G. Bažbauers, A. Blumberga, D. Blumberga, U. Sarma, I. Veidenbergs

Mazās koģenerācijas stacijas

RĪGA SIA EKODOMA
FILTER
WINDAU
RTU
ALSTOM
JENBACHER Intelligent Energy
essent BALTIC

425844

2003-6
L 78

L
6

G.Bažbauers, A.Blumberga, D.Blumberga, U.Sarma, I.Veidenbergs

Mazās koģenerācijas stacijas

Rīga
2002

Latvijas Nacionālā bibliotēka
030030260477

UDK.621.042

Mazās koģenerācijas stacijas
Autori:
inženierzinātņu doktors Gatis Bažbauers,
inženierzinātņu doktore Andra Blumberga,
habilitēta inženierzinātņu doktore Dagnija Blumberga,
diplomēts inženieris Uģis Sarma,
habilitēts inženierzinātņu doktors Ivars Veidenbergs

Kolektīvais autordarbs iecerēts kā pirmais solis koģenerācijas ideju skaidrošanā. Tajā ieskicēti daži teorētiskie, tehnoloģiskie, likumdošanas, ekonomiskie, finansiālie un vides aizsardzības un klimata izmaiņu samazinājuma aspekti.
Koģenerācijas burtnīcā ietvertais materiāls domāts plašam speciālistu lokam: gan tiem, kas plāno enerģijas avotā koģenerācijas staciju un gribētu uzsākt abu veidu enerģijas ražošanas komercdarbību, gan arī tie kas saņem siltumu no koģenerācijas stacijas šodien. Autori cer, ka katrs speciālists atradīs interesantu materiālu savam turpmākajam darbam.

Redaktors: Daina Ozola

Vāka mākslinieks: Māris Pelēķis

Ainára Ozola datorsalikums

Zinātniskais recenzents: inženierzinātņu doktors Jānis Bažbauers

Drukāts: Apgādā Imanta

ISBN 9987-9608-0-3

Saturs

	Ievads	4
1.	Teorētiskie aspekti	5
	1.1.Koģenerācijas definīcija	5
	1.2.Koģenerācijas izvēles pamats – enerģijas patērētājs	6
	1.3.Koģenerācijas tehnoloģiju termodinamiskie cikli	7
2.	Koģenerācijas staciju veidi	9
	2.1.Kurināmais	9
	2.2.Tvaika turbīnas	9
	2.3.Gāzes turbīnas	11
	2.4.Iekšdedzes dzinēji	14
	2.5.Kurināmā elementi (fuel cells)	14
	2.6. Problēmas koģenerācijas projektu realizācijas laikā	16
3.	Juridiskie aspekti	16
	3.1.Normatīvie akti, kas nosaka koģenerācijas iekārtu darbību	16
	3.2.Iepirkuma cenas elektroenerģijai un siltumenerģijai	17
4.	Ekonomiskie aspekti	19
	4.1.Pamatpieņēmumu izvirzīšana	20
	4.2.Materiālo rādītāju un ražošanas programmas aprēķins	20
	4.3.Ražošanas izmaksu aprēķins	20
	4.4.Ieguldījumi un finansēšana	21
	4.5.Aizņēmuma atmaksas aprēķins	21
	4.6.Nolietojuma aprēķins	21
	4.7.Peļņas vai zaudējumu aprēķins	21
	4.8.Naudas plūsmas aprēķins	21
	4.9.Bilance	22
	4.10.Pārdošanas cenu aprēķins	22
5.	Koģenerācijas finansējuma aspekti	23
6.	Koģenerācijas ietekme uz vidi un klimatu	25
	6.1.Izmešu ietekme apkārtējā vidē	25
	6.2.SEG izmešu tirdzniecības idejas	25
	6.3.Izmešu komponentes	26
	Bibliogrāfija	28

Ievads

Šobrīd Latvijā termins "koģenerācija" enerģētiķu vidū kļūst arvien populārāks. Tam ir vairāki iemesli:

- attīstās koģenerācijas tehnoloģijas, tās kļūst lētākas un, samazinoties uzstādītajai jaudai, arvien tuvāk tās pienāk elektroenerģijas un siltuma patērētājam;
- elektroenerģijas un siltumenerģijas vienlaicīga ražošana kļūst ekonomiski pamatota un videi draudzīga;
- sakārtojas likumdošana un jauni investori - potenciālie elektroenerģijas ražotāji ir gatavi ieguldīt līdzekļus mazajās koģenerācijas stacijās;
- attīstās jaunas finansēšanas shēmas un arvien populārāks un pievilcīgāks kļūst trešās puses finansējums;
- vērojamas arī citas iekšējās un ārējās ierosmes mūsu valstī, kuras popularizē koģenerācijas ideju.

Publikācijas virsraksts uzsver, ka tajā vairāk tiks atrasta informācija par mazām koģenerācijas stacijām (līdz 4 MWe). Lai ilustrētu pēc iespējas pilnīgāku ainu, autori neaprobežojas tikai ar nelielas jaudas koģenerācijas tehnoloģiju apskatu.

Kolektīvais autordarbs iecerēts kā pirmais solis koģenerācijas ideju skaidrošanā. Tajā ieskicēti daži teorētiskie, tehnoloģiskie, likumdošanas, ekonomiskie, finansiālie un vides aizsardzības un klimata izmaiņu samazinājuma aspekti. Laikā, kad tapa šis materiāls Regulatorā (Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijā, turpmāk SPRK) vēl turpinājās darbs pie koģenerācijas stacijās ražotās elektroenerģijas un siltumenerģijas cenu noteikšanas metodikas un ir plānots, ka metodika tiks apstiprināta līdz 2002.gada jūnijam. Lasītāji atradīs ekonomiski pamatotus pamatprincipus, uz kuriem varētu balstīties aprēķina metodika siltuma un elektroenerģijas iepirkšanai no koģenerācijas stacijām.

Koģenerācijas burtnīcā ietvertais materiāls domāts plašam speciālistu lokam: gan tiem, kas plāno enerģijas avotā koģenerācijas staciju un gribētu uzsākt abu veidu enerģijas ražošanas komercdarbību, gan arī tie kas saņem siltumu no koģenerācijas stacijas šodien. Autori cer, ka katrs speciālists atradīs interesantu materiālu savam turpmākajam darbam.

Autoru kolektīvs darbu turpina pie grāmatas.

1. Teorētiskie aspekti

1.1. Koģenerācijas definīcija

Koģenerācija ir enerģijas pārveides process, kurā noris vienlaicīga elektroenerģijas un siltumenerģijas izstrāde vienā un tajā pašā tehnoloģiskajā iekārtā, iekārtai raksturīgā elektroenerģijas pret siltumenerģiju attiecībā. Ar enerģiju attiecību saprot visas izstrādātās elektroenerģijas (bruto) attiecību pret patērētājam nodoto siltumenerģiju (neto). Attiecību pieņemts apzīmēt ar α (turpmāk tekstā α-vērtība) un tā ir koģenerācijas sistēmas kvalitātes rādītājs, raksturojot cik kWh elektroenerģijas var izstrādāt uz vienu kWh patērētājam atdotās siltumenerģijas bāzes. Šis rādītājs raksturo termisko dzinēju iespējas elektroenerģijas izstrādē koģenerācijas sistēmā un ir atkarīgs no daudziem faktoriem, tajā skaitā siltuma patēriņa:

- slodzes;
- siltuma nesēja veida (tvaiks, ūdens);
- siltuma nesēja parametriem (temperatūra, spiediens).

Tāpēc, norādot α-vērtības, var runāt par vidējām vērtībām vai vērtību diapazonu. Dažādu koģenerācijas staciju pamattehnoloģiju inženiertehniskais salīdzinājums dots 1.tabulā.

1.tabula
Koģenerācijas iekārtu tehniskais raksturojums[1]

Koģenerācijas stacijas veids	Elektriskās jaudas diapazons, MWe	Termodinamiskais lietderības koeficients	Kurināmā izmantošanas lietderības koeficients	α-vērtība
Tvaika cikls	> 4	25-40%	82-85%	0.2-0.4
Gāzes turbīna un utilizācijas katls	> 4	25-35%	82-85%	0.4-0.6
Gāzes-tvaika kombinētais cikls	>100	50-60%	85-88%	0.8-1.1
Gāzes dzinējs	<4	35-42%	85-90%	0.8-1.5
Gazifikācijas kombinētais cikls	>100	40-45%	85%	0.8-1.1
Kurināmā elementi	<4	36-70%	73-85%	1.5

Ar koģenerācijas elektroenerģiju saprot elektroenerģiju, izstrādātu koģenerācijas iekārtā uz lietderīgi izmantotās siltumenerģijas patēriņa bāzes, atbilstoši iepriekšminētiem noteikumiem. Koģenerācijas iekārtā vienlaikus ar elektroenerģiju izstrādātā un patērētājam nodotā siltumenerģija ir koģenerācijas siltumenerģija.

Ja daļa no koģenerācijas procesā izstrādātās siltumenerģijas netiek nodota patērētājam (zudumi stacijā, pašpatēriņš u.c.), tad par koģenerācijas elektroenerģiju uzskatāma tikai tā daļa, kura izstrādāta uz patērētājam atdotās siltumenerģijas bāzes.

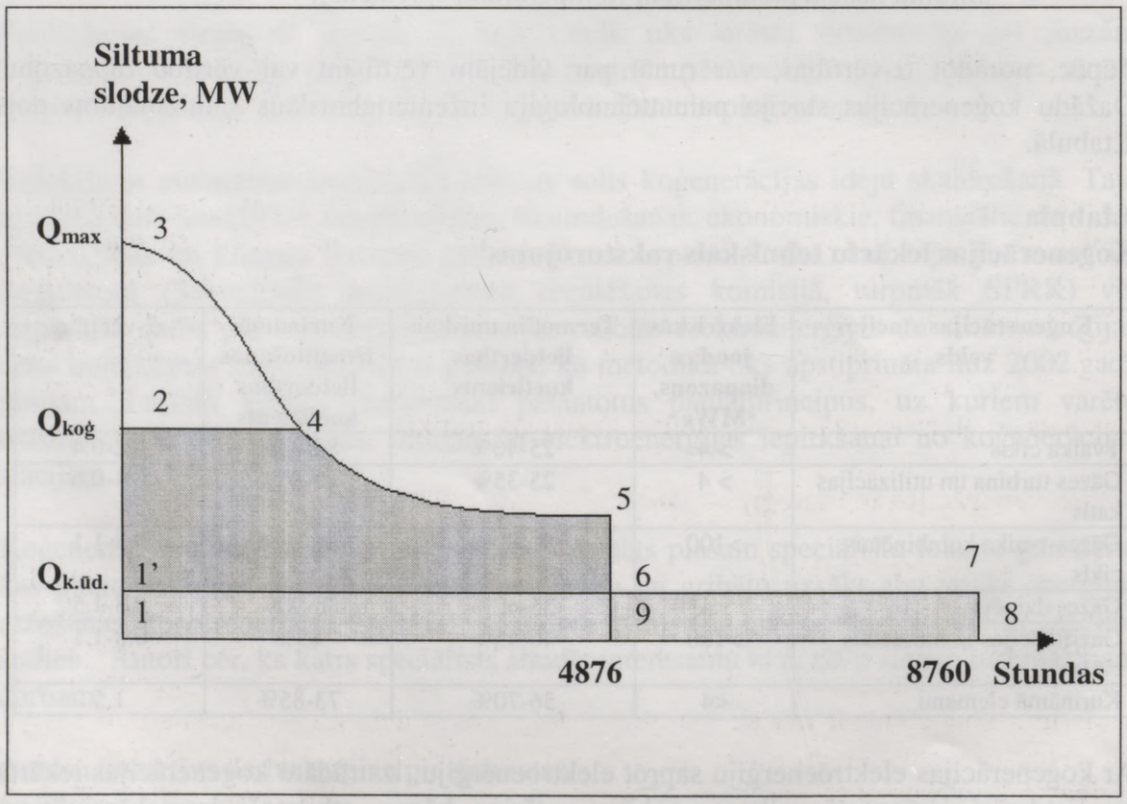
[1] Atsevišķos gadījumos staciju rādītāji var atšķirties no tabulā norādītajām.

