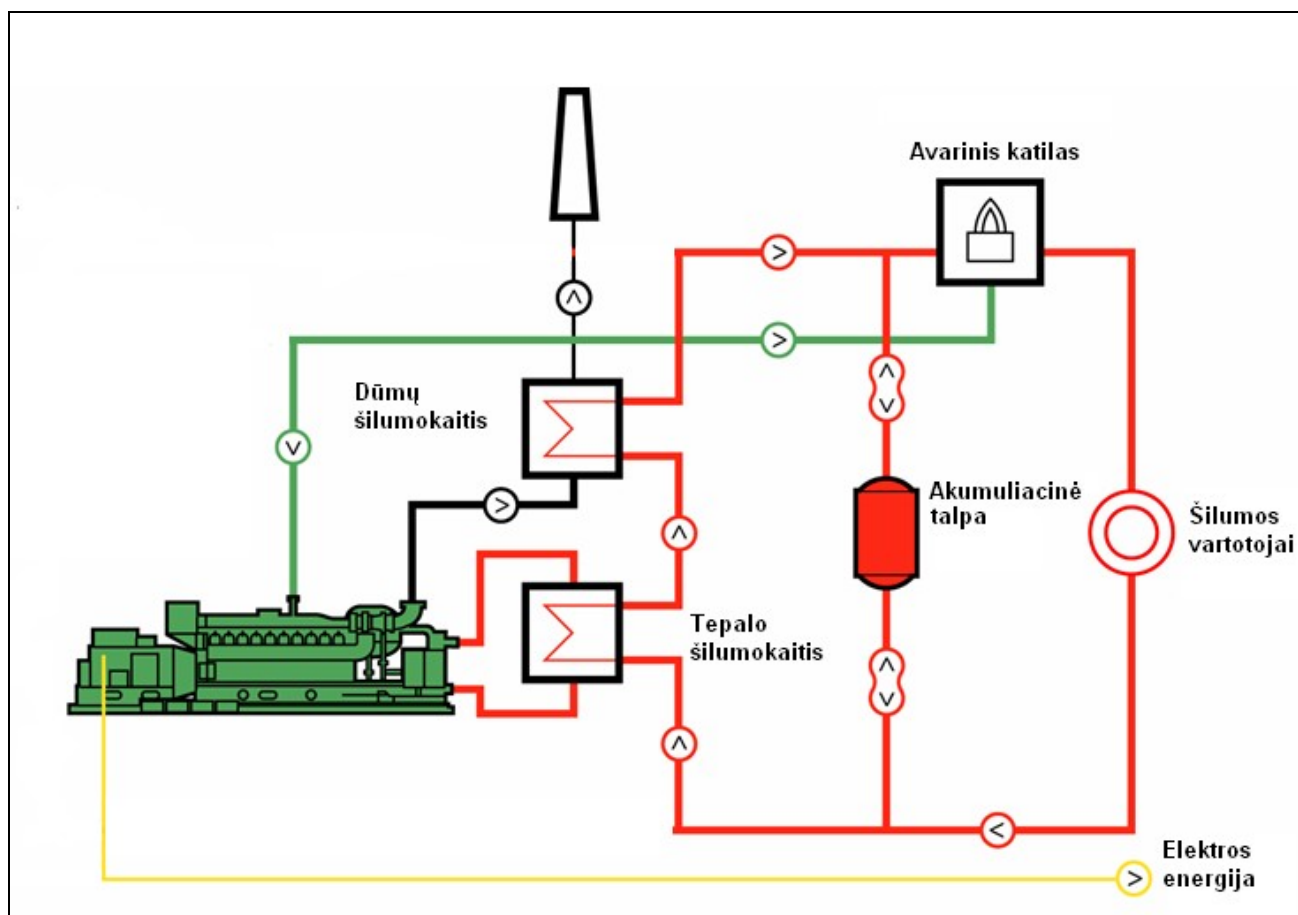
Pirmame (hidrolizės) etape, veikiant mikrobus išskirtiems fermentams, vyksta organinių medžiagų hidrolizė, kurios metu kompleksiniai organiniai junginiai depolimerizuojami. Riebalai skyla į stambiamolekulinės riebalinės rūgštis ir glicerolį, baltymai į amino rūgštis ir peptidus, o angliavandeniai į mono ir disacharidus [13].

Antrajame (acetogenezės) etape, veikiant rūgštis gaminančioms (acetogentinėms) bakterijoms, vyksta tolimesnis pirmame etape susidariusių tarpinių junginių skaidymas. Rezultate susidaro lakiosios riebalinės rūgštys, spiritai, vandenilis, anglies dvideginis, amoniakas ir vanduo.

Trečiasis (metanogenezės) etapas yra metano gamybos etapas. Jo metu dėl metaną gaminančių – metanogeninių bakterijų veiklos pagrindinai iš acto rūgšties, skruzdžių rūgšties, vandenilio ir anglies dvideginio susidaro metano molekulės [17].

2.4.Kogeneracinių jėgainių technologijos naudojant biodujas

Dažniausiai kogeneracinės jėgainės naudojimo schema yra variklis su generatoriumi. Iš šio įrenginio stengiamasi paimti šilumą (išmetamųjų dujų ir aušinimo tepalo). Tokia įrenginio technologija išpildoma pagal 2.4 pav. Toks vartojimo būdas yra ekonomiškąs naudojant ir gamtines dujas, jei yra poreikis tiek elektros ir šilumos energijoms, nes toks įrenginys dirba efektyviau nei dabar naudojamos termofikacinės elektrinės.

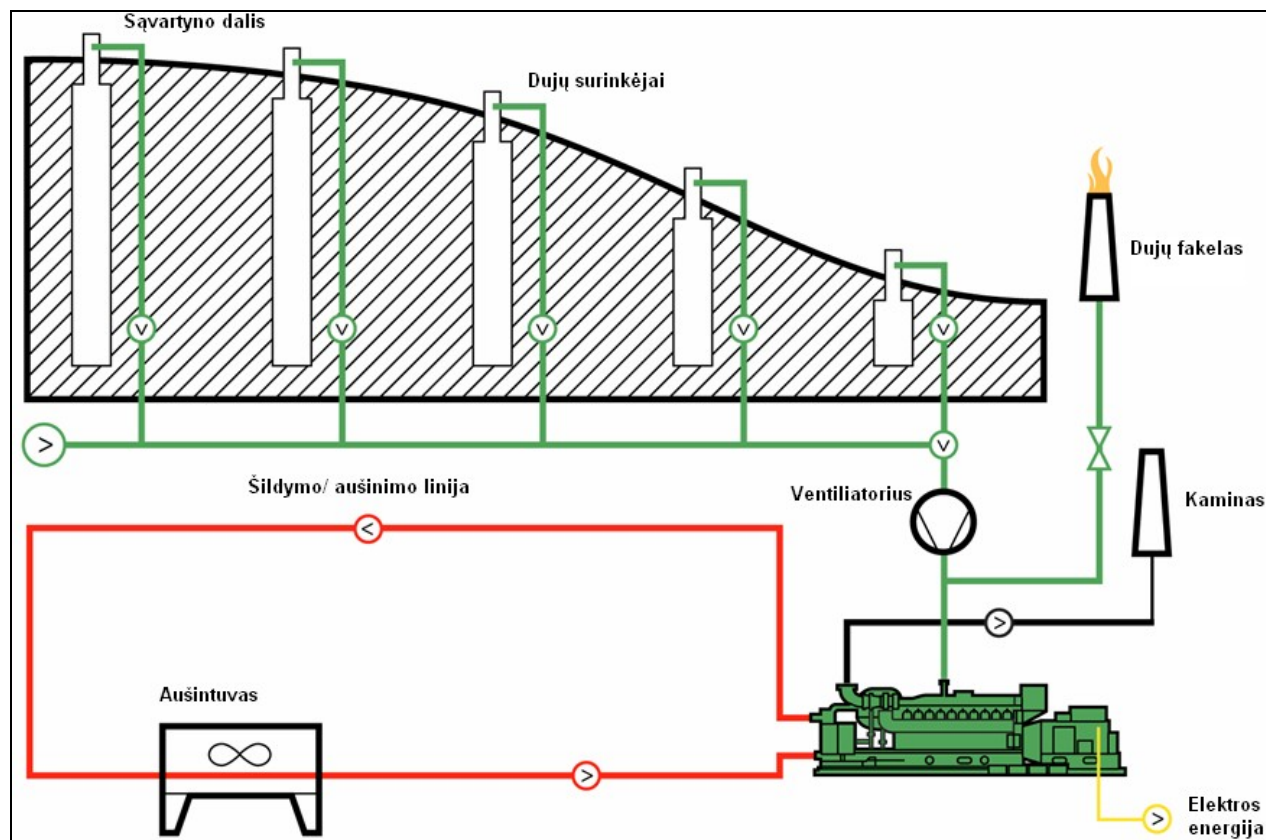


2.4 pav. Standartinė kogeneracinė jėgainė

2.4.1. SĄVARTYNO DUJŲ UTILIZAVIMAS

Kitas galimas naudojimo būdas – deginti sąvartyno dujas (2.5 pav.). Šiuo būdu pašalinama blogų kvapų problema ir išgaunama elektros energija. Tokios sistemos trūkumas, kad sąvartynai įrengti toli nuo miestų dėl sanitarinių reikalavimų. Dėl to sunku panaudoti šilumos energiją. Be to įrenginį reikia aušinti ir dalis pagamintos elektros energijos yra panaudojama įrenginio aušinimui.

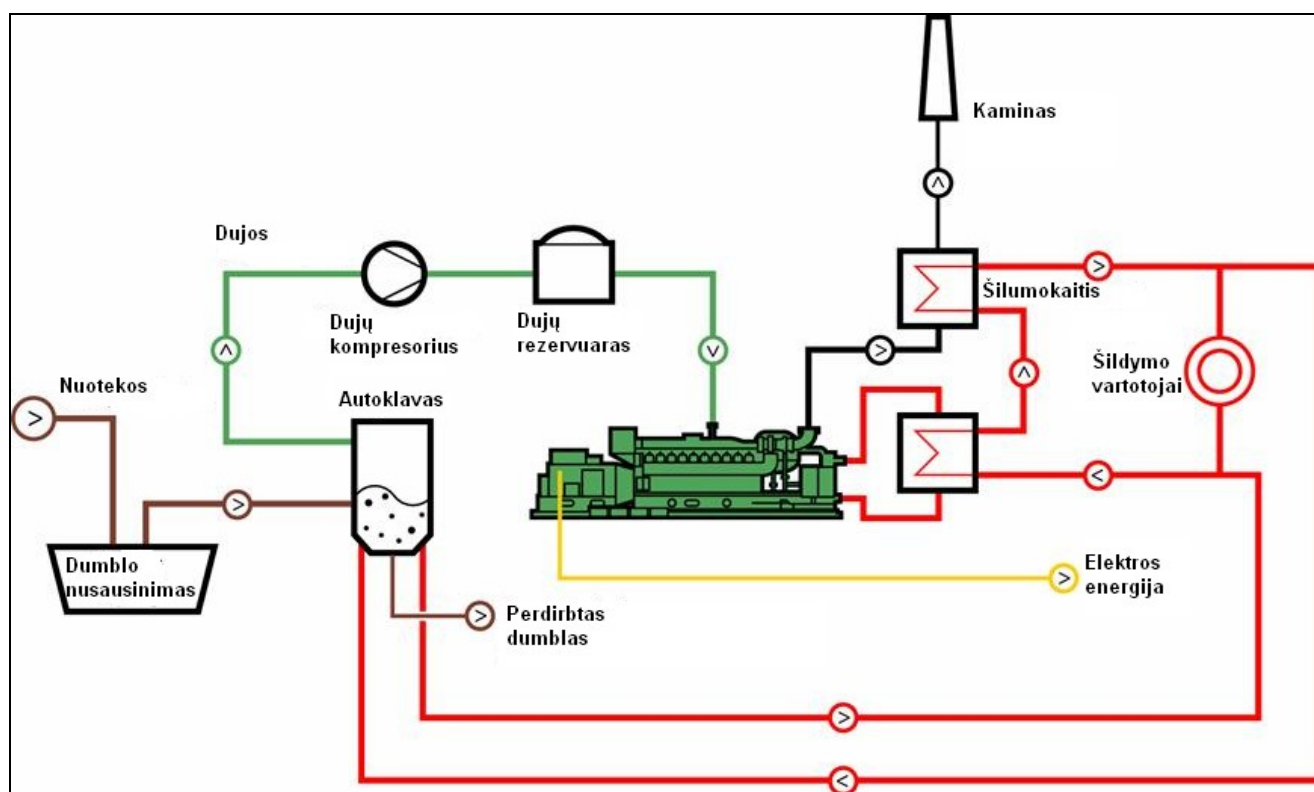
Lietuvoje yra susiduriama ir su sąvartyno naudojimo problemomis dėl nežinomo ankstesnių laikų eksploatavimo. Sąvartynas turi būti tinkamai paruoštas norint iš jo gauti tinkamą kiekį biodujų.