1.2. Koģenerācijas izvēles pamats - enerģijas patērētājs

Kā izriet no iepriekš izklāstītās definīcijas, koģenerācijas staciju uzstāda tikai tad, ja ir siltuma enerģijas patērētājs un atbilstošs elektroenerģijas noieta tirgus. Tātad svarīgākais nosacījums šajā gadījumā ir enerģijas patērētājs.
Atkarībā no patērētajam nepieciešamās enerģijas veida, izšķir divas pamatos atšķirīgas koģenerācijas sistēmas ar:

- primāru elektroenerģijas izstrādi;
- primāru siltumenerģijas izstrādi.

Pirmā veida sistēmas ir plaši pazīstamas un, runājot par koģenerāciju, parasti iedomājamies šādas sistēmas. Tās tiek veidotas, lai primāri izstrādātu elektroenerģiju un procesā novadāmo zemāka potenciāla siltuma enerģiju izmantotu tālāk - patērētāja siltuma slodzes segšanai, ar to saprotot gan komunālo siltuma patēriņu, gan tehnoloģiskos procesos izmantojamu siltuma enerģiju.



1.att. Siltuma slodzes ilguma grafiks

Otrā veida koģenerācijas sistēmās primāra ir augsta potenciāla siltumenerģijas izstrāde galvenokārt tehnoloģiskajiem procesiem. Procesos novadāmo enerģiju izmanto tvaika ģenerēšanai un elektroenerģijas izstrādei tvaika turbīnās. Šādas sistēmas iespējamas metalurģiskos, rektifikācijas un citos augsttemperatūru tehnoloģiskos procesos.

Lai arī pirmā veida koģenerācijas sistēmās primāra ir elektroenerģijas izstrāde, to izveide sākas ar patērētāja siltuma slodzes novērtēšanu. Siltuma slodzes lielumus un to

pastāvēšanas ilgumu gada laikā, izteiktu stundās raksturo slodzes ilguma grafiks, kurš vispārējā veidā dots 1.attēlā.

Koģenerācijas iekārtu uzstādītās siltuma jaudas attiecību pret patērētāja maksimuma siltuma slodzi sauc par termofikācijas koeficientu, un to nosaka sekojoši:

$$\text{Termofikācijas koeficients} = \alpha_{termof} = \frac{Q_{koģ.}}{Q_{\max}} = \frac{Q_{koģ.}}{Q_{koģ.} + Q_{p.katli.}} = \frac{Q_{koģ.}}{Q_{\max}^{apk.+vent.} + Q_{vid.}^{k.ūd.}}$$

Termofikācijas koeficients parasti ir robežās no 0.4 - 0.5, lai iegūtu pēc iespējas lielāku koģenerācijas iekārtu uzstādītās jaudas izmantošanas stundu skaitu.

Izvēloties koģenerācijas iekārtu ar uzstādīto siltuma jaudu $Q_{koģ.} = 0.5\ Q_{max}$, tā var strādāt tikai apkures sezonā un nostrādāt 4000-5000 stundas. Taču, pēc siltumenerģijas daudzuma (laukums 1-2-4-5-9), koģenerācijas iekārtas izstrādā 80-85% no kopējā pieprasītā siltumenerģijas daudzuma apkures sezonā - pārējo sedz maksimumslodžu jeb pīķa ūdenssildāmie katli (laukumi 2-3-4 un 6-7-8-9).

Izvēloties koģenerācijas iekārtu ar uzstādīto siltuma jaudu $Q_{koģ.} = Q_{k.ūd.}$, koģenerācijas iekārta var strādāt visu gadu t.s. "bāzes slodzes" režīmā, nostrādājot vairāk kā 7000 stundas gadā (izstrādātās siltumenerģijas daudzums - laukums 1-1'- 7-8).

Izvēloties to slodzes daļu, kuru segt ar koģenerācijas palīdzību, vadās no apsvēruma, lai uzstādītās jaudas izmantošanas stundu skaits būtu vismaz 4500 stundas gadā. Termofikācijas koeficienta izvēlē dažādu valstu speciālistiem ir atšķirīgi viedokļi, tāpēc minētais lielums ir uzskatāms par aptuvenu un precizējamu ekonomisko aprēķinu ceļā. Atbilstoši slodzes ilguma stundu skaitam ar koģenerāciju sedzamās slodzes vērtība varētu būt 0,4...0,6 no patērētāja maksimālās siltuma slodzes. Arī šis lielums ir aptuvens un atkarīgs no faktiskā slodzes izmaiņas grafika.

1.3. Koģenerācijas tehnoloģiju termodinamiskie cikli

Ikvienas energoefektīvas un ekonomiski pamatotas enerģijas izstrādes tehnoloģijas pamatā ir kurināmā ķīmiskās enerģijas pārveides procesi.. Vispārējā gadījumā var apgalvot, ka jo vairāk pārveides procesu vēlamās enerģijas ieguvē, jo zemāks ir kopējais lietderības koeficients, tāpēc ka katra enerģijas pārveide noris ar zudumiem un tās lietderības koeficients ir mazāks par vienu. Kopējais lietderības koeficients ir atsevišķu pārveides procesu lietderības koeficientu reizinājums. No šī viedokļa perspektīva ir kurināmā ķīmiskās enerģijas tieša pārveide elektriskajā enerģijā, kura, piemēram, tiek veikta kurināmā elementos. To apliecina šo iekārtu augstie lietderības koeficienti (skatīt 1. tab.).

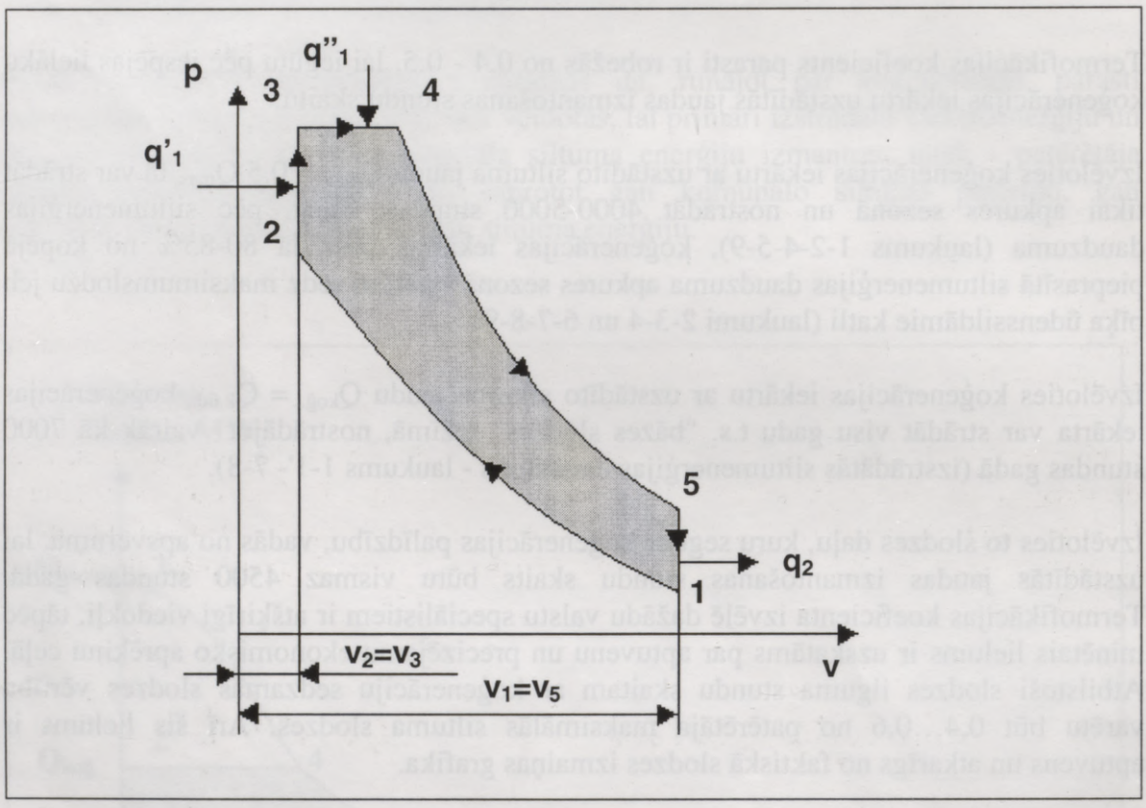
Tradicionālie kurināmā enerģijas pārveides procesi ir:

- degšanas process; iegūstot siltuma enerģiju karstu gāzu vai tvaika veidā;
- siltuma enerģijas pārveide mehāniskajā enerģijā siltuma dzinējos;
- mehāniskās enerģijas pārveide elektriskajā elektroģenerātoros.

Enerģijas pārveides ķēdes kopējo energoefektivitāti ierobežo siltuma dzinēju termiskie lietderības koeficienti, jo degšanas un elektroenerģijas ģenerēšanas procesu

energoefektivitāte modernajās tehnoloģiskajās ir augsta. Katras koģenerācijas tehnoloģijas pamatā ir kāds no termodinamiskajiem cikliem:

- Renkina cikls ar modifikācijām tvaika turbīnām;
- Otto cikls vai cikls ar kombinētu siltuma pievadīšanu iekšdedzes dzinējiem;
- gāzes turbīnas cikls ar modifikācijām gāzes turbīnām;
- kombinētais cikls gāzes un tvaika turbīnu izmantošanas gadījumā.



2.att. Cikls ar kombinētu siltuma pievadīšanu.

Cikli ir vienkāršots, siltuma dzinēju reālu darbināšanas procesu atspoguļojums, izmantojot atgriezeniskus termodinamiskus procesus. To dara ar nolūku, lai veicot ciklu termodinamisko analīzi, paturētu būtiskos un atmetot otršķirīgos dzinēju darbību ietekmējošus faktorus. Analīzes mērķis ir noskaidrot faktoru un to izmaiņu ietekmi uz ciklu termisko lietderības koeficientu, un noskaidrot iespējas tā paaugstināšanai.

Attēlojot reālos siltuma dzinēju darbināšanas procesus termodinamisko ciklu veidā, izdara virkni pieņēmumu:

- degšanas procesus aizvieto ar siltuma pievadīšanu no siltuma avota;
- degšanas produktu izplūdi aizstāj ar siltuma novadīšanu dzesētājā (vidē, kondensatorā);
- ciklā nemainās darba vielas daudzums;
- darba vielas saspiešanas un izplešanās procesos nenotiek siltuma apmaiņa (tie ir adiabātiski);
- darba viela ir ideāla gāze.

Kā piemēru aplūkosim mūsdienu dīzeļdzinēja termodinamisko ciklu, kur attēlots spiediens (p) – īpatnējais tilpums (v) koordinātēs un parādīts 2. attēlā.

Process 1 – 2 ir adiabātiska darba vielas (gaisa) saspiešana. Siltuma pievadīšana (degvielas iesmidzināšana) notiek daļēji nemainīgā tilpumā 2 - 3, pievadot siltuma daudzumu q_1', un daļēji nemainīgā spiedienā 3 - 4, pievadot siltuma daudzumu q_1''. Procesā 3 – 4 notiek arī iepriekšēja darba vielas izplešanās. Posmā 4 – 5 darba vielas (degšanas produktu) adiabātiska izplešanās tiek pabeigta. Process 5 – 1 raksturo siltuma q_2 novadīšanu (dūmgāzu izplūdi).

Energoefektivitātes paaugstināšana siltuma dzinējos saistās ar divu veidu pasākumiem:

- pilnveidojumi, kurus veic ciklā;
- ciklā novadītā siltuma pilnīgāka izmantošana patērētāja siltuma slodzes segšanai.

Kā cikla pilnveidojuma piemērs dīzeļdzinējos var kalpot turbopūtes lietojums. Šajā gadījumā izplūdes gāzes pirms izvadīšanas vidē darbina turbokompresoru, kurš saspiestu gaisu padod cilindrā, tādā veidā palielinot gaisa lādiņu un tā rezultātā dzinēja jaudu. Modernās tehnoloģijās gaisu pēc saspiešanas dzesē un dzesēšanas siltumu izmanto patērētāja vajadzībām.

Ciklā novadāmās enerģijas pilnīgāka izmantošana saistīta ar dzinēja dzesēšanas, eļļas dzesēšanas un dūmgāzu siltuma izmantošanu patērētāju siltuma slodzes segšanai. Citiem siltuma dzinēju veidiem ir savi, tiem raksturīgi energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi. To realizācija koģenerācijas iekārtu shēmās aplūkota 2. nodaļā.

2. Koģenerācijas staciju veidi

2.1. Kurināmais

Koģenerācijas iekārtās izmanto dažādus kurināmā veidus.

- Fosilos kurināmos.
- Atjaunojamos jeb reģeneratīvos kurināmos.

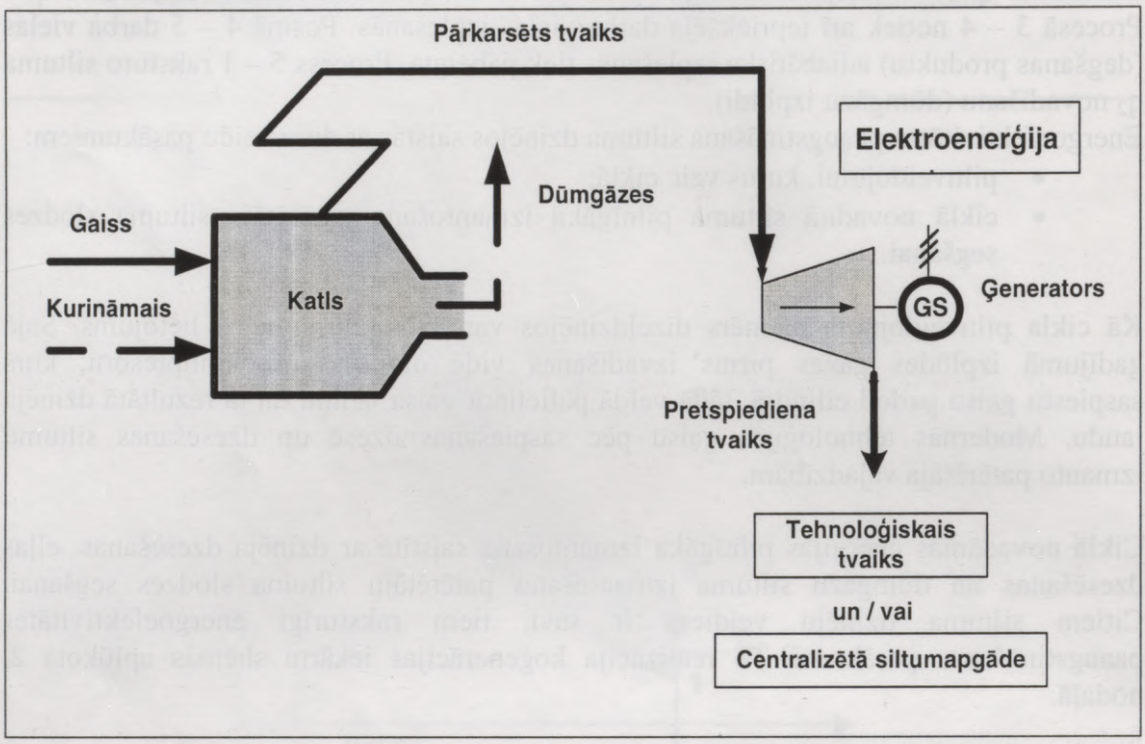
Fosilo kurināmo izmantošanu limitē tehnoloģisko iekārtu konstruktīvie parametri. Piemēram, gāzes turbīnās un dzinējos, galvenokārt, izmanto dabas gāzi un dīzeļdegvielu, turpretī ja koģenerācijas stacijā uzstādīti katli un tvaika turbīnas, tad iepriekšminētie fosilā kurināmā veidi papildinās ar oglēm, mazutu un kūdru.

Atjaunojamie kurināmie, kuri tiek izmantoti koģenerācijas iekārtās, parasti ir biomasa - enerģētiskās koksnes veidā no kokapstrādes uzņēmumiem un biogāze no atkritumu izgāztuvēm vai notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Pēdējā laikā pasaulē sākusies biodīzeļdegvielas izmantošana koģenerācijas staciju dzinējos.

2.2. Tvaika turbīnas

Tvaika turbīnas ir visplašāk lietotās enerģētikas iekārtas elektroenerģijas ražošanai. Koģenerācijas iekārtās parasti izmanto pretspiediena turbīnu (3.att.), kas ir

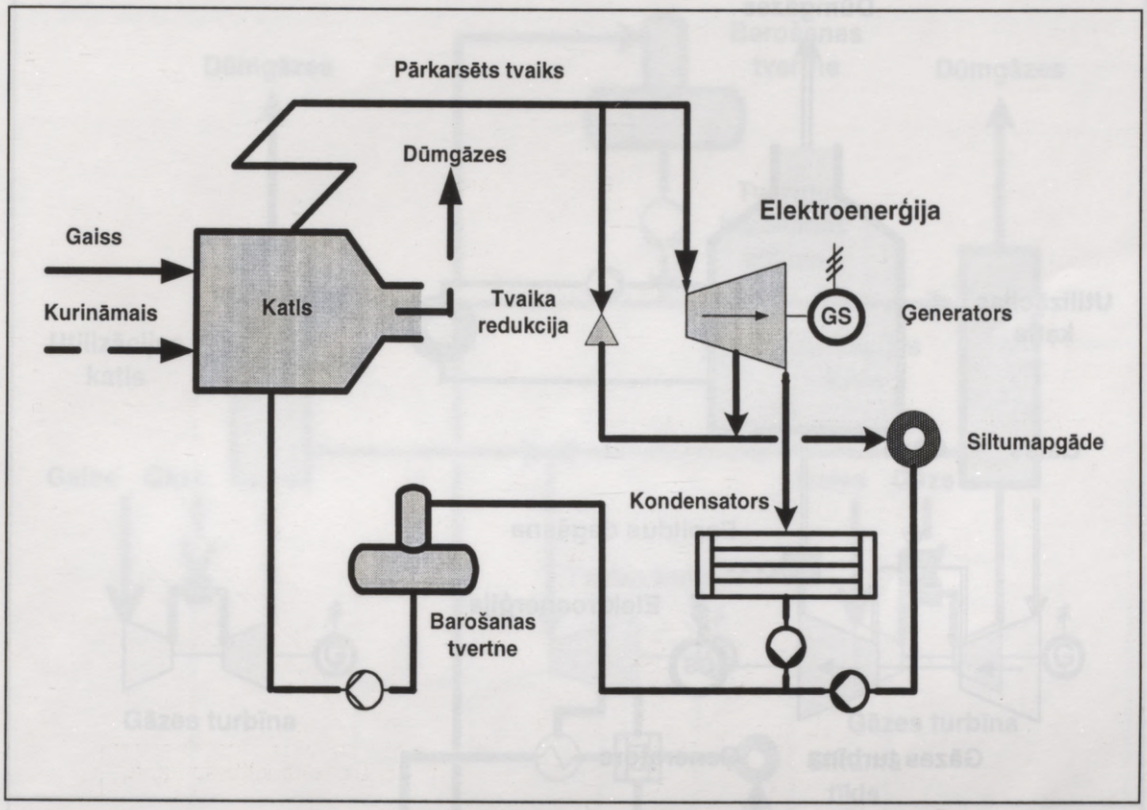
visvienkāršākā tipa turbīna, jo viss elektroenerģijas ražošanai izmantotais tvaiks pēc turbīnas tiek izmantots tehnoloģijas vai siltumapgādes vajadzībām. Tvaiks tiek ražots tvaika katlā, kurā var tikt izmantoti dažāda veida kurināmie (cietais, dabasgāze, šķidrais) un turbīnā vairumā gadījumu izmanto pārkarsētu tvaiku.



3. att. Tvaika-cikla koģenerācijas iekārta ar pretspiediena turbīnu [1].

Pretspiediena turbīnas galvenās priekšrocības ir tās vienkāršība, relatīvi mazie kapitālieguldījumi un relatīvi augstais lietderības koeficients. Pretspiediena turbīnas koģenerācijas iekārtas būtiskākā priekšrocība slēpjas faktā, ka, lai ražotu elektroenerģiju, katlā ir jāsaražo tikai nedaudz vairāk tvaika nekā tiktu saražots, lai nodrošinātu tvaiku tehnoloģijai vai siltumapgādes vajadzībām [2]. Tomēr turbīna var ražot elektroenerģiju tikai tad, ja ir pietiekams siltumenerģijas patēriņš.

Lai varētu ražot elektroenerģiju arī tad, kad nav pietiekams siltumenerģijas patēriņš, izmanto kondensācijas turbīnas ar rūpniecības un/vai termofikācijas nozartvaiku (4. att.), kuras var strādāt gan termofikācijas, gan kondensācijas režīmā. Termofikācijas režīmā tvaiks no turbīnas nozarēm tiek izmantots tehnoloģijas vai siltumapgādes vajadzībām, bet caur turbīnas zemspiediena daļu un kondensatoru plūst tikai daļa tvaika. Kondensācijas režīmā viss tvaika daudzums izplūst caur zemspiediena daļu, ražojot elektroenerģiju kondensācijas režīmā. Kondensācijas turbīna ar rūpniecības un/vai termofikācijas nozartvaiku ļauj ražot elektroenerģiju neatkarīgi no siltumenerģijas patēriņa, taču tai ir zemāks lietderības koeficients kā pretspiediena un kondensācijas turbīnām. Jebkurā darbības režīmā zināma daļa no elektroenerģijas tiks izstrādāta kondensācijas režīmā. Turklāt tvaika kondensācijas sistēmas izveide un ekspluatācija vērā ņemami palielina kapitālieguldījumus un ekspluatācijas izmaksas.