2.5 pav. Sąvartyno dujų kogeneracinė jėgainė

2.4.2. Nuotekų dujų utilizavimas

Kogeneracinėm jėgainėm naudojant nuotekų biudujas (2.6 pav.) sprendžiama blogų kvapų problema. Be to nuotekų tvarkymo įrenginiai yra netoli miestų, kur galima panaudoti šilumos energiją. Šilumos energiją galima panaudoti ir biudujas gaminamiems reaktoriams. Pakėlus temperatūrą reaktoriuje, greičiau išsiskiria biudujos. Toks energijos gavybos būdas greitu laiku pasieks Lietuvos maksimumą, nes didieji miestai yra pasistatę tokias jėgaines arba jau vyksta paruošiamieji darbai.

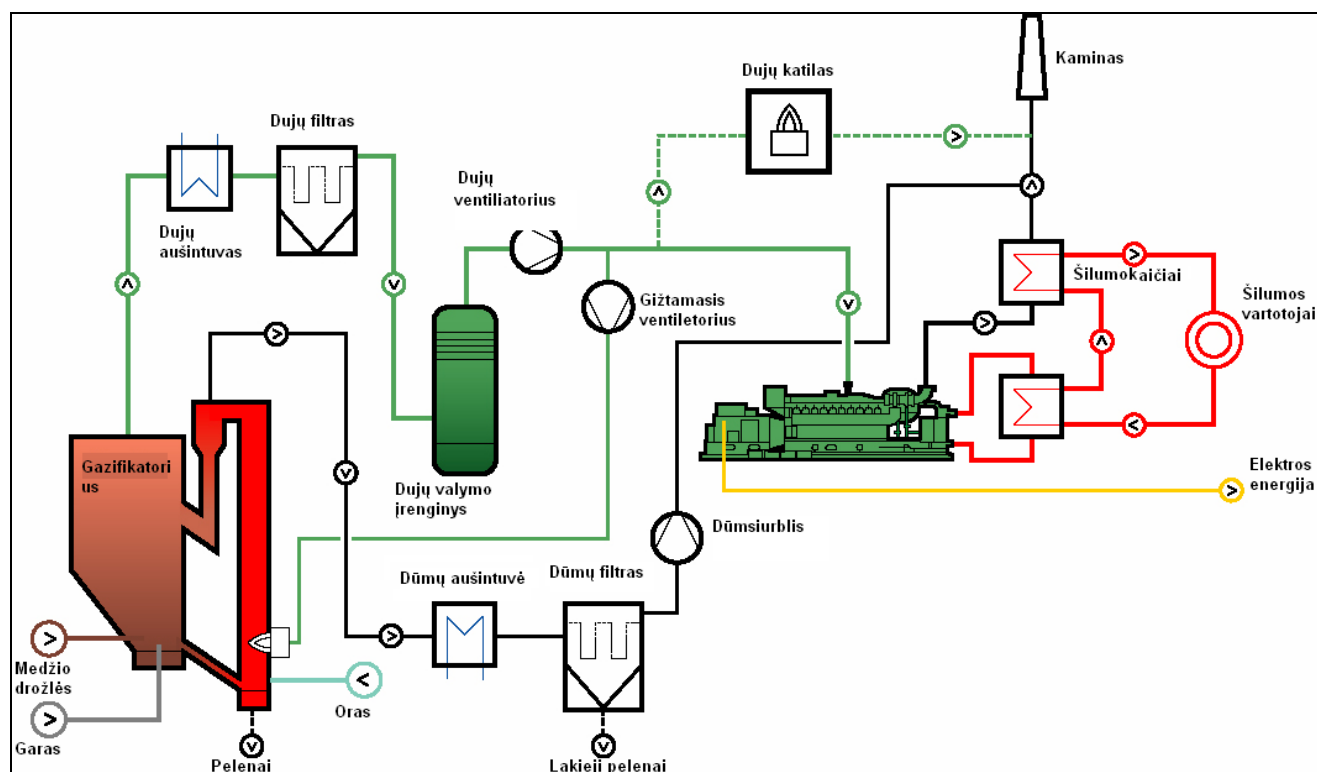


2.6 pav. Nuotekų dujų kogeneracinė jėgainė

2.4.3. Medžio dujų deginimas

Viena sudėtingiausių biudujas deginančių kogeneratorių technologinė schema yra deginant biudujas išskirtas iš medienos (2.7 pav.). Tokia jėgainė turėtų būti kur reikalingas ir šilumos vartojimas. Be to tokiame procesui reikalinga sausa mediena, o tai sukelia problemas sandėliuojant kurą.

Šiuo metu Lietuvoje diegiama daug katilinių deginant medieną. Ši technologija taps aktuali, kai bus sugriežtinti išmetamų dūmų į aplinką reikalavimai.

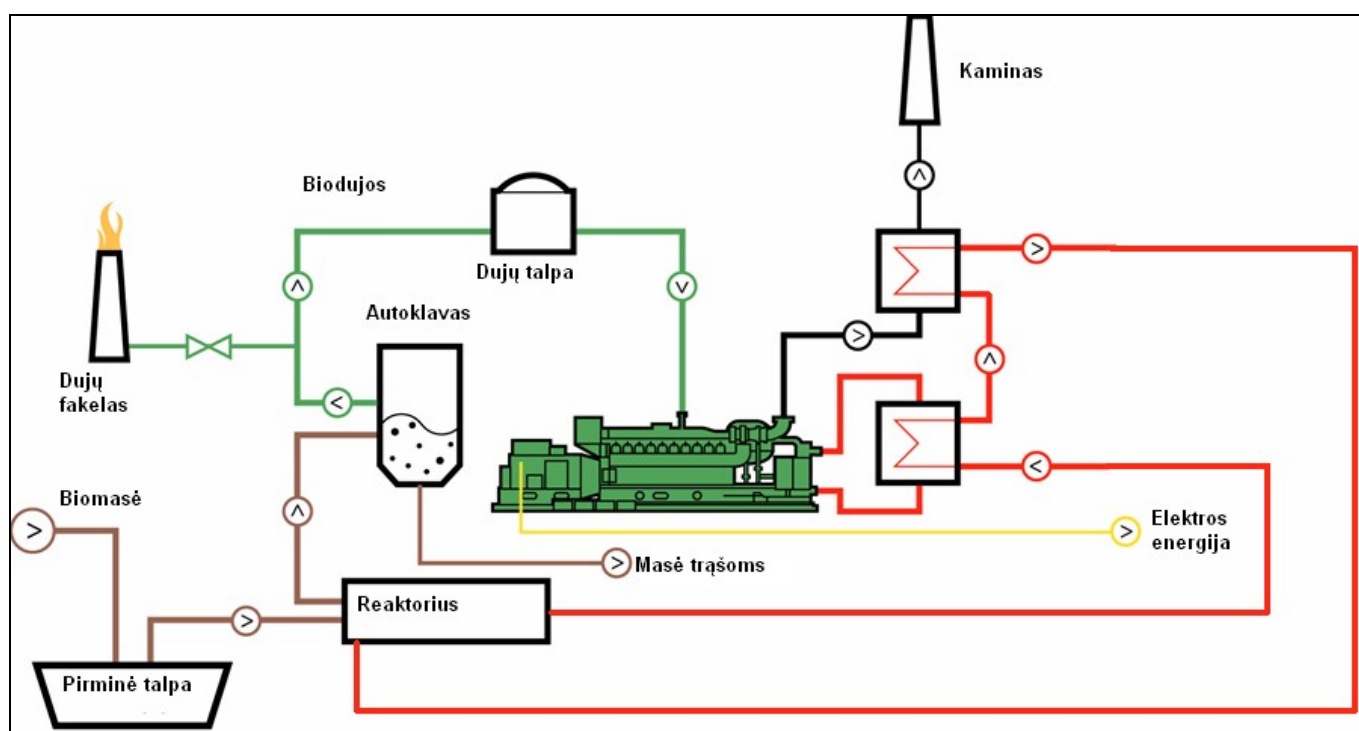


2.7 pav. Medžio dujų kogeneracinė jėgainė

2.4.4. Biudujų deginimas

Biomasės dujas naudojanti (2.8 pav.) jėgainė naudoja atliekinius produktus: mėšlą, srutas, skerdienos atliekas, maisto atliekas. Žemės ūkiai dažniausiai yra nutolę nuo miestų kur būtų galima naudoti šilumos energiją (išskyrus savus poreikius). Bet šilumą galima panaudoti reaktoriaus gaminamų dujų proceso spartinimui.

Jei gyvuliai būtų laikomi aptvaruose vasaros metu, tai patalpas reikėtų vėsinti. Vėsinimui galima panaudoti likutinę šilumą (kuo šiltesnė diena, tuo mažiau šiluminės energijos reikia reaktoriui palaikant biudujų gamybą). Jei ta pati šiluma būtų naudojama patalpų šildymui, tai toks procesas jau vadintųsi trigeneracija.



2.8 pav. Biomasės dujų kogeneracinė jėgainė

Naudojant tokias technologijas ūkiai taptų konkurencingesni dėl šių priežasčių:

- Pajamos būtų gaunamos ne tik iš auginamos produkcijos;
- Kuras elektrai gaminti naudojamas iš atliekų;
- Ūkiai apsaugomi nuo produkcijos pertekliaus (labai derlingais metais užaugintą produkciją galima naudoti elektros gamybai, o ne parduoti mažomis kainomis);
- Bioreaktoriuje, apdorojant gyvulių ir paukščių mėšlą, dalis organiniuose junginiuose esančio azoto pervedama į amoniakinę formą, kurią lengvai įsisavina augalai (degazuotame mėšle amoniakinio azoto kiekis padidėja 10–15 %);
- Anaerobinio proceso metu dalinai suardomas piktžolių sėklos ir sumažinamas jų daigumas. Todėl augalų tręšimui naudojant degazuotą mėšlą sumažėja jų piktžolėtumas;
- Augalai greičiau įsisavina maisto medžiagas iš degazuoto mėšlo;
- Naudojant tręšimui degazuotą mėšlą nenudeginami augalų lapai. Dėl šios priežasties juos galima tręšti ir vegetacijos periodu;
- Apdorojant organines atliekas bioreaktoriuje sumažėja jų biologinis deguonies sunaudojimas (BDS) iki 80 %, o cheminis deguonies sunaudojimas (ChDS) iki 50 %. Tai reiškia, kad degazuoto substrato žalingas poveikis aplinkai yra ženkliai sumažinamas;
- Mažinamas šiltnamio efektas. Sandėliuojant mėšlą anaerobinis procesas vyksta natūraliomis sąlygomis, o išsiskyręs metanas patenka į atmosferą, tuo didindamas šiltnamio efektą. Pažymėtina, kad metanas šiltnamio efektą didina 21 kartą intensyviau už anglies dvideginį. Tuo tarpu, apdorojant mėšlą bioreaktoriuje, susidaręs metanas nepatenka į atmosferą, o yra panaudojamas energetinių poreikių tenkinimui;
- Proceso metu žūna daug patogeninių mikrobus. Todėl tręšimui naudojant degazuotą mėšlą tuo pačiu pagerinama aplinkos sanitarinė būklė;
- Sumažėja pavojus užteršti gruntinius vandenius nitratais, kadangi augalai iš degazuoto mėšlo greičiau įsisavina didesnę azotinių maisto medžiagų;
- Sumažėja degazuoto mėšlo nemalonus kvapas, nes anaerobinio proceso metu suskyla nestabilūs organiniai junginiai;
- Bioreaktoriuje be mėšlo galima anaerobiškai apdoroti ir kitas organines atliekas, tuo mažinant aplinkos užterštumą.

3.KOGENERATORIAUS JĖGAINĖS DARBAS

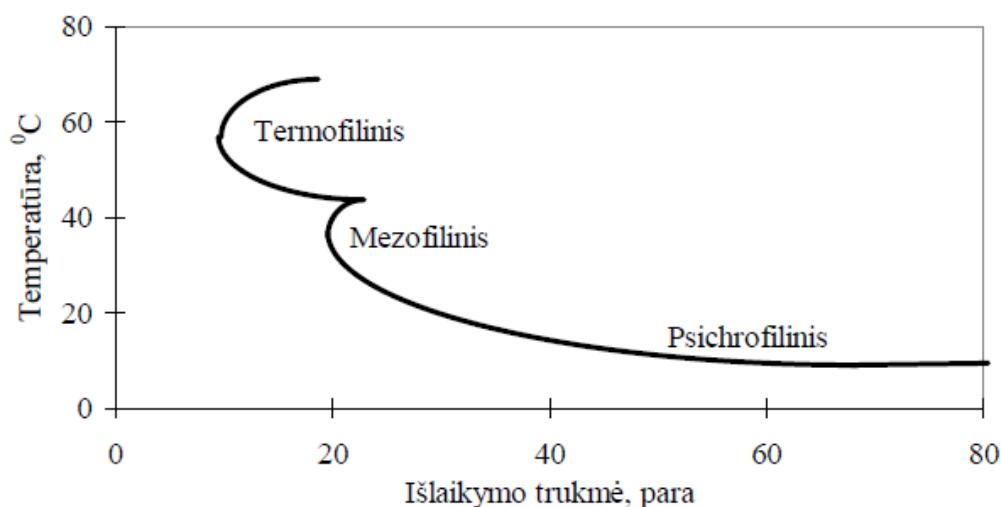
Šiuo metu labai svarbu pertvarkyti Lietuvos energetiką, kad kuo daugiau naudotume atsinaujinančius šaltinius. Vienas iš būdų naudoti biodujas, kurios gaunamos iš mėšlo, žaliosios masės bei visokių organinių atliekų. Gaminant elektrą gaunamas antrinis produktas „šiluma“, kurią sunku panaudoti žemės ūkyje. Tikslas – parinkti jėgainę, kuri tiktų vidutiniam Lietuvos ūkiui. Jėgainė turėtų du režimus: žiemos ir vasaros. Du režimai reikalingi dėl dviejų pagrindinių priežasčių:

1. Ūkiuose kinta žalios masės kiekis skirtingu metų laiku;
2. Žiemos metu Lietuvoje pagaminama daug elektros energijos šildant miestus.

Lietuva turi atsinaujinančių šaltinių, kurių dabar nenaudoja, o šių šaltinių nenaudojimas yra net kenksmingas aplinkai. Lietuvoje vykdant žemdirbystę lieka daug antrinių produktų: srutų, mėšlo, neapdirbtos žaliosios masės.

3.1.Bioreaktorius

Bioreaktorius – tai įrengimas skirtas biodujų gamybai, bakteriologiškai skaidant organines medžiagas anaerobinėse sąlygose. Bioreaktoriuje sudaromos kuo palankiausios sąlygos mikroorganizmų veiklai. Reikia pažymėti, didinant substrato temperatūrą, biodujų išsiskyrimo greitis didėja ir pasiekia maksimalią reikšmę prie $t \approx 35\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$, (tai atitinka mezofilinį režimą). Toliau didinant substrato temperatūrą, biodujų susidarymo greitis šiek tiek sumažėja, o vėliau ima didėti ir pasiekia antrą maksimalią reikšmę prie $t \approx 50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tai atitinka termofilinį režimą). Jei toliau didintume temperatūrą, biodujų išeiga imtų mažėti kol visai sustotų, nes per aukšta temperatūra užmuštų bakterijas [19]. Biodujų susidarymo greičio priklausomybė nuo temperatūros pavaizduota toliau pateiktame 3.1 grafike.



3.1 pav. Laiko, per kurį suskaidoma organinė medžiaga, priklausomybė nuo temperatūros

Du biodujų susidarymo maksimumai grafike stebimi todėl, kad prie $t \approx 35\text{--}38\text{ }^{\circ}\text{C}$ yra palankiausios sąlygos daugintis vienoms metalogeninėms bakterijoms (mezofilinėms), kurių skaičius sparčiai išauga ir jos sugeba pagaminti daugiau biodujų. Keliant temperatūrą, sąlygos šioms bakterijoms blogėja, jų dauginimasis mažėja, kartu mažėjant ir pagaminamų biodujų kiekiui. Tačiau temperatūrai pasiekus $50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ intervalą, susidaro optimalios sąlygos kitoms metanogeninių bakterijų (termofilinių) rūšims, jos ima sparčiau daugintis ir didesnis bakterijų kiekis pagamina daugiau biodujų.

Praktikoje, siekiant greičiau suskaidyti organines medžiagas ir pagaminti didesnę biodujų kiekį iš to paties bioreaktoriaus tūrio, bioreaktoriuose palaikoma temperatūra atitinkanti vieną iš minėtų intervalų ir pagal tai jie skirstomi į mezofilinius ir termofilinius.

Lyginant tarpusavyje termofilinį ir mezofilinį režimus, galima nurodyti šiuos termofilinio režimo privalumus:

- didesnis organinių medžiagų skaidymo greitis;
- didesnė biodujų išeiga iš to paties substrato kiekio;
- proceso metu sunaikinamas didesnis patogeninių (ligas sukeliančių) mikrobo ir piktžolių sėklų skaičius;
- mažesnio tūrio bioreaktoriuje (tuo pačiu ir pigesniame) galima apdoroti tą patį žaliavos kiekį.

Tačiau termofilinis procesas turi ir trūkumų:

- sunaudojamas didesnis energijos kiekis aukštesnės substrato temperatūros palaikymui;
- mažesnis proceso stabilumas;
- mažesnė metano koncentracija biodujose, o tuo pačiu ir šiluminė vertė.

Antrasis trūkumas reiškia, kad reaktorius, dirbantis termofiliniu režimu, lyginant su reaktoriumi dirbančiu mezofiliniu režimu, yra žymiai jautresnis temperatūros, substrato sudėties, rūgštingumo pokyčiams, o taip pat ir inhibitorių poveikiui. Todėl greičiau gali sutrikti termofilinių bakterijų veikla. Vadinas termofiliniu režimu dirbantis bioreaktorius reikalauja daugiau ir aukštesnės kvalifikacijos priežiūros. Dėl šių priežasčių mažesni, dažniausiai žemės ūkio žaliavas naudojantys, bioreaktoriai pagrindinai dirba mezofiliniu režimu. Kalbant apie temperatūros reikšmę, būtina pažymėti, kad reaktoriaus darbo stabilumui įtakos neturi substrato temperatūros svyravimai, neviršijantys $0,6\text{--}1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ per parą.

Tačiau šiuo atveju norint, kad bioreaktorius dirbtų žiemos ir vasaros režimu reikės naudoti termofilinį ir mezofilinį biodujų gavybos būdus. Stabiliam reaktoriaus darbui bus reikalinga automatika ir papildomas šilumos šaltinis stabiliam bioreaktoriaus darbui.

Žiemos sezonu naudojamas mezofilinis būdas dėl šių priežasčių:

- Žiemos metu Lietuvoje nėra žaliosios masės;
- Šilumos šaltinį galima naudoti patalpų šildymui;
- Mažesni reaktoriaus nuostoliai.

Vasaros sezonu naudojamas termofilinis būdas dėl šių priežasčių:

- Atsiranda žalioji masė;
- Padidėjus biomasei reikia paspartinti proceso veiklą;
- Didesniam biodujų kiekiui pagaminti naudojamas mažesnis bioreaktorius;
- Panaudojama šiluma, kurią nėra kur dėti vasaros sezono metu.

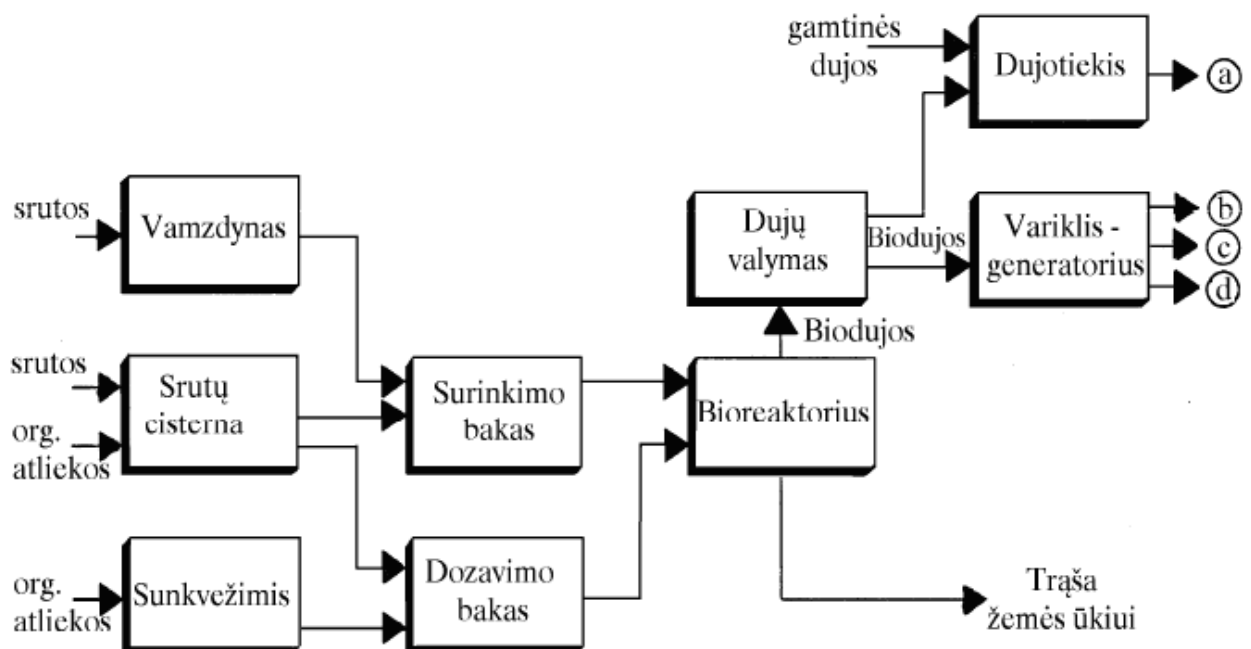
Apibendrinant galima teigti, kad efektyviai veikiantis bioreaktorius turi turėti:

- hermetišką korpusą, nes ir mažas deguonies kiekis, patenkantis į bioreaktorių, yra labai kenksmingas metaną gaminančioms bakterijoms;
- efektyvią šildymo sistemą, užtikrinančią pastovią substrato temperatūrą, ypač jo pakrovimo/iškrovimo metu;
- gerą korpuso termoizoliaciją, įgalinančią minimizuoti šildymo sąnaudas;
- substrato maišymo sistemą, kuri palaikytų kuo vienodesnę substrato temperatūrą visame bioreaktoriaus tūryje, o taip pat užtikrintų gerą kontaktą tarp mikroorganizmų ir maisto medžiagų. Įkrovos maišymas taip pat neleidžia susidaryti plutai substrato paviršiuje, kuri trukdo susidariusių biodujų pasišalinimui iš apdirbamos žaliavos bei įgalina sumažinti kenksmingų medžiagų (jei tokios su įkrova patenka į bioreaktorių) poveikį mikroorganizmams, išsklaidydamas jas po visą bioreaktoriaus tūrį ir tokiu būdu sumažindamas jų lokalinę koncentraciją;
- substrato pakrovimo ir iškrovimo sistemą, kuri, pagal galimybes, sukeltų kuo mažesnius sutrikdymus mikroorganizmų veikloje, t.y. užtikrintų kuo mažesnius temperatūros ir koncentracijos pokyčius įkrovoje. Pageidautina, kad į šios sistemos sudėtį įeitų žaliavos paruošimo talpa, kurioje pastaroji būtų sumaišoma ir pašildoma iki bioreaktoriaus darbo temperatūros.

3.2. Biodujų jėgainės modelis

Biodujų jėgainę sudaro šie pagrindiniai komponentai:

- biomasės transportavimo, sandėliavimo, pirminio apdorojimo ir padavimo į bioreaktorių įrenginiai;
- bioreaktorius;
- degazuoto substrato sandėliavimo ir tvarkymo įrenginiai;
- pagamintų biodujų saugojimo, valymo ir tolesnio naudojimo įrenginiai.



3.2 pav. Biodujų jėgainės struktūrinė schema: a – vartotojai; b – elektros energija; c – šiluma į gyvenvietės šiluminius tinklus; d – šiluma technologijos reikalams

Priklausomai nuo biomasės žaliavos rūšies ją gali tekti rūšiuoti, smulkinti, pakaitinti iki aukštesnės temperatūros, siekiant sunaikinti ligas sukeliančius mikroorganizmus, ar kitaip apdoroti.

Degazuota biomasė gali būti naudojama žemės ūkyje kaip skystosios trąšos arba kaip žaliava sausųjų trąšų gamybai. Pagamintos biodujos pradžioje kaupiamos gazholderyje, kurio paskirtis išlyginti netolygumus tarp jų gamybos ir panaudojimo. Biodujos gali būti naudojamos trejopai:

- be papildomo valymo deginamos katilų pakurose;
- su minimaliu valymu, pašalinant drėgmę ir sieros vandenilį, deginamos kogeneraciniuose įrenginiuose (dažniausiai stūmokliniuose vidaus degimo varikliuose);
- išvalomos iki gryno metano ir tiekiamos į gamtinių dujų tinklą.