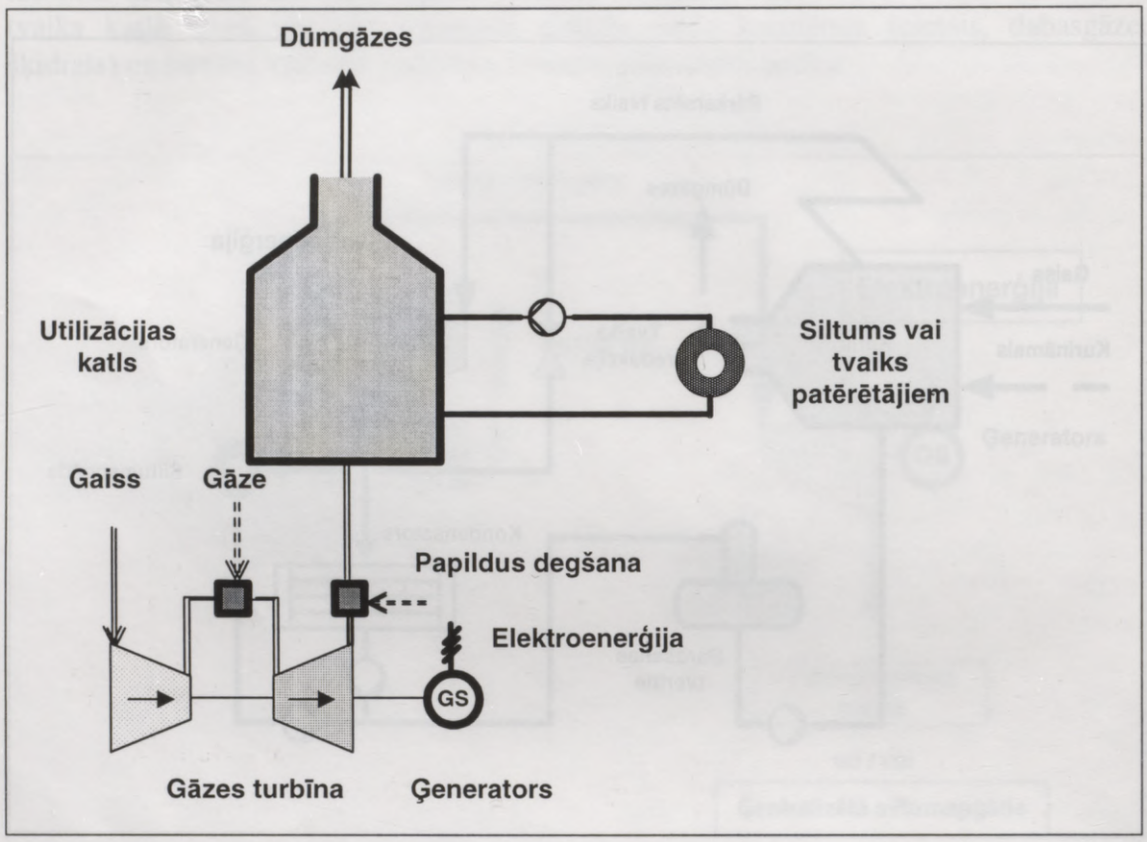


4. att. Tvaika-cikla koģenerācijas iekārta, kurā izmanto kondensācijas turbīnu ar rūpniecības un/vai termofikācijas nozartvaiku [1].

2.3. Gāzes turbīnas

Gāzes turbīnas tiek plaši izmantotas koģenerācijas iekārtās, pateicoties sekojošām priekšrocībām:

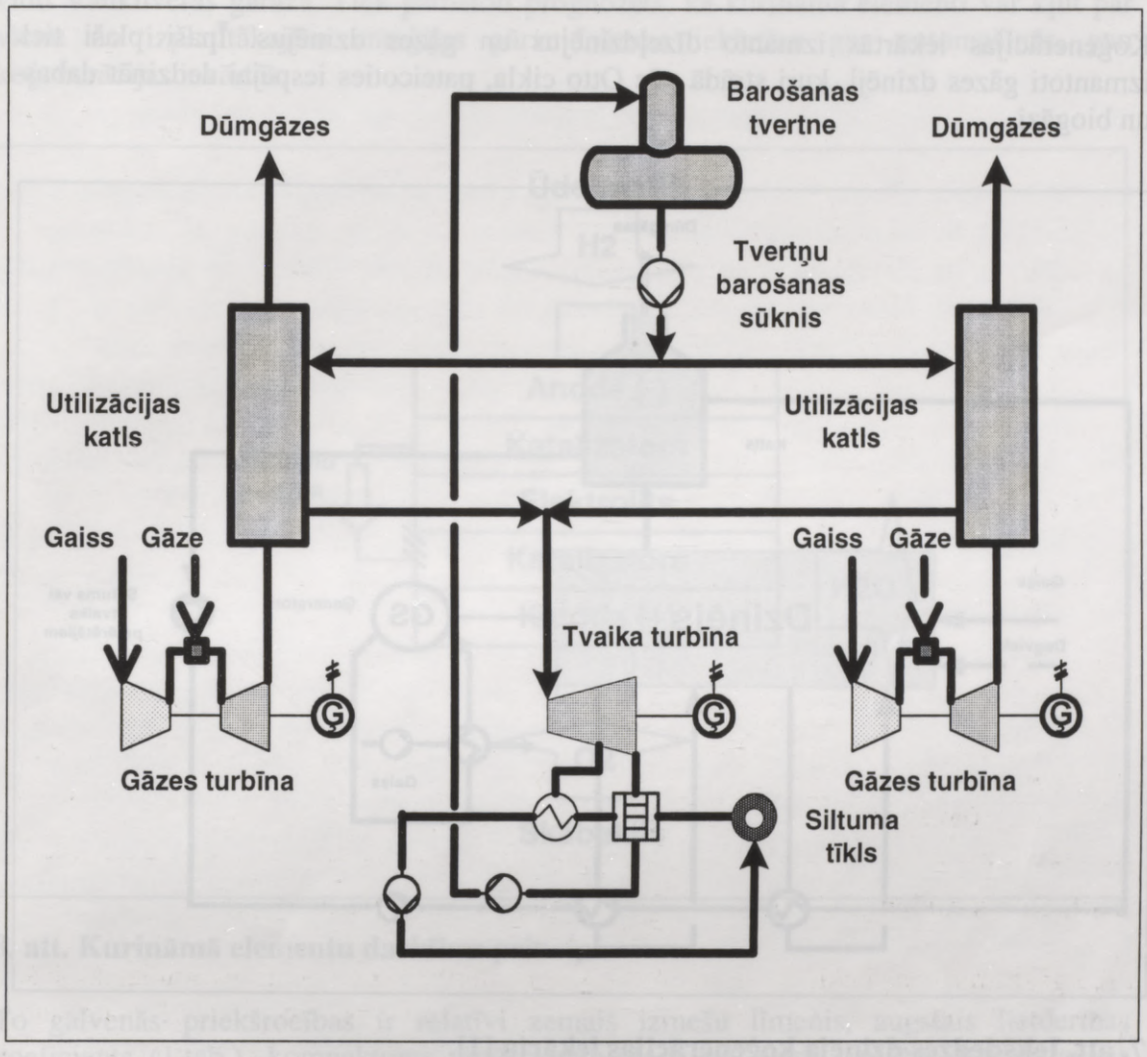
- tās ir pieejamas plašā jaudas diapazonā, sākot ar mikroturbīnām, kuru elektriskā jauda ir daži desmiti kWe, līdz turbīnām ar jaudu vairāki desmiti MWe;
- tās ir relatīvi kompaktas, ar augstu α-vērtību;
- tām raksturīga augsta drošuma pakāpe;
- tām nav nepieciešama iepriekšēja uzsildīšana, līdz ar to tās var ātri ieiet pilnas jaudas ekspluatācijas režīmā.



5. att. Gāzes turbīnas un katla-utilizatora koģenerācijas iekārta [1].

Taču gāzes turbīnas jaudu un termodinamisko lietderības koeficientu jūtami ietekmē āra gaisa temperatūra un turbīnas noslodze. Gāzes turbīnas nav lietderīgi izmantot apstākļos, kuros nepieciešama bieža turbīnas ieslēgšana un izslēgšana jo tas nozīmīgi samazina iekārtas darba mūžu un palielina ekspluatācijas izmaksas. Gāzes turbīnas lietderības koeficientu un darba mūžu nozīmīgi ietekmē arī turbīnā izmantotā gaisa kvalitāte. Gaisam ir jābūt attīrītam no netīrumu daļiņām, putekļiem un ķīmiskām vielām. Īpaši postoši ir sāls putekļi, kurus rada ziemas laikā uz ceļiem kaisītā sāls. Gāzes turbīnas ekspluatācijai ir nepieciešams augsti kvalificēts personāls. Lai iespējami maz tiktu izmantoti dārgie izgatavotājrūpnīcu speciālistu pakalpojumi, jāparedz apakalpojošā personāla speciāla apmācība [2].

Relatīvi vienkārša un lēta ir gāzes turbīnu koģenerācijas iekārta, kurā gāzes turbīnas dūmgāzu siltumu izmanto tvaika vai karstā ūdens ražošanai, tehnoloģijai un siltumapgādei, lietojot utilizācijas katlu (5.att.). Utilizācijas katlā var paredzēt arī papildus degšanu ar kuru ir iespējams panākt augstākus saražotās siltumenerģijas parametrus (spiedienu, temperatūru), vai nodrošināt siltumenerģijas ražošanu kad nedarbojas gāzes turbīna. Papildus degšanai var izmantot to pašu kurināmo, kuru izmanto gāzes turbīnā, vai arī atšķirīgu. Degšanas procesam izmanto gaisu, kuru satur dūmgāzes, vai paredz papildus svaiga gaisa pievadīšanu.
Dažkārt tiek ierīkots utilizācijas katla apvada dūmvads, kas ļauj gāzes turbīnai strādāt bez vai ar daļēju utilizācijas katla izmantošanu, t.i. visa vai daļa no gāzes turbīnas saražotās elektroenerģijas tiek izstrādāta kondensācijas režīmā.