3.3. Teoriniai biodujų ištekliai iš Lietuvos ūkių

Apžvelgiant Lietuvos dabartinę žemės ūkio potencialą, gaminant biodujas panaudojant tik srutas ir mėšlą iš auginamų gyvūnų, pastebimas didelis galimas energijos kiekis. Tai yra nemokamos energijos šaltinis, kurį, pagal dabar galiojančius žemės ūkio standartus, ūkininkai turi tinkamai sandėliuoti. Žaliosios masės į teorinius dydžius nepriskiriu, nes tuos produktus galima naudoti pramonei, maistui ir pan.

Pagal Lietuvos statistikos departamentą (3.1 lentelė) Lietuvoje yra apie 10 milijonų gyvulių ir paukščių.

3.2 lentelė. Lietuvoje auginamų gyvūnų kiekis. Matavimo vienetas: Tūkstančiai.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Galvijai, iš viso	800,3	838,8	787,9	770,9	759,4	748,0
Karvės (melžiamos 2 metų ir vyresnės)	416,5	399,0	404,5	394,7	374,6	359,8
Kiaulės	1 114,7	1 127,1	923,2	897,1	928,2	929,4
Avys ir ožkos	51,2	57,4	63,0	64,1	67,2	74,5
Avys	29,2	36,6	43,3	47,5	52,5	58,5
Arkliai	62,6	60,9	55,9	54,4	49,0	44,7
Paukščiai	9 397,1	9 439,9	9 874,8	9 107,5	9 308,7	9 466,3

Biodujoms gaminti reikalinga, kad gyvūnai būtų laikomi centralizuotu būdu. Pagrindinės tokiu būdu laikomos gyvūnų rūšys yra:

- Karvės 359,8 tūkst. vienetų;
- Kiaulės 929,4 tūkst. vienetų;
- Paukščiai 9 466,3 tūkst. vienetų.

Apskaičiuojant, kiek galima pagaminti biodujų iš gyvūnų likutinės biomasės, yra naudojamas vidutinis gyvo svorio (VGS) vienetas, jo reikšmė yra lygi 500 kg. Vidutiniškai šie gyvūnai pagamina tiek energijos:

- 1 VGS = 0,6–1,2 melžiamos karvės.
Vidutiniškai išgaunama 1,3 m³ biodujų per dieną.
LHV (žemutinė degimo šiluma) ~ 6,0 kWh/Nm³.
- 1 VGS = 2–6 kiaulės.
Vidutiniškai išgaunama 1,5 m³ biodujų per dieną.
LHV (žemutinė degimo šiluma) ~ 6,0 kWh/Nm³.
- 1 VGS = 250–320 paukščių.
Vidutiniškai išgaunama 2 m³ biodujų per dieną.
LHV (žemutinė degimo šiluma) ~ 6,5 kWh/Nm³.

Turimi resursai pavertus į VGS (paėmus vidurkį):

- Karvės per parą suteiktą energijos:

$$359800 \div 0,9 = 399777,8 VGS;$$

$$399777,8 \times 1,3 m^3 = 519711,1 m^3;$$

$$519711,1 \times 6 kWh / Nm^3 = 3118266,68 kWh = 3118,3 MWh.$$

- Kiaulės per parą suteiktą energijos:

$$929400 \div 4 = 232350 VGS;$$

$$232350 \times 1,5 m^3 = 348525 m^3;$$

$$348525 \times 6 kWh / Nm^3 = 2091150 kWh = 2091,2 MWh.$$

- Paukščiai per parą suteiktą energijos:

$$9466300 \div 285 = 33215,09 VGS;$$

$$33215,09 \times 2 m^3 = 66430,18 m^3;$$

$$66430,18 \times 6,5 kWh / Nm^3 = 431796,17 kWh = 431,8 MWh.$$

Panaudojus visus dabartinius turimus išteklius gautume viso 934,7 tūkst. m³ biodujų ir 5 641,3 MWh šiluminės energijos, sudeginus biodujas per parą. Per metus tokiu būdu teoriškai būtų galima gauti 2 030,9 GWh. Lietuvos statistikos departamento duomenimis (3.2 lentelė) Lietuva 2009 m. sunaudojė 10 295,8 GWh šiluminės energijos. Tai iš esamų gyvūnų išmatų būtų galima patenkinti 20 % Lietuvos šiluminės energijos poreikio.

3.2 lentelė. Lietuvos metiniai energijos poreikiai

Statistiniai rodikliai	Kuro ir energijos rūšis	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Galutinis sunaudojimas, iš viso	Elektros energija, GWh	7 650,0	7 977,4	8 431,4	8 858,7	9 043,4	8 371,0
Galutinis sunaudojimas iš viso	Šiluminė energija, GWh	10 414,3	10 527,9	10 979,1	10 700,3	10 032,0	10 295,8

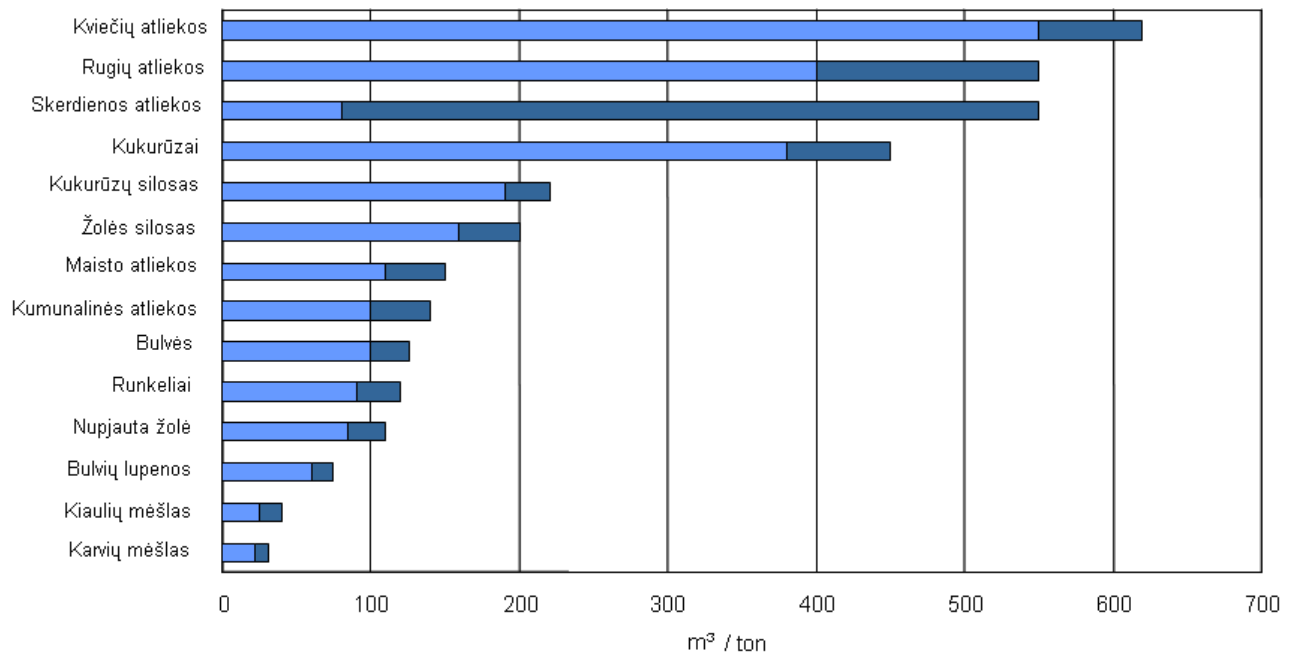
3.4. Biodujos iš žaliosios masės

Biodujų gamybai gali būti naudojama ir žolinių, energetinių augalų (liucernos, nendrinio dryžučio, ožiarūčio ir pan.) biomasė. Viename pievų hektare galima išauginti iki 40 tonų žaliosios masės arba 8–10 tonų sausosios masės. Anaerobinei biokonversijai paskyrus 10 tūkstančių ha pievų, per vieną sezoną galima išgauti apie 30 mln. m³ biodujų, kurių energetinė vertė 190 mln. kWh. Daugiausia bruto energijos gaunama iš kukurūzų pasėlių – 190–240 GJ/ha. Iš šių augalų masės, esant pienininės-vaškinės brandos grūdams, gaminamas silosas ir po to naudojamas kaip žaliava biodujų gamybai. Iš kiekvieno hektaro susilosuotos masės gaunama 4500–6000 m³ metano dujų. Mažai, pagal bendrą energijos kiekį, nuo kukurūzų atsilieka kanapės. Šiek tiek mažesnė biodujų išeiga iš drambliažolių bei javų pasėlių. Iš skirtingų žaliavų gaunamas skirtingas biodujų kiekis. Daugiausia jų išsiskiria iš kviečių, riebalinių ir aliejaus atliekų – 400–600, iš kukurūzų – 200, žolės – 110, runkelių – 75 m³ /t biodujų [20].

3.3 lentelė. Lietuvos pasėtas pasėlių plotas, tūkst. hektarų

Pasėliai, iš viso	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Visi ūkiai	1 430,5	1 749,6	1 752,8	1 727,0	1 747,9	1 945,4	2 000,8
Ūkininkų ir šeimos ūkiai	1 151,9	1 464,4	1 448,7	1 411,2	1 426,5	1 621,8	1 674,8

Lietuvos statistikos departamento duomenimis (3.3 lentelė.), Lietuvoje 2010 metais buvo dirbama 2 000,8 tūkst. hektarų pasėtas plotas. Į šiuos plotus yra neįtraukiamos pievos, bei dirvonuojančios žemės.



3.3 pav. Dujų išsiskyrimas iš skirtingų šaltinių

Kaip matome iš 3.3 pav. duomenų, žalioji masė gali išskirti daug daugiau biodujų nei naudojamas mėšlas. Ūkiai, naudojantys kogeneracines jėgaines, kurios naudoja biodujas, galėtų būti konkurencingi ir derlingais metais nebijoti kainų kritimo. Kritus žaliosios masės kainoms ūkiai gali juos neparduoti rinkoms, o paversti elektros energija. Be to, jei produkcijos kokybė būtų netinkama pardavimui, ją irgi galima naudoti gaminant elektros energiją.

Išgavus biodujas iš biomasės, ūkiams lieka geros kokybės trąšos. Nereikia papildomai leisti lėšas trąšų pirkimui.

3.5. Kogeneracinės jėgainės darbo režimai

Nustatant kogeneracinių jėgainių, naudojančių biodujas, plėtos potencialą, buvo pasirinktos vartotojų grupės ir apibrėžtos šios sąlygos:

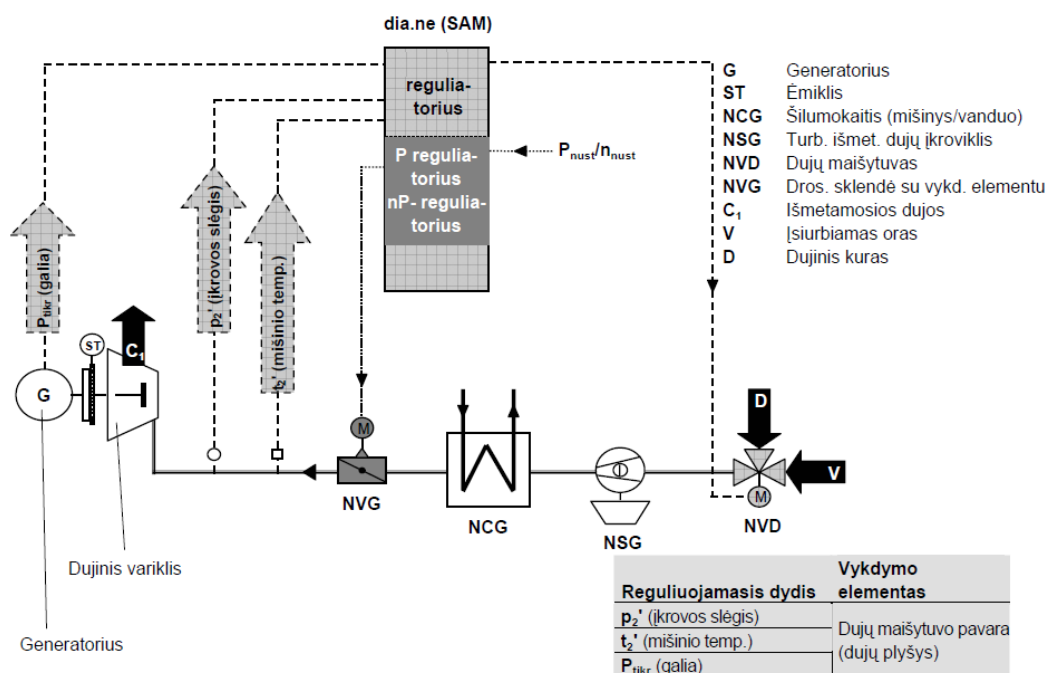
- KJ dirba lygiagrečiai su elektros paskirstymo tinklais;
- KJ generuojamą elektrą ir šilumą panaudoja tik galutinis vartotojas, energijos perteklius neparduodamas į tinklus;
- KJ automatiškai sinchronizuojasi su el. tinklais.

Dažniausiai naudojamos KJ sąlygos, kad KJ tenkintų tik pastovų minimalų objekto energijos poreikį, o pikiniai poreikiai būtų tenkinami iš elektros tinklų. Jėgainėje gaminama šilumos energija tenkins objekto karšto vandens poreikį (vasarą galima šilumą paversti šalčiu, tokia sistema vadintųsi trigeneracija), o likusi šilumos dalis bus perduodama reaktoriaus temperatūrai palaikyti.

3.5.1.Degimo proceso reguliavimas

Kogeneraciniai dujiniai varikliai turi būti optimizuoti taip, kad, jiems dirbant pilna apkrova, išmetalu vertės būtų kuo mažesnės.

Kad būtų pasiektos tokios optimalios sąlygos, liesu mišiniu dirbantys varikliai turi būti eksploatuojami teisingu oro pertekliaus koeficientu λ (oro santykis). Siekiant minimalaus išmetalų kiekio, turi būti išnaudojamas tiesioginis ryšys tarp NOx išmetimo ir oro pertekliaus koeficiento. Regulatoriaus uždavinys yra, kad tarp oro pertekliaus koeficiento λ ir galios, įkrovos slėgio ir mišinio temperatūros būtų tiesinis santykis. Tokio regulatoriaus privalumas yra, kad šiuos dydžius galima paprastai ir patikimai išmatuoti ir tiksliai nustatyti oro santykį λ . Išmetamosiose dujose nereikalingi jokie zondai, kurie galėtų senti. Taip išmetalų vertės gali būti patikimai išlaikomos. Degimo regulatoriaus užduotis yra reguliuoti akimirkinei tiekiamai elektros galiai ir akimirkinei mišinio temperatūrai optimalų įkrovos slėgį. Tiesinė funkcija, susijusi su dydžiais, išsaugojus du eksploatacinius taškus automatiškai apskaičiuojama. Regulatorius prisijungia automatiškai, kai viršijama apibrėžta tikroji galia (maždaug 30% bendrosios galios).



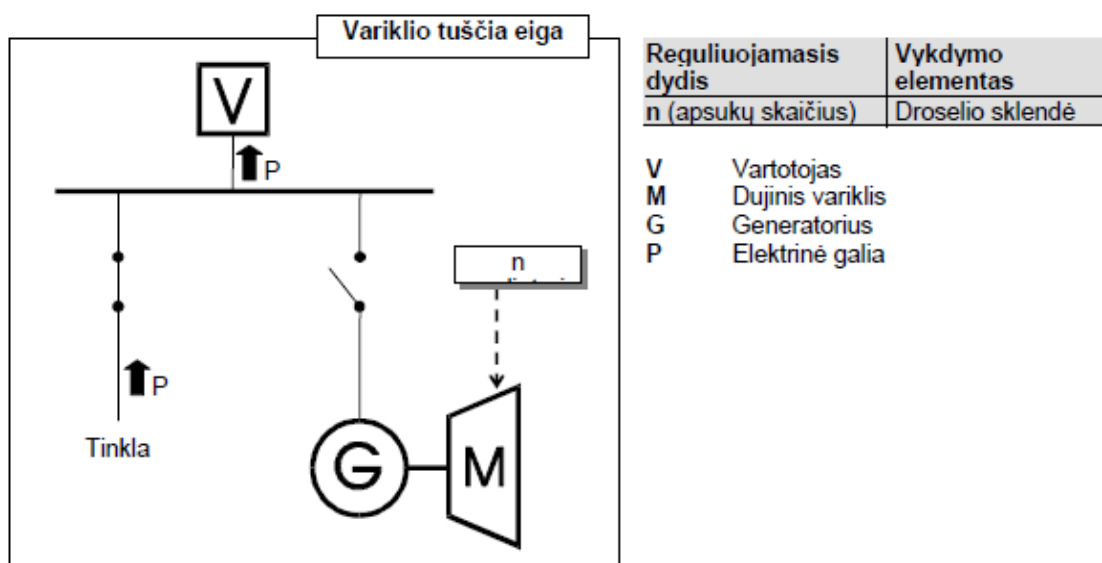
3.4 pav. Degimo regulatorius

Pats reguliavimas vykdomas PI reguliatoriumi. Kaip vykdymo elementas dirba elektrinis reguliavimo vožtuvas, kuriuo galima kintamai keisti į dujų maišytuvą paduodamą dujų tūrį ir taip įtakoti oro santykio λ pokytį.

3.5.2. Apsukų skaičiaus reguliavimas

Elektroninis apsukų skaičiaus reguliatorius yra skirtas paleidus variklį priderinti jo apsukų skaičių prie nurodytos nustatytosios vertės. Tikrasis apsukų skaičius lyginamas su nurodytu nustatytuoju apsukų skaičiumi ir priderinamas, valdant droselio sklendę.

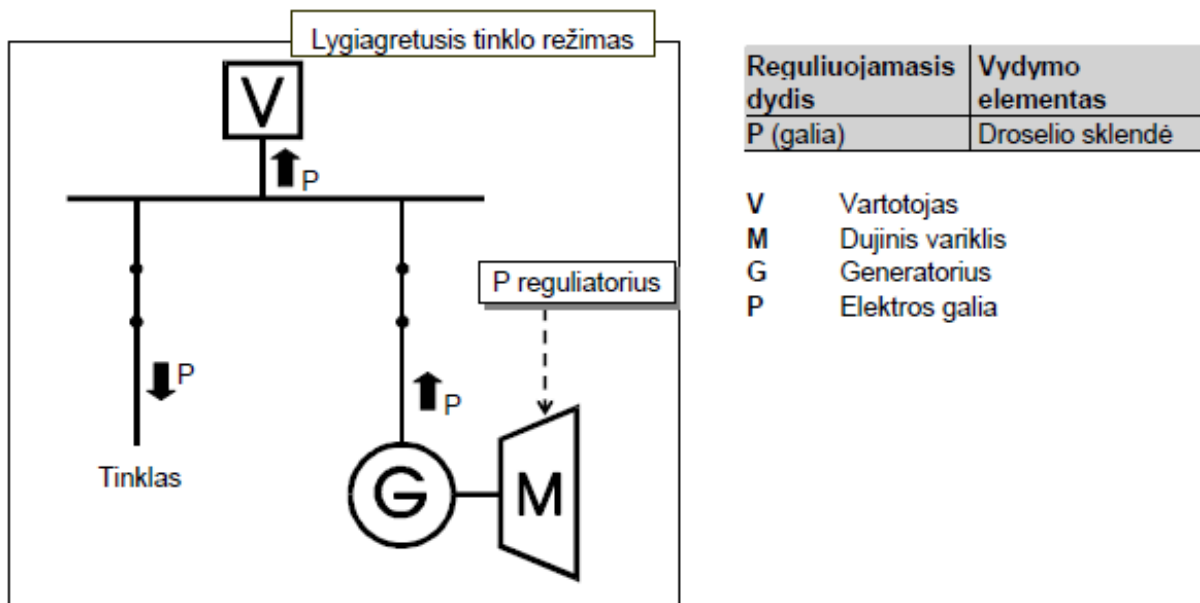
Paleidimo metu (nesvarbu dirbant į tinklą ar tik savo reikmėms) generatorius yra atjungtas nuo apkrovos. Tik pasibaigus sinchronizavimui galima tiekti elektros energiją vartotojams. Apsukų reguliatorius turi stebėti įrenginio darbą ir pastebėjus sinchrone iškraipymus atjungti įrenginį nuo apkrovos. Tada vėl iš naujo susinchronizuoti įrenginį ir paleisti tolimesniam darbui.



3.5 pav. Apsukų skaičiaus reguliatorius

3.5.3. Galios reguliavimas

Kad būtų tiksliai palaikoma reikalaujama nustatytoji galia, lygiagrečiuoju tinklo režimu variklis valdomas galios reguliatoriumi. Akimirkinė generatoriaus tiekiamą galia lyginama su nustatyta galia ir atitinkamai reguliuojama droselio sklendėje. Įrenginys dirbdamas į tinklą stengiasi visada palaikyti pastovią galia, kad išvengtų tinklui generuojamos galios šokinėjimo.



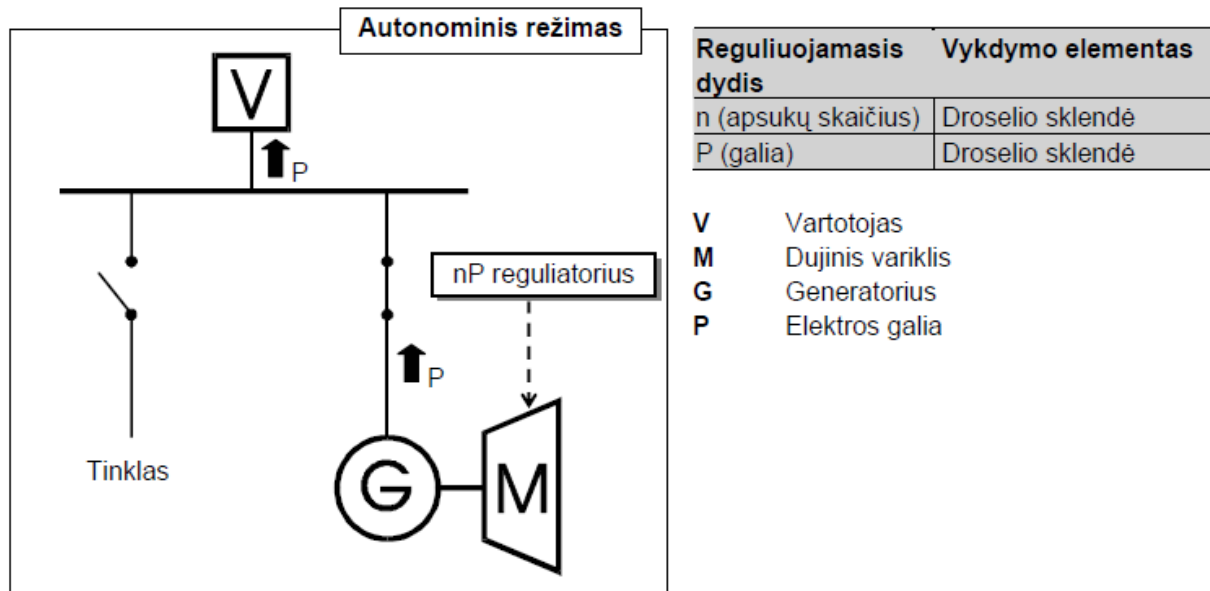
3.6 pav. Galios reguliatorius

3.5.4. Autonominis reguliatorius (salos režimas)

Autonominiu režimu, nepaisant apkrovos prijungimų ar atjungimų, reikalingas pastovus apsukų skaičius. Šią funkciją specialiu derinimu taip pat atlieka apsukų skaičiaus reguliatorius. Jeigu lygiagrečiai sujungti autonominiame tinkle dirba keletas mašinų blokų (pvz., avarinis el. srovės tiekimas), reikiama tiekti galia turi būti optimaliai padalinta atskiriems mašinų blokams. Siekiant sistemą padaryti stabilia, galimi du galios paskirstymo būdai.

- **Galios paskirstymas per balansinę liniją:** apskaičiuojama atskirų variklių tiekiamos galios vidutinė vertė ir per balansinę liniją perduodama reguliatoriui kaip nustatytoji vertė. Eksploatuojant su balansine linija tiksliai paskirstoma galia ir tiksliai palaikomas tinklo dažnis.

- **Galios paskirstymas per P laipsnio reguliatorių:** galią paskirstant pagal P laipsnį, variklio nustatytas apsukų skaičius mažinamas, didėjant galiai. Jeigu visi varikliai elgiasi vienodai, nusistovi stabilus darbo taškas, kuriame visi varikliai tiekia vienodą galią.



3.7 pav. Salos režimo reguliatorius

3.6. Biodujų jėgainės apibendrinimas

Biodujų kogeneracinės jėgainės tinkamam darbui reikalinga detali analizė. Visų pirma reikia parinkti tinkamą biodujų gavybos būdą. Toliau sprendžiama ar naudoti papildomą šildymą ar palikti natūralią temperatūrą. Kokią biomasę naudoti. Apžvelgus biomasės išskiriamų biodujų kiekį, pastebimas labai didelis skirtumas. Pavyzdžiui, naudojant kviečius bus išskiriama net dvidešimt kartų daugiau biodujų nei naudojant karvių mėšlą. Pastebėta, kad toks energijos gaminimo būdas yra teigiamas aplinkai, o tai labai svarbus aspektas šiuometiniai energetikai. Be to likutinis produktas nėra kenksmingas, juo galima tręšti naujai auginamus augalus.