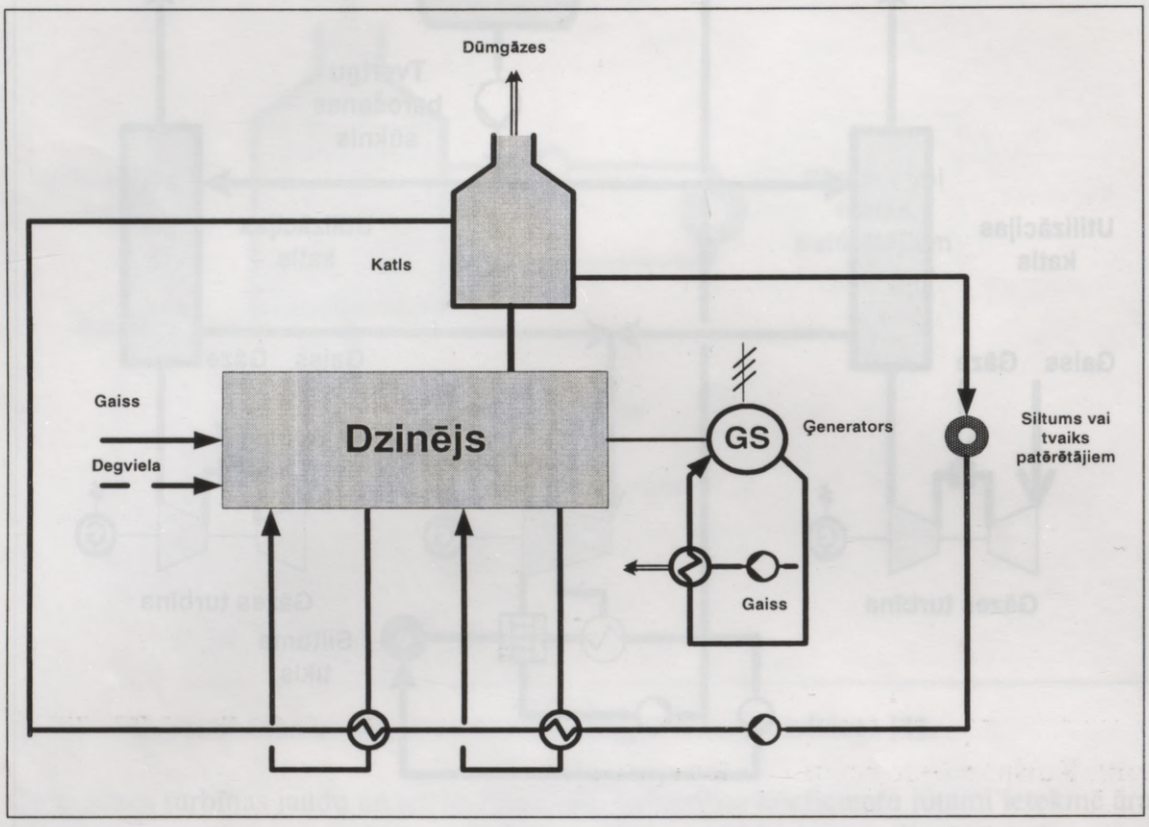
6. att. Gāzes-tvaika kombinētā cikla koģenerācijas stacija [1].

Darbināšanas režīms ar papildus degšanu vai dūmgāzu apvadu utilizācijas katlam nav koģenerācijas režīms, jo šajā gadījumā nav vienlaikus abu enerģijas veidu izstrādes. Pirmajā gadījumā - papildus degšanas siltums nepiedalās elektroenerģijas izstrādē, otrajā (pēc darba gāzes turbīnā, kur izstrādā elektroenerģiju) - dūmgāzes nepiedalās patērētājam nododamās siltumenerģijas izstrādē.

Gāzes turbīnas koģenerācijas iekārtas α-vērtību var ievērojami palielināt, ja utilizācijas katlā ražotais tvaiks tiek novadīts uz tvaika turbīnu tādejādi apvienojot jeb kombinējot divus koģenerācijas staciju veidus: gāzes turbīnas un tvaika-cikla. Gāzes-tvaika kombinētā cikla koģenerācijas stacijā (6.att.) var izmantot vairākas gāzes turbīnas un utilizācijas katlus, kā arī vairākas tvaika turbīnas. Tāpat kā tvaika-cikla koģenerācijas stacijā, kombinētā cikla koģenerācijas stacijā var izmantot pretspiediena un tvaika turbīnas ar rūpniecības un/vai termofikācijas nozartvaiku. Jāatzīmē, ka pateicoties relatīvi maziem kapitālieguldījumiem uz 1 kWe uzstādītās elektriskās jaudas, īsiem celtniecības termiņiem, augstu α-vērtību un augstu kurināmā izmantošanas lietderības koeficientu, kombinētā cikla stacijas ir visbiežāk izmantotā tehnoloģija vietās, kur pieejama dabasgāze un ir pietiekami liela siltuma slodze.

2.4. Iekšdedzes dzinēji

Koģenerācijas iekārtās izmanto dīzeļdzinējus un gāzes dzinējus. Īpaši plaši tiek izmantoti gāzes dzinēji, kuri strādā pēc Otto cikla, pateicoties iespējai dedzināt dabas- un biogāzi.



7. att. Iekšdedzes dzinēja koģenerācijas iekārta [1].

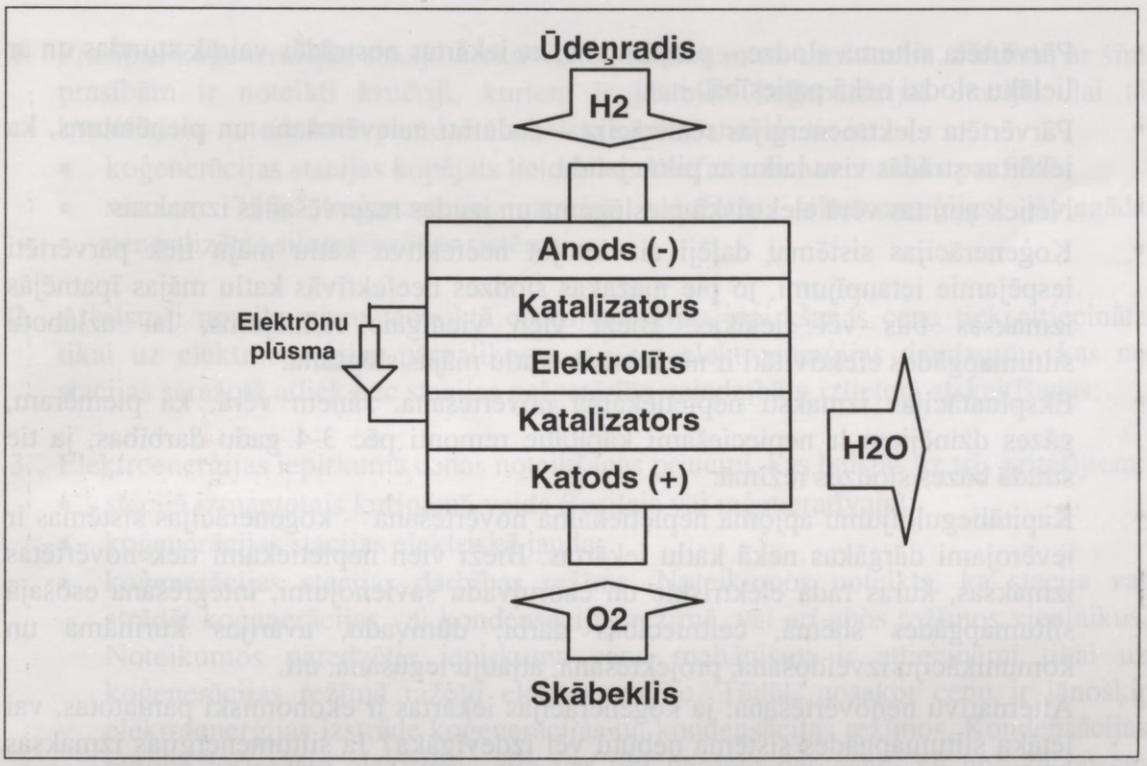
Iekšdedzes dzinēji ir viena no visefektīvākajām alternatīvām starp mazas jaudas elektroenerģijas ģenerējošām iekārtām, kuras var sasniegt pilnas jaudas režīmu īsā laika periodā. Turklāt, iekšdedzes dzinēju koģenerācijas iekārtām ir raksturīga augsta α-vērtību (1.tabula).

Lielāko daļu no saražotā siltuma daudzuma (> 50%) iegūst izmantojot aizejošo dūmgāzu siltumu (7.att.), aptuveni 30% siltumenerģijas iegūst no dzinēja dzesēšanas ūdens, bet pārējais siltuma daudzums tiek iegūts no eļļošanas sistēmas un saspiestā gaisa dzesēšanas. Kā dzinēju trūkumu var minēt relatīvi augstās ekspluatācijas izmaksas.

2.5. Kurināmā elementi (fuel cells)

Neraugoties uz to, ka kurināmā elementu pamatprincipi tika atklāti jau 1839. gadā, to komercializāciju kavēja relatīvi augstās kapitālizmaksas. Kurināmā elementu attīstība 20. gs. 90-os gados ir piedzīvojusi strauju attīstību, galvenokārt pateicoties Džefrija Balarda (Geoffrey Ballard)

sekmīgi izveidotajam "protonu-apmaiņas membrānas" kurināmā elementam 80-o gadu vidū Vankūveras garāžā. Tiek pamatoti prognozēts, ka kurināmā elementi var kļūt par vienu no izplatītākajām enerģijas pārveidošanas iekārtām gan automašīnās, gan koģenerācijas iekārtās.



8. att. Kurināmā elementu darbības principi.

To galvenās priekšrocības ir relatīvi zemais izmešu līmenis, augstais lietderības koeficients (1.tab.), kompaktums, ērtā ekspluatācija un klusā darbība. Kā galvenais trūkums ir jāmin relatīvi augstās kapitālizmaksas.

Kurināmā elementos ķīmiskā enerģija tiek tieši pārveidota elektroenerģijā, izmantojot tā saukto "apgrieztās elektrolīzes" procesu, kurā izdalās ūdens tvaiks (8.att.). Ūdeņradis tiek pievadīts negatīvi lādētajam anodam, pie kura ūdeņraža atoms sadalās pozitīvi lādētajā protonā un negatīvi lādētajā elektronā. Protons turpina savu ceļu caur elektrolītu, un pie pozitīvi lādētā katoda saistās ar skābekļa atomiem un elektroniem, veidojot ūdens molekulas. Savukārt no atdalītās elektronu plūsmas, kura nevar virzīties caur elektrolītu, bet virzās pa apkārtceļu, tiek tieši iegūta elektroenerģija. Lai paātrinātu elektroķīmisko procesu tiek izmantoti katalizatori.

Atkarībā no izmantotā elektrolīta tipa, izšķir septiņus galvenos kurināmā elementu tipus:

1. Sārma (*Alkaline*).
2. Kausēta karbonāta (*Molten Carbonate*).
3. Cieto oksīdu (*Solide Oxide*).
4. Metanola (*Direct Methanol*).
5. Reģeneratīvie (*Regenerative*).
6. Fosforskābes (*Phosphoric Acid*).
7. Protonu apmaiņas membrānas (*Proton Exchange Membrane*).

2.6. Problēmas koģenerācijas projektu realizācijas laikā.

Laikā, kad koģenerācijas projekts tiek uzsākts, tā īstenotājiem jāsastopas ar problēmām, kuru risinājums nereti var novest pie neveiksmēm. Kā liecina apkopotā informācija, visbiežāk pieļautās kļūdas koģenerācijas projektu realizācijā var būt dažādas.

- Pārvērtēta siltuma slodze – pieņēmums, ka iekārtas nostrādās vairāk stundas un ar lielāku slodzi nekā patiesībā.
- Pārvērtēta elektroenerģijas realizācija – zudumu neievērošana un pieņēmums, ka iekārtas strādās visu laiku ar pilnu jaudu.
- Netiek ņemtas vērā elektriskā pieslēguma un jaudas rezervēšanas izmaksas.
- Koģenerācijas sistēmai daļēji aizvietojot neefektīvu katlu māju tiek pārvērtēti iespējamie ietaupījumi, jo pie mazākas slodzes neefektīvās katlu mājas īpatnējās izmaksas būs vēl lielākas. Bieži vien vienīgais risinājums, lai uzlabotu siltumapgādes efektivitāti ir neefektīvās katlu mājas slēgšana.
- Ekspluatācijas izmaksu nepietiekama novērtēšana. Jāņem vērā, ka piemēram, gāzes dzinējiem ir nepieciešami kapitālie remonti pēc 3-4 gadu darbības, ja tie strādā bāzes slodzes režīmā.
- Kapitālieguldījumu apjoma nepietiekama novērtēšana - koģenerācijas sistēmas ir ievērojami dārgākas nekā katlu iekārtas. Bieži vien nepietiekami tiek novērtētas izmaksas, kuras rada elektriskie un cauruļvadu savienojumi, integrēšana esošajā siltumapgādes shēmā, celtniecības darbi, dūmvadu, avārijas kurināmā un komunikāciju izveidošana, projektēšana, atļauju iegūšana, utt.
- Alternatīvu nenovērtēšana: ja koģenerācijas iekārtas ir ekonomiski pamatotas, vai lētāka siltumapgādes sistēma nebūtu vēl izdevīgāka? Ja siltumenerģijas izmaksas ir augstas, vai efektīvākas siltumapgādes sistēmas izmaksas nebūtu zemākas?