Pats kogeneratorius turi dirbti keliais režimais, nes elektrą naudoti gali ūkis savo reikmėm. Toks darbo režimas dar vadinamas salos režimu. Sekantis darbo būdas yra darbas lygiagrečiai su elektros tinklu.

Labai svarbu kad toks dujų gamybos būdas leistų Lietuvai nors daliai energijos būti nepriklausomai nuo kitų šalių eksportuojamų dujų. Be to ūkiai taptų stabilesni, didelio derliaus atveju nereikėtų parduoti produkcijos mažomis kainomis, o iš tos produkcijos būtų galima gaminti biodujas.

4.KOGENERACINĖS JĖGAINĖS PARINKIMAS

Parenkant kogeneracinę jėgainę, atsižvelgiama į šiuos reikalavimus:

- Technologija turi naudoti biomasę dujoms išgauti;
- Technologijos pajėgumas turi būti parinktas pagal potencialiai naudingą ūkio didumą;
- Reaktorius turi dirbti dviem režimais (vasaros ir žiemos);
- Technologija turi būti pritaikyta dirbti kaimo teritorijoje, kur nėra didelių šilumos naudotojų;
- Būtinai technologinis tikslus temperatūros palaikymas reaktoriuje.

Visą technologiją skirstau į dvi dalis. Kuro paruošimas, tai biomasės paruošimas, perdirbimas, ir grąžinimas į laukus. Kita dalis yra energetinė, kurioje sandėliuojamos dujos, gaminama šiluma ir elektra.

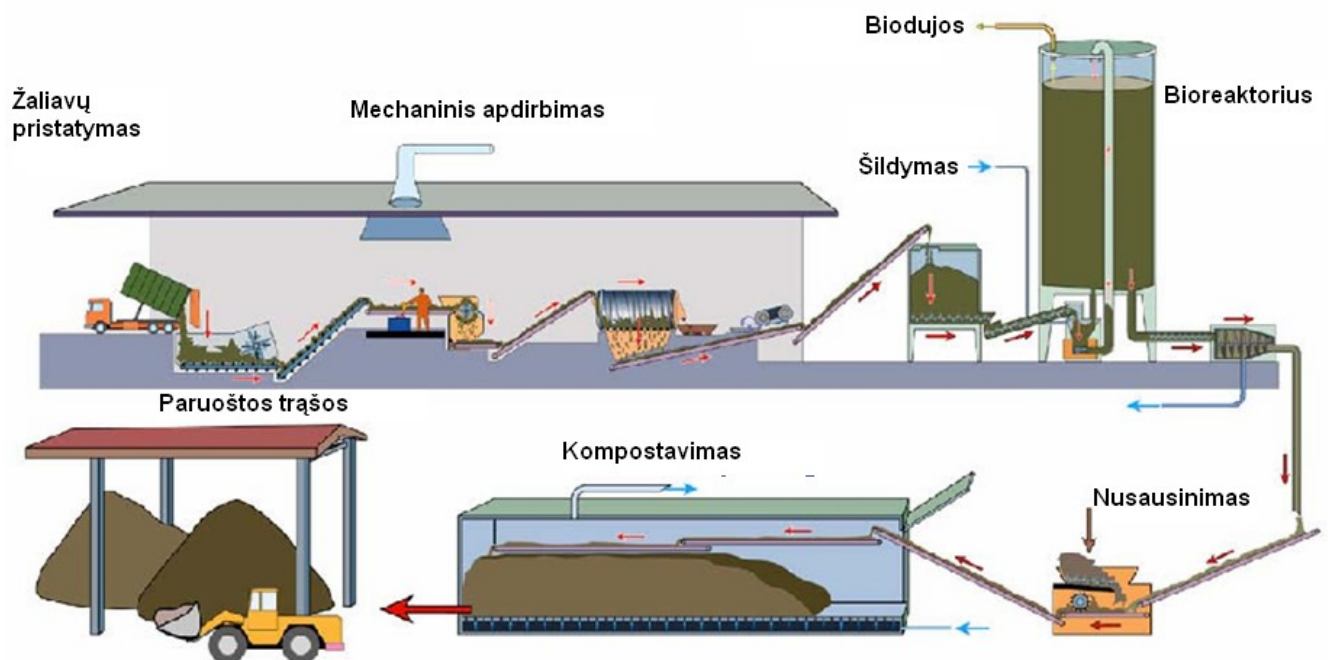


4.1 pav. Kogeneracinė jėgainė

4.1.Kuro ūkis

Kuro ūkis reikalingas apdoroti biomasę, kurią gali sudaryti:

- Mėšlas (kiaulių, karvių, paukščių);
- Srutos (kiaulių, karvių, paukščių);
- Žalioji masė (žolė, grūdų nuovalai, kukurūzai, lapai ir t.t.);
- Skerdienos liekanos (kraujas, viduriai ir pan.);
- Maisto likučiai (pasibaigusios garantijos utilizavimas).

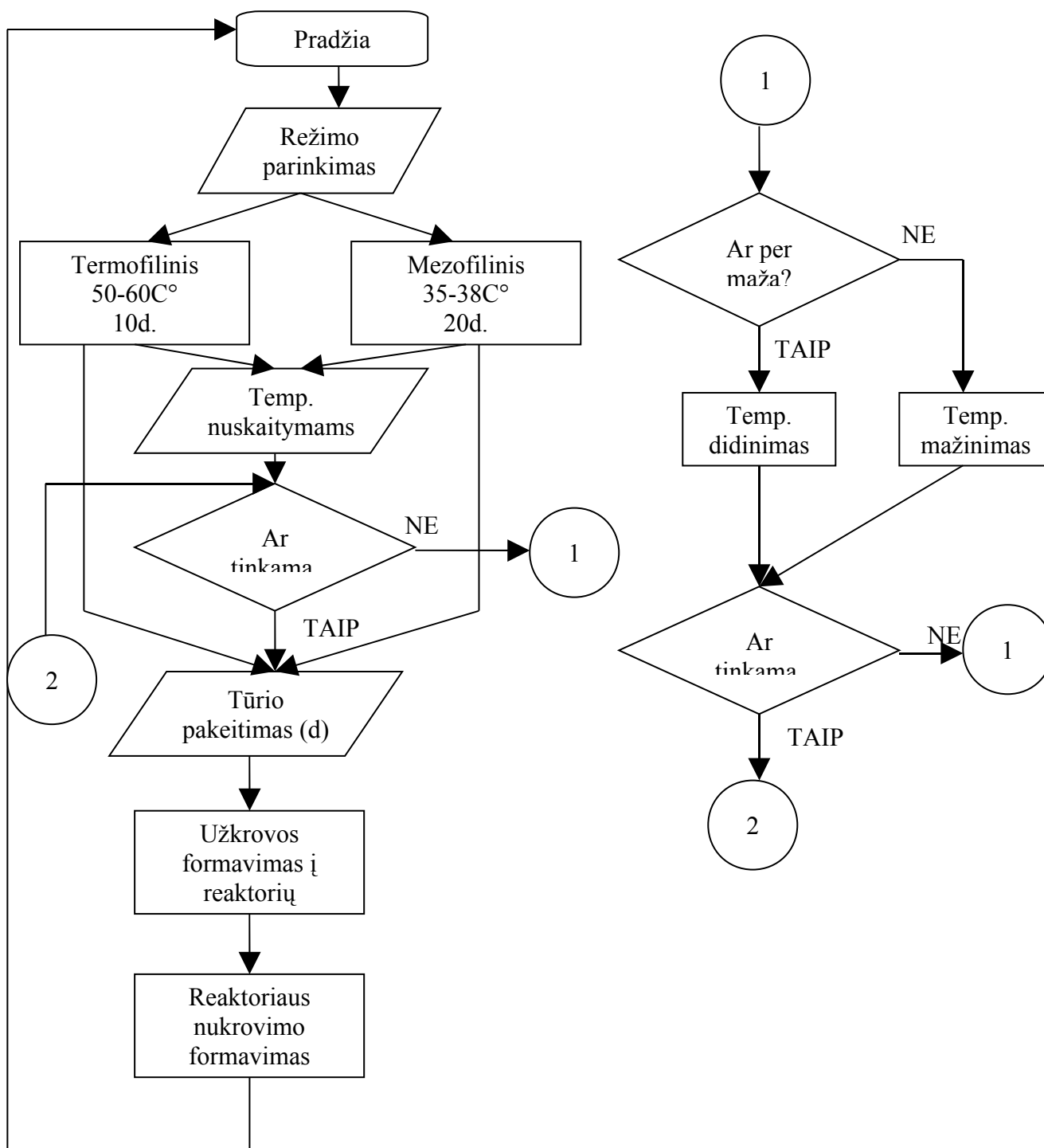


4.2 pav. Kuro ūkis

Kuro ūkį reikėtų skirstyti į kelias dalis:

- Žaliavų pristatymo mazgas, kuris turi priimti įvairios formos (skystos, kietos) frakcijas.
- Mechaninis žaliavų apdorojimas. Biomasę reikia maišyti, smulkinti, dozuoti. Naudojant bakteriologiškai užterštą masę reikia papildant dezinfekuoti. Svarbu stebėti biomasės pH, kad nepažeistume reaktoriaus darbo. Pakitus pH reikia į biomasę dozuoti rūgštį arba šarmus.
- Bioreaktorius. Šiame įrenginyje iš biomasės gaminamos biodujos. Labai svarbu stebėti temperatūrą reaktoriaus viduje. Temperatūros palaikymui yra naudojama kogeneratoriaus likutinė šiluma. Paleidimo fazėje arba kogeneratoriaus gedimo atveju naudojamas skysto kuro šildymo katilas, kuris aprūpina bioreaktorių reikalinga šiluma.
- Nusausinimo įrenginys. Jis surenka panaudotą biomasę iš bioreaktoriaus ir pašalinę vandenį perdirbtą masę nukreipia į kompostavimo dalį.
- Kompostavimo dalis. Joje kaupiama masė, kuri yra skirta laukų tręšimui.

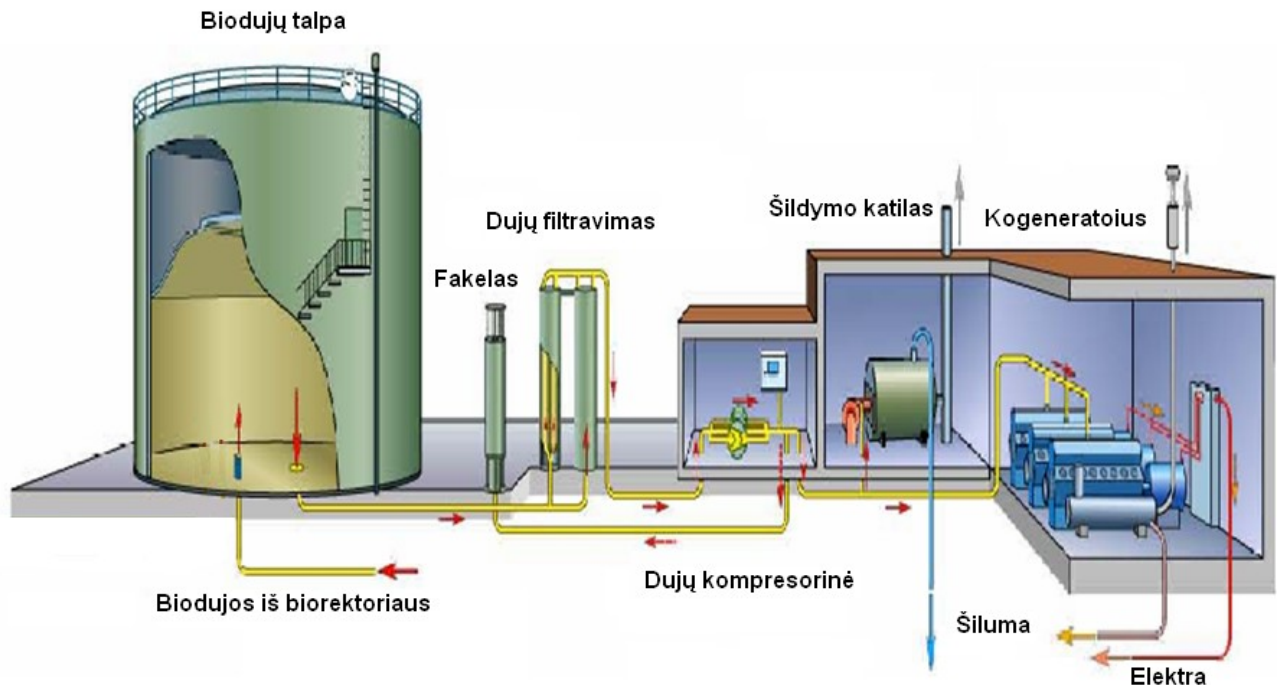
Šios dalies technologinis algoritmas pavaizduotas 4.3 paveiksle. Pirminis užkrovimas vykdomas rankiniu būdu.



4.3 pav. Kuro ūkio algoritmas

4.2. Energetinis ūkis

Energetinį ūkį sudarys įrenginiai, kurie gamina tam tikros rūšies energiją. Energetiniame ūkyje (4.4 pav.) turi būti gaminama šiluma ir elektra, kaupiamos ir filtruojamos dujos.

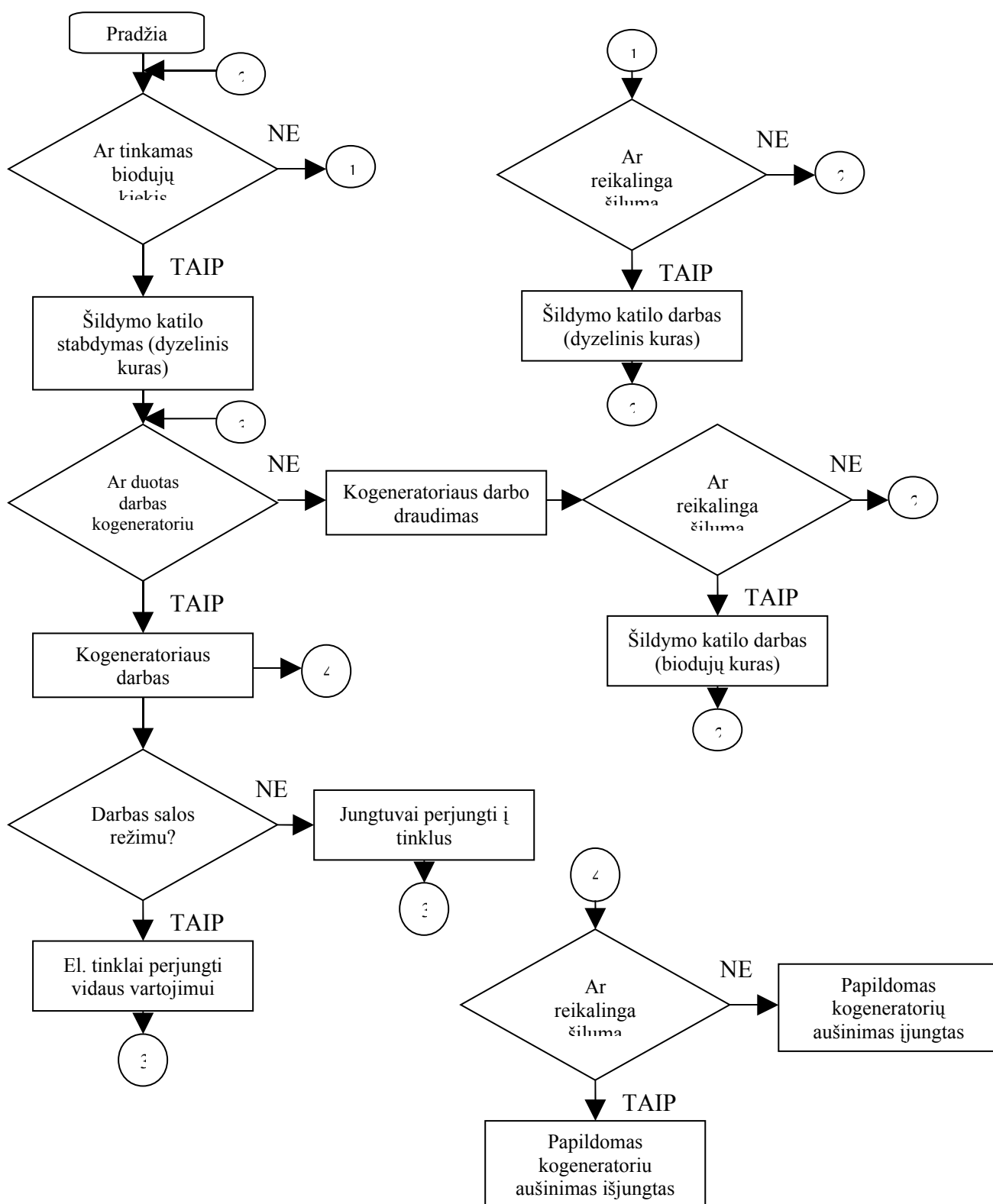


4.4 pav. Energetinis ūkis

Energetinį ūkį sudaro:

- *Biodujų talpa.* Šioje talpoje kaupiamos dujos dėl tolygaus darbo, nes dujų susidarymas nėra stabilus. Reikalingas buferavimas dėl sklandaus kogeneratorių darbo.
- *Dujų filtravimas.* Susidarydamos biodujos turi įvairių priemaišų, jas pašalina filtras.
- *Dujų kompresorinė.* Dujas iš talpos reikia pasiurbti ir pakelti iki tinkamo darbinio slėgio (150 mBar).
- *Fakelas.* Tai įrenginys, kuris tiesiog sudegina dujas. Jo paskirtis pašalinti biodujas (paleidimo stadijoje), kol išgaunamos dujos tinkamos koncentracijos. Sekanti fakelo paskirtis - sustojus kogeneratoriams ir biodujų talpai esant pilnai, pašalinti perteklines dujas. Tai būtina, norint nesustabdyti bioreaktoriaus darbo režimo. Ekonomiškai labiau apsimoka dujas tiesiog sudeginti nei laukti, kol prasidės biodujų išgavimo reakcija.
- *Šildymo katilas.* Jo paskirtis - aprūpinti bioreaktorių šiluma, kai nedirba kogeneratoriai. Šildymo katilas turi turėti degiklį, galintį dirbti dvejomis kuro rūšimis (dyzeliniu kuru, kai nėra susidariusių biodujų, ir biodujomis, kai biodujų talpoje yra dujų).
- *Kogeneratoriai.* Jų paskirtis iš biodujų gaminti elektrą ir šilumą. Elektros energija tiekama vietiniam vartojimui ir į tinklus. Šiluma tiekama bioreaktoriui šildyti.

Energetinis ūkis valdomas pagal tokį algoritmą (4.5 pav.):



4.5 pav. Energetinio ūkio algoritmas

4.3. Kogeneracinės jėgainės parinkimas pagal ūkį

Kogeneracinei jėgainei yra parinkti didžiausi Lietuvos ūkiai. Lietuvos statistikos duomenimis (4.1 lentelė.) tokie ūkiai užima 500 ha ir daugiau. Lietuvoje yra apie 400 tokių ūkių. Šie ūkiai valdo 489,3 tūkst. hektarų plotą.

4.3 lentelė. Ūkių pasiskirstymas pagal naudojamų žemės ūkio naudmenų plotą

Ūkių grupės	Ūkių skaičius, tūkst.		Naudojamos žemės ūkio naudmenos, tūkst. ha	
	2003	2010	2003	2010
Iš viso	272,1	199,9	2491	2734,7
< 1	0,4	1,0	0,1	0,3
1–2	33,9	31,5	51,9	46,3
2–5	134,6	85,0	422,6	266,3
5–10	57,2	39,9	398,8	277,0
10–20	28,5	21,5	389,8	296,0
20–30	7,5	6,6	180,0	160,6
30–50	5,0	5,8	188,9	226,9
50–100	3,0	4,8	205,6	325,5
100–200	1,2	2,2	165,5	299,2
200–300	0,3	0,7	82,2	164,2
300–400	0,1	0,3	45,1	107,6
400–500	0,1	0,2	37,7	75,5
≥ 500	0,3	0,4	322,8	489,3

Tokio ploto ūkiai gali turėti 500 karvių, 3 000 kiaulių. Toks kiekis galvijų per parą išskirtų apie 40 m³ mėšlo. Pagal šiuos duomenis ūkis iš mėšlo gali turėti 3 333,3 m³ biodujų ir iš jų išgauti 20 000 kWh šiluminės energijos (4.2 lentelė).

4.2 lentelė. Bioenergijos skaičiavimas ūkiui

Per parą							
	Vienetai	Koeficientas	Vidutinis standartinis vienetas (500kg)	Biodujų 1 (m ³)	Viso (m ³)	Energija1 (kW)	Viso (kWh)
Karvės	500	0,6	833,33	1,3	1 083,33	6	6 500
Kiaulės	3 000	2	1 500	1,5	2 250	6	13 500
				Viso:	3 333,33	Viso:	20 000

Tokiam paros kiekiui tinkamas kogeneratorius būtų JMS 208 GS-B.L (4.3 lentelė). Toks kogeneratorius reikalauja šiluminės energijos 852 kW/h, dirbant pilnu pajėgumu. Kogeneratorius gali dirbti minimaliu režimu (80 % nuo maksimalios apkrovos). Tai būtų 681,6 kW/h. Toks įrenginys per parą sunaudotų energijos nuo 16 358,4 kW/h iki 20 448 kW/h. Taigi pagamintos elektros energijos per parą būtų nuo 6 336 kW/h iki 7 920 kW/h.

4.3 lentelė. Kogeneratoriaus charakteristikos

JMS 208 GS-B.L Biogas 330kW el. CO-GEN Module data:		
Elektrinis galingumas	kW el.	330
Šiluminis galingumas (180 °C)	kW	400
Reikalingas energijos kiekis 100% apkrovai	kW	852
Elektrinis naudingumas	%	38,7 %
Šiluminis naudingumas	%	46,9 %
Bendras naudingumas	%	85,7 %

Bioreaktorius skaičiuojamas mezofiliniam procesui, kai skaidymo laikas yra 20 dienų. Tai tokio reaktoriaus tūris turėtų būti apie 1 200 m³ talpos. Kai toks reaktorius naudojamas termofiliniui procesui, jame atsirastų 600 m³ laisvos vietos. Tai į parą būtų galima užkrauti papildomai 25 t kukurūzų siloso. Toks bioenergijos gamybos būdas duotų dar 25 000 kWh šiluminės energijos (4.4 lentelė). Tokį režimą reikėtų naudoti pusę metų, t.y. 180 dienų. Tam reikėtų apsėti (prie derlingumo 40 t iš 1 hektaro) apie 113 hektarų žemės.

4.4 lentelė. Bioenergija iš siloso

Per parą					
	Kiekis (t)	Biodujų (m ³ /t)	Viso (m ³)	Energija1 (kW)	Viso (kWh)
Kukurūzų silosas	25	200	5 000	5	25 000

4.4. Kogeneratorinės jėgainės darbo rodikliai

Ši parinkta kogeneracinė jėgainė per metus dirbtų 360 dienų. Parinkti du vienodi kogeneratoriai JMS 208 GS-B.L (4.6 pav.). Žiemos sezono metu vienas iš kogeneratorių gali būti aptarnaujamas arba budėti rezerve. Tik vasaros sezono metu abu varikliai turėtų dirbti kartu.



4.6 pav. Kogeneratorius JMS 208 GS-B.L

Tokia jėgainė per metus pagamintų:

- Vasaros sezonu biodujų 45 000 m³;
- Vasaros sezonu elektros energijos 2 851,2 MW/h;
- Žiemos sezonu biodujų 20 000 m³;
- Žiemos sezonu elektros energijos 1 425,6 MW/h;
- Viso biodujų per metus 65 000 m³;
- Viso elektros energijos per metus 4 276,8 MW/h.

Žiemos ir vasaros sezonams pereiti būtų naudojama tik bioreaktoriaus temperatūrinio režimo pakeitimas. Režimo perėjimas nuo vieno iki kito užtrunka 10 dienų, kol pasikeičia mikroflora bioreaktoriuje. Dviems trečdaliams pagamintos energijos biomasė yra antrinis produktas mėšlas. Šį produktą bet koku atveju reikia utilizuoti. Likusį trečdalį energijos ūkis gali gaminti savo nuožiūra (priklausomai nuo derlingumo, augalų kainų rinkoje).

APIBENDRINIMAS. IŠVADOS

- Atlikta biokuro naudojimo analizė energetikoje. Apžvelgtas biodujų gavybos procesas naudojant biomasę.
- Pagrindinis energetikos šaltinis yra dujos, kurios importuojamos iš kitų šalių. Tokios sąlygos daro Lietuvą energetiškai priklausomą nuo kitų šalių. Taip yra, nes Lietuva neišnaudoja atsinaujinančių energijos šaltinių.
- Lietuvoje, uždarius Atominę elektrinę, akivaizdus energijos disbalansas žiemos ir vasaros laikotarpiais. Žiemos sezonu elektros energiją galima gaminti naudojant termofikacines elektrines. Vasaros sezonu šios elektrinės praranda efektyvumą, nes nėra kur padėti perteklinės šilumos.
- Reikalingi elektros energijos šaltiniai, kurie galėtų gaminti elektros energiją šiltuoju metų laiku. Naudojant žaliąją masę galima patenkinti dalį elektros energijos poreikio Lietuvoje.
- Vasaros sezono metu Lietuva gali panaudoti žemės ūkio produkciją – biomasę. Panaudojant biomasę ūkio subjektai taptų finansiškai stipresni, būtų apsaugoti nuo produkcijos pertekliaus. Utilizuojamos atliekos ir gaunami galutiniai produktai: elektros energija, šiluma ir trąšos.
- 500 ha ūkiui parinktas bioreaktorius, kurio našumas žiemos metu gali aprūpinti vieną kogeneratorių gaminanti 330 kW elektros energijos, o vasaros metu du kogeneratorius po 330 kW.
- Tik 1/3 dalis produkcijos naudojamos biodujoms išgauti yra naudinga produkcija. 2/3 dalys yra likutiniai žemės ūkio produktai, kuriuos bet koku atveju reikia utilizuoti.