3. Juridiskie aspekti

3.1. Normatīvie akti, kas nosaka koģenerācijas iekārtu darbību

Dokuments, kurā noteiktas Latvijas valsts pamatnostādnes enerģētikā ir Ministru kabinetā 2001.gada 11.septembrī apstiprinātā "Enerģētikas politika elektroenerģijas sektorā". Šajā dokumentā ir deklarēti vispārējie principi arī elektroenerģijas ražošanas sektora attīstībai un no koģenerācijas staciju attīstības atbalsta viedokļa svarīgākie ir:

- valdība ir deklarējusi, ka piegādēm no Latvijas jurisdikcijā esošām elektrostacijām līdz 2008.gadam ir jānosedz 80-90% no Latvijas kopējā elektroenerģijas patēriņa;
- ņemot vērā, ka koģenerācija ir viens no efektīvākajiem elektroenerģijas ražošanas veidiem un tās attīstība būtiski veicinātu izvirzītā mērķa sasniegšanu, valdība ir noteikusi, ka koģenerācijas stacijas saņems atbalstītu saražotās elektroenerģijas garantētu iepirkumu par Regulatora (Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas) apstiprinātu cenu.

Galvenais nozares normatīvais akts, kurā nostiprināts arī atbalsts koģenerācijas stacijām ir Enerģētikas likums. Šī likuma 41.pantā ir noteikts, ka vienotas prasības koģenerācijas stacijām un vienotu kārtību, kādā nosakāma cena koģenerācijas stacijās ražotajai elektroenerģijai un šīs elektroenerģijas iepirkšanas kārtību nosaka Ministru kabinets.

Enerģētikas likumam pakārtots normatīvais akts, kurā noteiktas likuma 41.pantā minētās prasības ir Ministru kabineta 2002.gada 8.janvārī pieņemtie noteikumi Nr.9 "Prasības koģenerācijas stacijām un kārtība, kādā nosakāma saražotās elektroenerģijas pārpalikuma iepirkšanas cena". Svarīgākās normas, kas noteiktas šajos noteikumos ir:

1. Prasības koģenerācijas staciju efektivitātei, režīmiem un drošumam. Faktiski ar šīm prasībām ir noteikti kritēriji, kuriem ir jāatbilst koģenerācijas stacijai, lai tā kvalificētos noteikumos paredzētā atbalsta saņemšanai un tie ir:
   - koģenerācijas stacijas kopējais lietderības koeficients nav mazāks par 80%;
   - vismaz 75% koģenerācijas stacijā saražotās siltumenerģijas jāpiegādā centralizētās siltumapgādes sistēmai.

2. Atbilstoši noteikumiem, noteiktā elektroenerģijas iepirkšanas cena tiek attiecināta tikai uz elektroenerģijas pārpalikumu, t.i. uz elektroenerģijas daudzumu, kas no stacijas saražotā atliek pēc stacijas pašpatēriņa vajadzībām izlietotā atskaitīšanas;

3. Elektroenerģijas iepirkuma cenas noteikšanas principi, kas balstās uz trīs kritērijiem:
   - stacijā izmantotais kurināmā veids (fosilais vai reģeneratīvais);
   - koģenerācijas stacijas elektriskā jauda;
   - koģenerācijas stacijas darbības režīms. Noteikumos noteikts, ka stacija var strādāt koģenerācijas vai kondensācijas režīmā, vai arī abos režīmos vienlaikus. Noteikumos paredzētie iepirkuma cenu mehānismi ir attiecināmi tikai uz koģenerācijas režīmā ražotu elektroenerģiju. Tādēļ, nosakot cenu ir jānošķir elektroenerģijas izstrāde koģenerācijas un kondensācijas režīmos. Kondensācijas režīmā izstrādātā elektroenerģija var tikt pārdota par cenu, ko nosaka pusēm vienojoties. Cenu noteikšanas mehānismi sīkāk aplūkoti nākamajā sadaļā.

Jāatzīmē, ka aplūkotie Ministru kabineta noteikumi neattiecas uz koģenerācijas stacijām, kas līdz 2001.gada 1.jūnijam ir saņēmušas licenci elektroenerģijas ražošanai un licencē noteiktajā termiņā uzsākušas iekārtu ekspluatāciju. Šo staciju saražotā elektroenerģija līdz brīdim, kamēr beidzas licences vai apstiprinātās cenas termiņš, ir jāturpina iepirkt atbilstoši tiem nosacījumiem, kādi bija spēkā līdz 2001.gada 1.jūnijam.

3.2. Iepirkuma cenas elektroenerģijai un siltumenerģijai

Atsevišķiem koģenerācijas staciju gadījumiem elektroenerģijas iepirkuma cenas ir strikti noteiktas Ministru kabineta 08.01.2002. noteikumos Nr.9 "Prasības koģenerācijas stacijām un kārtība, kādā nosakāma saražotās elektroenerģijas pārpalikuma iepirkšanas cena". Savukārt citos gadījumos, atbilstoši šiem noteikumiem elektroenerģijas iepirkuma cenu nosaka Regulators, bet koģenerācijas stacijās ražotās siltumenerģijas cenu atbilstoši likumam "Par sabiedrisko pakalpojumu regulatoriem" visos gadījumos nosaka Regulators. Labākai pārskatāmībai iespējamie cenu noteikšanas gadījumi apkopoti 2. tabulā.

Latvijas Nacionālā bibliotēka 03030216044

2.tabula
Elektroenerģijas iepirkuma cenas atkarība no koģenerācijas stacijas veida

Koģenerācijas stacijas veidi	Iepirkuma cena	
	Elektroenerģija	Siltumenerģija
Uzstādītā elektriskā jauda līdz 0,5 MW (ieskaitot)		
Kurināmā veids:		
fosilais	$C = 0,9 \times T_{vid}$	Nosaka Regulators
reģeneratīvais	$C = 1,12 \times T_{vid}$	
kūdra	$C = 1,12 \times T_{vid}$	
Uzstādītā elektriskā jauda lielāka par 0,5 MW līdz 4,0 MW (ieskaitot)		
Kurināmā veids:		
fosilais	$C = 0,75 \times T_{vid}$	Nosaka Regulators
reģeneratīvais	$C = 0,95 \times T_{vid}$	
kūdra	$C = 0,95 \times T_{vid}$	
Uzstādītā elektriskā jauda lielāka par 4,0 MW		
Jebkurš kurināmā veids	Nosaka Regulators	Nosaka Regulators

Tabulā izmantoti šādi apzīmējumi:

- C – iepirkuma cena;
- T_{vid} – vidējais elektroenerģijas realizācijas tarifs tā sistēmas operatora licencnes darbības zonā, kuram tiek pārdota koģenerācijā saražotā elektroenerģija.

Kā redzams no 2. tabulas, koģenerācijas staciju darbības ekonomiskās iespējas lielā mērā ir atkarīgas no cenu veidošanas principiem, kas jānosaka Regulatoram, jo likumā "Par sabiedrisko pakalpojumu regulatoriem" noteikts, ka Regulatoram cenas jānosaka atbilstoši paša izstrādātām metodikām.

Attiecībā uz koģenerācijas stacijām enerģijas cenu noteikšanas metodikas iespējamie pamatprincipi ir aplūkoti zemāk.

Koģenerācijas stacijai vispārīgā gadījumā ir jānovērš, jeb jāaizvieto elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanas izmaksas, ja šie enerģijas veidi tiek ražoti atsevišķi un pie tam – tiek ražoti efektīvākajā alternatīvajā veidā. Tādējādi, jebkurai koģenerācijas stacijai tiek noteikti "cenu griesti" diviem produktiem: elektroenerģijai un siltumenerģijai. Tas nozīmē, ka koģenerācijas stacijā saražotos produktus var pārdot tikai par cenām, kas ir zemākas vai vienādas ar noteiktajiem "cenu griestiem".

Cenu griesti elektroenerģijai, kas saražota koģenerācijas stacijās ar uzstādīto elektrisko jaudu, kas nepārsniedz 4,0 MW, tiek noteikti atbilstoši Ministru kabineta 08.01.2002. Noteikumiem Nr.9. "Prasības koģenerācijas stacijām un kārtība, kādā nosakāma saražotās elektroenerģijas pārpalikuma iepirkšanas cena", bet pārējām koģenerācijas stacijām cenu griesti tiek noteikti vienādi ar elektroenerģijas ilgtermiņa robežizmaksām maksimāli efektīvā kondensācijas elektrostacijā. Pie tam, atkarībā no koģenerācijas stacijā plānotā vai izmantotā kurināmā veida, ilgtermiņa robežizmaksas var tikt

rēķinātas gāzes vai ogļu kondensācijas stacijām. Aprēķinam nepieciešamos pieņēmumus un izejas pamatdatus nosaka Regulators.

Ar koģenerācijas stacijas darbību tiek novērstas pietiekami precīzi definējamas katlu mājas siltumenerģijas ražošanas izmaksas, atšķirībā no elektroenerģijas, kur tiek novērstas visai vispārīgi definējamas potenciālas kondensācijas stacijas izmaksas. Tādēļ cenu griestu noteikšanai un piemērošanai koģenerācijas stacijās ražotai siltumenerģijai tiek paredzēts lielāks skaits variantu, kas aptver Latvijas reālos apstākļos iespējamos gadījumus. Siltumenerģijas "cenu griestu" piemērošanas varianti ir jānosaka, izvērtējot iespējamos koģenerācijas staciju gadījumus no diviem aspektiem:

- kādu kurināmā veidu plānots izmantot koģenerācijas stacijā un kāds kurināmā veids tiek izmantots katlu mājā, kuras izmaksas novērsīs koģenerācijas stacija;
- kādu siltumenerģijas izmaksu sastāvdaļu novērš konkrētā koģenerācijas stacija.