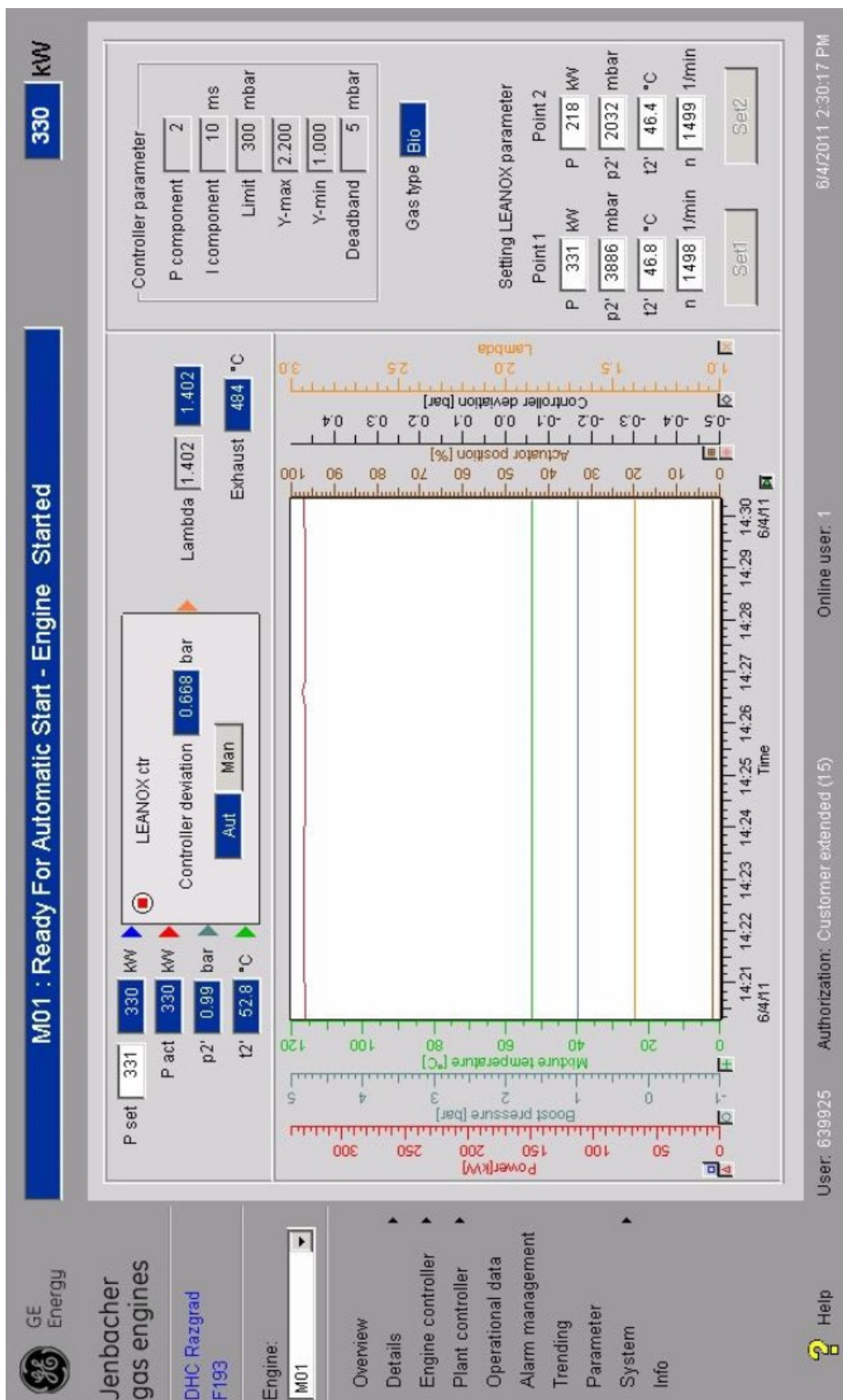
Literatūra

1. Kostrauskas, P. 2002. *Sinchroninės elektros mašinos*. Kaunas: Technologija. 42–78 p.
2. Isoda, G. 2006. *Elektros instaliacija*. Vilnius: Firidas. 6–35 p.
3. 2004 m. vasario 11 d. *Europos parlamento ir Tarybos direktyva 2004/8/EB dėl termofikacijos skatinimo, remiantis naudingosios šilumos paklausa vidaus energetikos rinkoje*.
4. Whiteley, M. 2001. Cogeneration's European future – cogeneration in a post-Kyoto world, *Cogeneration and On-Site Power Production*: 178–201.
5. Straipsnis [interaktyvus]. 2011. Spaudos pranešimas apie pirmąją Lietuvoje, biodujas deginančią, kogeneracinę jėgainę Kauno r. [žiūrėta 2011 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.lsta.lt/lt/articles/view/108>
6. Strbac, G., 2007. Electric power systems research on dispersed generation, *Electric Power System Research*: 1143–1147.
7. Bolognani, S.; Venturo, A.; Zigliotto, M. 2000. Novel control technique for high-performance diesel-driven generator-sets, *Conference Proceedings on Power Electronics and Variable Speed Drives*, Conference Publication: 214–254.
8. Januškevičius, V. 2003. *Automatinis valdymas*. Kaunas: Technologija. 54–65 p.
9. Aleksa, V. 2002. *Technologinių procesų automatizavimas*. Kaunas. 26–78 p.
10. Frank, E. Mosey. 1996. Environmental Impacts of Anaerobic Digestion and the Use of Anaerobic Residues as Soil Amendment, *Deploying Anaerobic Digesters: Current Status and Future Possibilities*: 47–56.
11. Vrubliauskas, S. 1997. Biodujų gamyba iš organinių atliekų, *Lietuvos mokslas* V tomas, 12 knyga: 91–97.
12. Savickas, J. 2001. Biodujų gamyba iš organinių atliekų, *Mokslas ir gyvenimas* 6.
13. Jens Bo Holm-Nielsen. 2007. The future of biogas in Europe: Visions and Targets 2020, *European Biogas Workshop and Study Trip*: 14–16.
14. 2008. Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010–2020 m., *Lietuvos biomasės energetikos asociacija LITBIOMA, Taikomojo mokslinio tyrimo galutinė ataskaita*. Vilnius.
15. Braun, R.; Weiland, P.; Wellinger, A. 2009. *Biogas from energy crop digestion*. 18 p.
16. Aleksynas, A. 2005. Perspektyvūs energetiniai augalai, *Mokslas ir technika* 10.
17. Savickas, J. 2009. Biodujų gamybos energetikos aspektai Lietuvoje, *Mokslas ir technika, ISSN 0134-3165* 1: 14–17.

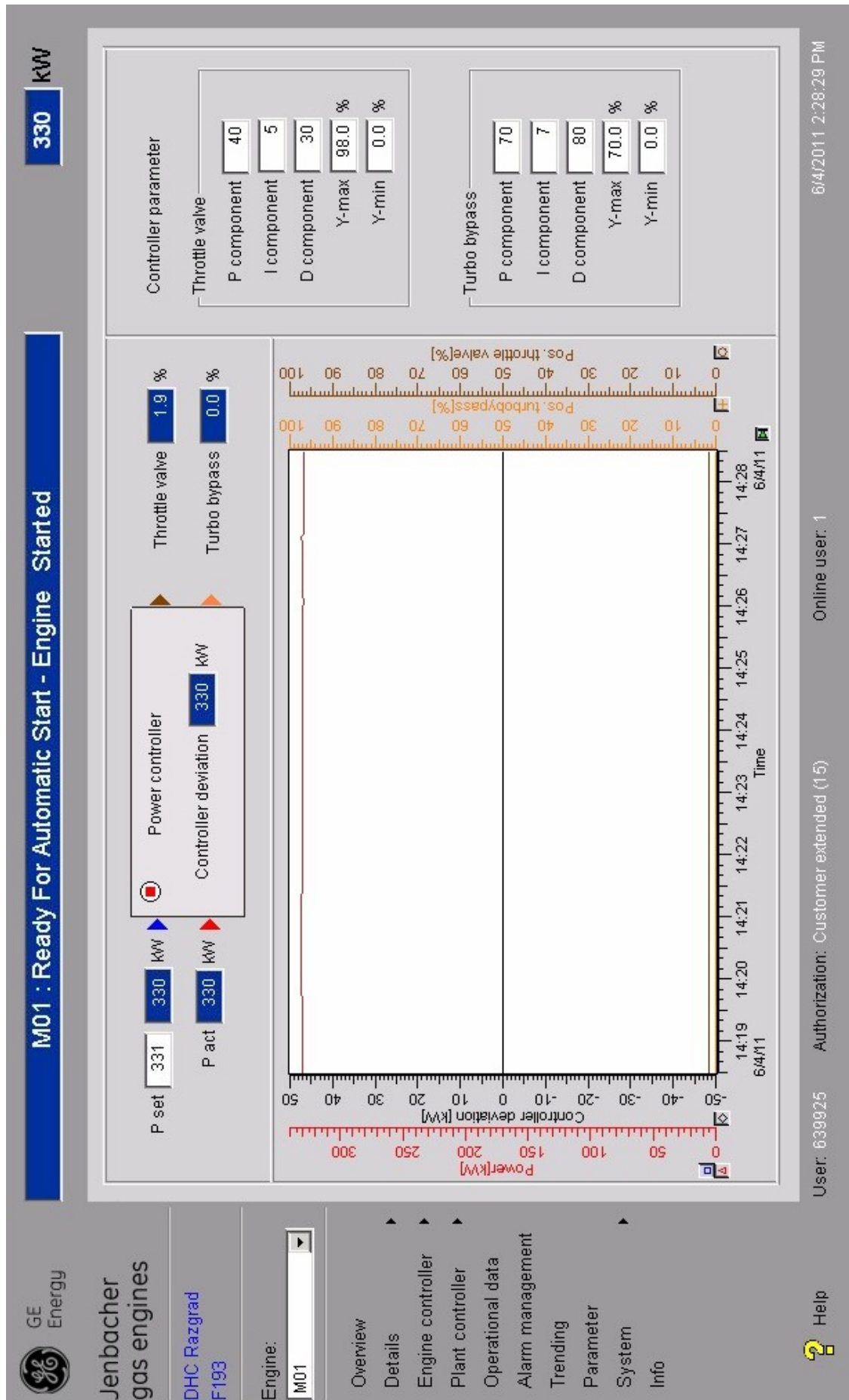
18. *Tyrimai* [interaktyvus]. 2011. Lietuvos statistikos departamentas [žiūrėta 2011 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://db1.stat.gov.lt/statbank/selectvarval/saveelections.asp?MainTable=M5010401&PLanguage=0&TableStyle=&Buttons=&PXSid=4361&IQY=&TC=&ST=ST&rvar0=&rvar1=&rvar2=&rvar3=&rvar4=&rvar5=&rvar6=&rvar7=&rvar8=&rvar9=&rvar10=&rvar11=&rvar12=&rvar13=&rvar14=>>>
19. *Tyrimai* [interaktyvus]. 2011. Lietuvos statistikos departamentas [žiūrėta 2011 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://db1.stat.gov.lt/statbank/selectvarval/saveelections.asp?MainTable=M5010401&PLanguage=0&TableStyle=&Buttons=&PXSid=4361&IQY=&TC=&ST=ST&rvar0=&rvar1=&rvar2=&rvar3=&rvar4=&rvar5=&rvar6=&rvar7=&rvar8=&rvar9=&rvar10=&rvar11=&rvar12=&rvar13=&rvar14=>>>
20. *Tyrimai* [interaktyvus]. 2011. Lietuvos statistikos departamentas [žiūrėta 2011 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.stat.gov.lt/lt/news/view/?id=8754>>
21. *Tyrimai* [interaktyvus]. 2011. Food and agriculture organization of the united nations [žiūrėta 2011 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>>

PRIEDAI

1. priedas. Kogeneratoriaus darbo vizualizacija



2. priedas. Kogeneratoriaus galios vizualizacija



3. priedas. Pranešimo XIV-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje medžiaga