Nosakot cenu griestus siltumenerģijai, iespējami dažādi robežizmaksu aprēķina varianti un to izvēles pamatprincips – koģenerācijas stacijai ir jānovērš labākais alternatīvais siltumenerģijas ražošanas variants. Aprēķinot izmaksas alternatīvajā katlu mājā, vairumā gadījumu būs jāpieņem, ka tā izmanto dabasgāzi, bet novēršamo izmaksu sastāvdaļu jomā iespējami varianti, kad:

- koģenerācijas stacija novērsīs atbilstošas jaudas katlu mājas ilgtermiņa robežizmaksas. Tas būs jāpiemēro gadījumos, kad koģenerācijas stacijas būves rezultātā tiek slēgta neefektīva un fiziski nolietota katlu māja, vai arī to plānots būvēt vietā, kur pašlaik nav siltumenerģijas ražošanas jaudu;
- koģenerācijas stacija aizvieto esošas katlu mājas neefektīvas un nolietotas jaudas vai arī novērš nepieciešamību palielināt esošas katlu mājas jaudu. Šādā gadījumā aprēķinot ilgtermiņa robežizmaksas, nepieciešamo ieguldījumu aprēķinā jālieto tikai aizvietojamās jaudas daļai atbilstošs ieguldījumu apjoms;
- koģenerācijas stacijas būves rezultātā netiek aizvietotas esošas katlu mājas jaudas, bet samazinās šo esošo jaudu noslodze un izmantošanas stundu skaits. Šādā gadījumā koģenerācijas stacija nenovērš jaudas izmaksas, bet tikai siltumenerģijas ražošanas izmaksu enerģijas komponenti un par siltumenerģijas "cenu griestiem" jāpieņem tikai siltumenerģijas cenas enerģijas komponente;
- koģenerācijas stacija tiek izveidota uzstādot tvaika turbīnu esošā tvaika katlu mājā. No siltumapgādes viedokļa šādā gadījumā netiek novērstas ne jaudas, ne enerģijas izmaksas. Tādēļ par siltumenerģijas "cenu griestiem" šādai koģenerācijas stacijai ir jāpieņem siltumenerģijas cena, kas aprēķināta šai pašai stacijai kā katlu mājai bez turbīnas atbilstoši spēkā esošai siltumenerģijas tarifa aprēķina metodikai.

4. Ekonomiskie aspekti

No iepriekšējā sadaļā izklāstītajiem elektroenerģijas un siltumenerģijas iepirkuma cenu noteikšanas principiem izriet svarīgākais secinājums, kas jāņem vērā koģenerācijas stacijas būves ierosinātājam – stacijas projekts būs ekonomiski dzīvotspējīgs tikai tādā gadījumā, ja stacijas īpašniekam pārdodot abus ražotos produktus par cenām, kas vienādas vai zemākas par atbilstoši metodikai noteiktajiem "cenu griestiem", būs iespējams nosegt visas stacijas darbības izmaksas, atmaksāt aizņēmumus atbilstoši to

nosacījumiem un sev pieņemamā laikā atgūt paša veiktos ieguldījumus ar plānoto intereses likmi.
Tādēļ pirms lēmuma pieņemšanas par koģenerācijas stacijas projekta uzsākšanu, tā ierosinātājam jāveic ekonomiskā analīze. Ekonomisko analīzi ieteicams veikt izstrādājot detalizētu komercdarbības plānu (biznesa plānu), kurā būtu jāietver visi svarīgākie šādu plānu aprēķini: ražošanas programma, ražošanas izmaksu aprēķins, nepieciešamo ieguldījumu aprēķins, aizņēmumu atmaksas aprēķins, peļņas-zaudējumu aprēķins, naudas plūsmas aprēķins, plānotā bilance.

Tālāk īsi raksturots ieteicamais komercdarbības plāna jeb koģenerācijas stacijas ekonomiskās analīzes algoritms.

4.1. Pamatpieņēmumu izvirzīšana

Pamatpieņēmumus, balstoties uz situācijas analīzi izvēlētajā koģenerācijas stacijas būves vietā, paredzamās tehnoloģijas, pieejamajiem kurināmā veidiem, plānoto finansējuma avotu nosacījumiem, izvirza un pieņem koģenerācijas stacijas projekta ierosinātājs.

Svarīgākie nepieciešamie pamatpieņēmumi ir kurināmā cena un tā raksturojums, klimatiskie rādītāji, kas raksturo konkrēto ģeogrāfisko vietu, konkrēto siltumapgādes sistēmu raksturojošās siltumslodzes un siltumenerģijas patēriņa režīmi, aprēķinā lietojamo nodokļu likmes, pamatlīdzekļu nolietojuma likmes, aprēķina periods, kam būtu jābūt ne mazākam kā plānotais ieguldījumu atgūšanas laiks, koģenerācijas tehnoloģijas raksturojums (jaudas, lietderības koeficients, dažādi īpatnējie patēriņi), projekta finansējuma nosacījumi (sadalījums starp aizņemto un pašu kapitālu, aizņemtā kapitāla atmaksas nosacījumi, vēlamie pašu ieguldāmā kapitāla atgūšanas nosacījumi), faktori, kas raksturo izmaksu veidošanos (izejvielu cenas, to īpatnējie patēriņi, personāla skaits un darba samaksas lielums).

4.2. Materiālo rādītāju un ražošanas programmas aprēķins

Šajā aprēķinā izmantojot pieņemtos izejas datus un siltumslodžu analīzes rezultātus jāaprēķina enerģijas bilances siltumenerģijai un elektroenerģijai, nosakot nepieciešamo tīklos nododamās siltumenerģijas apjomu, pašpatēriņu, un nepieciešamo ražošanas apjomu un, attiecīgi, izstrādājamās, pašu patērētās un tīklā nododamās elektroenerģijas apjomus. Pamatojoties uz šiem apjomiem jāaprēķina svarīgākie koģenerācijas stacijas darbības materiālie rādītāji: kurināmā patēriņš, elektroenerģijas patēriņš, ūdens patēriņš, u.c..

4.3. Ražošanas izmaksu aprēķins

Mainīgās izmaksas tiek aprēķinātas izejvielu patēriņus reizinot ar cenām. Personāla izmaksas, uzturēšanas un citas izmaksas aprēķināta atbilstoši izvirzītajiem pamatpieņēmumiem. Jāuzsver, ka administrācijas un biroja izmaksas jāaprēķina arī pirmseksploatācijas periodam (periodam, kura laikā noris koģenerācijas stacijas būve), jo projekta vadība ir jāfinansē kopš finansējuma atvēršanas brīža.

4.4. Ieguldījumi un finansēšana

Kopējie nepieciešamie ieguldījumi tiek aprēķināti no trīs sastāvdaļām: ieguldījumiem pamatlīdzekļos, ieguldījumiem apgrozāmo līdzekļu izveidošanai, un izdevumiem pirmsekspluatācijas periodā.

Ieguldījumi pamatlīdzekļos jāaprēķina atbilstoši konkrētajai izvēlētajai koģenerācijas stacijas tehnoloģijai. Izdevumi apgrozāmo līdzekļu izveidošani jāparedz tikai uzsākot stacijas ekspluatācijas pirmo gadu, t.i. aprēķinu modeļa otrajā gadā.

Apgrozāmo līdzekļu izveides izdevumus parasti aprēķina paredzot naudas līdzekļus norēķiniem par kurināmo atbilstoši divu mēnešu patēriņam un norēķiniem par elektroenerģiju, ūdeni, darba algu izmaksai un citām regulārām izmaksām apjomā, kas atbilst izdevumiem vienā mēnesī.

Izdevumus pirmsekspluatācijas periodā aprēķina saskaitot izdevumus administrācijas algām un biroja uzturēšanai un kredītprocentu nomaksai pirmsekspluatācijas periodā.

Nepieciešamo ieguldījumu finansējums tiek noteikts tā, lai tas pilnībā nosegtu nepieciešamo ieguldījumu apjomu, bet tā sadalījums pa finansējuma avotiem jāpieņem atbilstoši sākotnēji pieņemtajiem finansējuma sadalījuma nosacījumiem. Ņemot vērā, ka finansējumam ir jānosedz arī kredītprocentu nomaksa pirmsekspluatācijas periodā, bet šis lielums savukārt ir atkarīgs no aizņēmuma apjoma un, attiecīgi, arī no kopējā finansējuma apjoma, finansējuma kopējais apjoms parasti tiek noteikts iterāciju rezultātā.

4.5. Aizņēmuma atmaksas aprēķins

Šajā aprēķinā jānosaka nepieciešamie izdevumi aizņēmuma procentu un pamatdaļas nomaksām, atbilstoši pieņemtajiem finansējuma nosacījumiem.

4.6.Nolietojuma aprēķins

Jāaprēķina pamatlīdzekļu nolietojums atbilstoši aprēķinātajiem nepieciešamajiem ieguldījumiem un pieņemtajām nolietojuma likmēm.

4.7. Peļņas vai zaudējumu aprēķins

Šis aprēķins jāveic balstoties uz Latvijas republikas grāmatvedības normām un izmantojot "Ražošanas izmaksu", "Aizņēmuma atmaksas" un "Nolietojuma" aprēķinu rezultātus. "Peļņas vai zaudējumu aprēķina" rezultāts ir Neto peļņa.

Lai varētu veikt "Peļņas vai zaudējumu aprēķinu", ir jāaprēķina Neto apgrozījums, kas veidojas kā tīklā nododamās (pārdotās) siltumenerģijas un elektroenerģijas apjoma un to pārdošanas cenas reizinājums. Pārdošanas cenu noteikšana ir aplūkota tālāk.

4.8. Naudas plūsmas aprēķins

Šis ir svarīgs rezultējošais aprēķins, kurā atbilstoši vispārpieņemtiem finansu aprēķinu principiem un izmantojot iepriekš veikto "Peļņas vai zaudējumu", "Ieguldījumu un finansēšanas", "Ražošanas izmaksu", "Aizņēmuma atmaksas" aprēķinu rezultātus tiek

aprēķinātas ikgadējās neto naudas plūsmas, akumulētās naudas plūsmas un projekta naudas plūsmas, kas raksturo koģenerācijas stacijas projektu no tās īpašnieku viedokļa.

Izmantojot aprēķināto projekta naudas plūsmu var aprēķināt divus projekta ekonomisko efektivitāti raksturojošos rādītājus: NPV pašu ieguldījumam uz aprēķina perioda pēdējo gadu pie pamatpieņēmumos uzdotās pašu kapitāla atdeves likmes un IRR pašu kapitāla ieguldījumam uz projekta aprēķina perioda pēdējo gadu.

4.9. Bilance

Bilance var nebūt obligāta analīzes sastāvdaļa, bet izmantojot vienkāršotu grāmatvedības bilances formu un aprēķinot svarīgākos aktīva un pasīva posteņus var pārliecināties par iepriekš veikto aprēķinu pareizību.

4.10. Pārdošanas cenu aprēķins

Šis aprēķins ir svarīgākais ekonomiskajā analīzē veicamo aprēķinu modelēšanas instruments. Ņemot vērā, ka koģenerācijas stacija ražo divus produktus, viena produkta cena būtu jāpieņem, bet otra jāaprēķina.

Ja aprēķini tiek veikti nelielas jaudas koģenerācijas stacijai (ar elektrisko jaudu ne lielāku par 4,0 MW), elektroenerģijas pārdošanas cena ir viennozīmīgi definēta Ministru kabineta 08.01.2002. Noteikumos Nr.9. "Prasības koģenerācijas stacijām un kārtība, kādā nosakāma saražotās elektroenerģijas pārpalikuma iepirkšanas cena", bet siltumenerģijas pārdošanas cena jāaprēķina. Savukārt, ja koģenerācijas stacijas elektriskā jauda plānota lielāka par 4,0 MW, atbilstoši Regulatora noteiktajai metodikai jāaprēķina elektroenerģijas ilgtermiņa robežizmaksas vislabākajai elektroenerģijas ražošanas alternatīvai, t.i. maksimāli efektīvai kondensācijas stacijai.

Tālāk, atbilstoši Ministru kabineta noteikumiem noteikto, vai aprēķināto elektroenerģijas pārdošanas cenu pielieto kā vienu no izejas lielumiem "Peļņas vai zaudējumu" aprēķinā. Otru šī aprēķina izejas lielumu – siltumenerģijas pārdošanas cenu aprēķina veicot iterācijas līdz vienlaikus izpildās divi kritēriji:

- akumulētā naudas plūsma nevienā aprēķina gadā nav negatīva;
- NPV vērtība pašu ieguldījumam uz aprēķina perioda pēdējo gadu pie pamatpieņēmumos uzdotās pašu kapitāla atdeves likmes ir vienāda ar 0, bet IRR vērtība pašu kapitāla ieguldījumam uz projekta aprēķina perioda pēdējo gadu ir vienāda ar minēto uzdoto likmi.

Ja šie kritēriji izpildās, tad ekonomiskās analīzes aprēķins uzskatāms par pabeigtu. Tālāk ir jāpārbauda vai iegūtais rezultāts – siltumenerģijas pārdošanas cena nepārsniedz siltumenerģijas "cenu griestus", kas aprēķināti atbilstoši Regulatora noteiktajai metodikai. Šim mērķim jāveic siltumenerģijas ilgtermiņa robežizmaksu aprēķins vislabākajai siltumenerģijas ražošanas alternatīvai, t.i. maksimāli efektīvai katlu mājai.

Salīdzinot iegūtos rezultātus ar "cenu griestiem" var spriest par koģenerācijas stacijas projekta ekonomisko pamatotību un izvēlēties kādu no trīs tālākās darbības variantiem:

1. sākt darbu pie stacijas projekta detalizētas sagatavošanas, ja pārdošanas cenas ir zemākas vai robežgadījumā vienādas ar "cenu griestiem";

2. meklēt iespējas paaugstināt projekta efektivitāti (meklēt lētākus finansu avotus, optimizēt nepieciešamos kapitālieguldījumus, izvēlēties efektīvāku tehnoloģiju), ja nepieciešamās pārdošanas cenas pārsniedz "cenu griestus" par ne vairāk kā 10-15%;

3. atteikties no projekta tālākas attīstīšanas, ja nepieciešamās cenas ievērojami pārsniedz "cenu griestus".

5. Koģenerācijas finansējuma aspekti

Mazo koģenerācijas staciju uzstādīšanai un darbināšanai nepieciešamie ieguldījumi un finansiālie avoti var būt atšķirīgi. Šobrīd pazīstamas dažādas energoavotu finansēšanas shēmas, kuras ir atkarīgas gan no īpašuma attiecībām, gan finansiālās stabilitātes. [3, 4]

A variants. Pašvaldības uzņēmums ir koģenerācijas stacijas īpašnieks.
Pašvaldība ņem kredītu un iegulda budžeta līdzekļus pašvaldības siltumapgādes uzņēmumā koģenerācijas stacijas izbūvei. Pašvaldības uzņēmums darbina un apkalpo staciju. Elektroenerģijas pārpalikums tiek pārdots elektropārvades uzņēmumam, bet siltums – nodots pašvaldības siltuma tīklos.
Šādas shēmas galvenais trūkums ir tas, ka pašvaldībai ir limitētas iespējas kredīta ņemšanai un arī finansēšana no budžeta līdzekļiem ir ierobežota.

B variants. Rūpniecības uzņēmums ir koģenerācijas stacijas īpašnieks.
Rūpniecības uzņēmums ņem kredītu un iegulda līdzekļus no peļņas koģenerācijas stacijas izbūvei. Uzņēmuma darbinieki darbina un apkalpo energoavotu. Elektroenerģijas un siltumenerģijas pārpalikums tiek pārdots attiecīgi elektropārvades un siltuma tīklu uzņēmumam.
Šīs shēmas realizācijai ir priekšrocības gadījumos, kad rūpniecības uzņēmumos ir liels elektroenerģijas pašpatēriņš.

C variants. Enerģijas ražošanas uzņēmums ir koģenerācijas stacijas īpašnieks.
Enerģijas ražotājs iegulda firmas līdzekļus koģenerācijas stacijas izbūvei, apkalpo iekārtas, ieguldot peļņu tehnoloģisko iekārtu energoefektivitātes uzlabošanā. Firma pārdod elektroenerģiju elektropārvades uzņēmumam un siltumu – siltuma tīklu uzņēmumam vai rūpnieciskajam patērētājam.
Šīs shēmas realizācijai ir priekšrocības gadījumos, kad enerģijas ražotājs gūst stabilus ienākumus, bet – enerģijas patērētaji ir ieinteresēti iegādāties šo enerģiju.

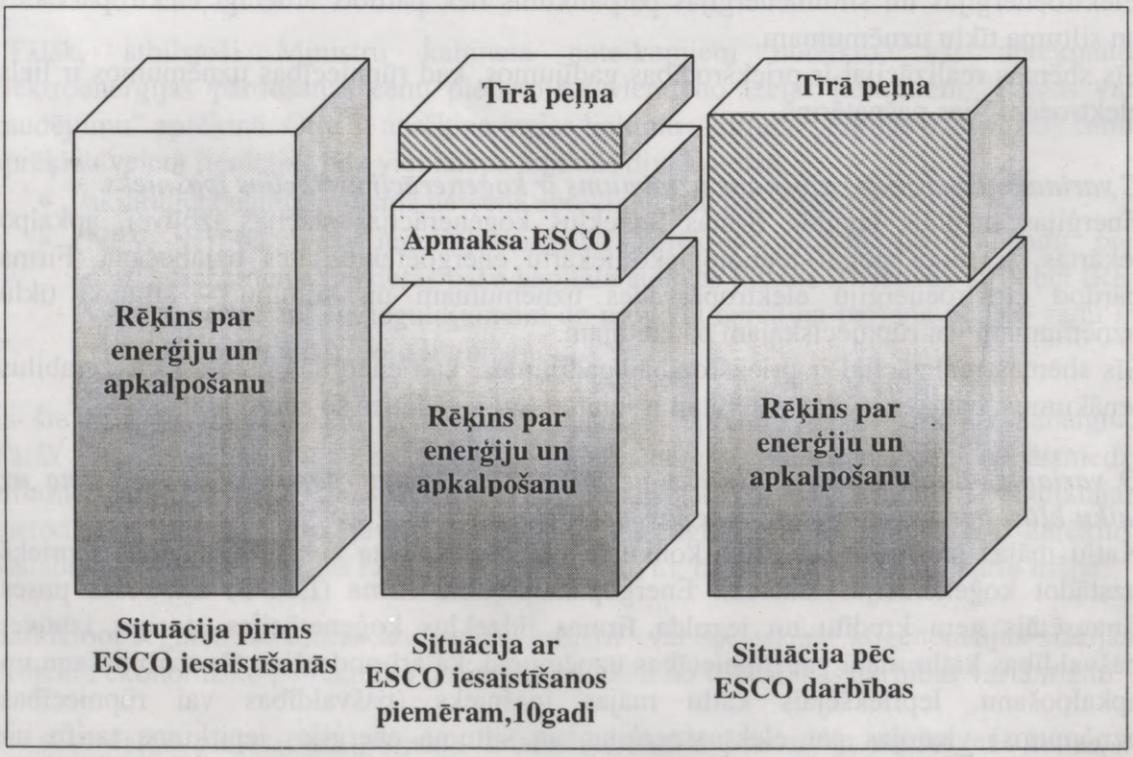
D variants. Katlu mājas īpašnieks uz laiku mainās: energopakalpojumu firma uz laiku kļūst par koģenerācijas stacijas īpašnieku.
Katlu mājas īpašnieks izsludina konkursu par energoavota apkalpošanu, tajā iepriekš uzstādot koģenerācijas iekārtas. Energopakalpojumu firma (ESCO) kā trešās puses finansētājs ņem kredītu un iegulda firmas līdzekļus koģenerācijas stacijas izbūvei pašvaldības katlu mājā vai rūpniecības uzņēmumā, kā arī nodrošina tās darbināšanu un apkalpošanu. Iepriekšējais katlu mājas īpašnieks (pašvaldības vai rūpniecības uzņēmums) vienojas par elektroenerģijas un siltuma enerģijas iepirkuma tarifu un energoavota darbināšanas noteikumiem un ilgumu. [5]

Šīs shēmas realizācijai ir vairākas priekšrocības, kuras apvieno visu iepriekšējo shēmu pozitīvās iezīmes.
Grafiskais attēls izmaksu struktūras izmaiņām gadījumos, kad iesaistās ESCO firmas, parādīts 9.attēlā. Tajā analizēts piemērs koģenerācijas stacijas rekonstrukcijai, nomainot kurināmo, piemēram dīzeļdegvielu ar dabas gāzi vai biogāzi. Grafiski atspoguļotas izmaksas, kas sagaidāmas trīs koģenerācijas projekta realizācijas etapu laikā.

1. ***etaps.*** Kopējās elektroenerģijas un siltuma enerģijas ražošanas izmaksas:
   - pirms ESCO iesaistīšanās: pirmprojekta stadijā, kad tiek realizēts energoaudits, izpēte, biznesa plāna izstrāde un finansu avota meklējumi;
   - projekta montāžas stadijā, kad ESCO investē līdzekļus;

2. ***etaps***. Izmaksas ESCO projekta realizācijas laikā sadalās trīs daļās:
   - samazinātas elektroenerģijas un siltuma enerģijas ražošanas nekontrolējamās izmaksas koģenerācijas stacijas darbības laikā, kuru galvenā komponente ir maksa par kurināmo,
   - ESCO izmaksas par apkalpošanu, remontiem, kredīta atmaksu utt.;
   - dalīta tīrā peļņa, no kuras parasti ESCO saņem 70 – 80%, bet klients – 20 – 30% .

3. ***etaps.*** Izmaksas pēcprojekta īstenošanas stadijā, kad ESCO aiziet no objekta un koģenerācijas stacijas īpašnieks uzņemas rūpes par energoavotu, ietver divas komponentes:
   - samazinātas kopējās elektroenerģijas un siltuma enerģijas ražošanas izmaksas koģenerācijas stacijas darbināšanas laikā;
   - tīrā peļņa, kuru saņem koģenerācijas stacijas īpašnieks.



9.att. Finansējuma shēma ar trešās puses līdzdalību

Iepriekš izklāstītais piemērs atspoguļo tikai vienu finansēšanas un īstenošanas alternatīvu. Trešās puses finansējuma shēmas var būt dažādas. Ļoti svarīga ESCO darbības sastāvdaļa ir līgumsaistības un dokumenti, kas tās nodrošina. Šobrīd Latvijā tiek veikts liels darbs, lai tos sakārtotu atbilstoši visu pušu interesēm.

6. Koģenerācijas ietekme uz vidi un klimatu

6.1. Izmešu ietekme apkārtējā vidē

Koģenerācijas staciju iekārtu ietekme uz vidi un klimatu galvenokārt ir saistīta ar izmešiem gaisa baseinā. Gāzveida izmeši veidojas degšanas procesā un to ietekme ir sekojoša:

- apkārtējā vidē nonāk kaitīgi izmeši, kuri piesārņo gaisa un ūdens baseinus kā arī grunti;
- piedalās globālā siltumnīcas efekta izraisīšanā.

Pēdējā laikā īpaši populāri kļuvuši projekti, kuru realizācija ir saistīta ietekmes uz klimata izmaiņām mazināšanu. Tie ir projekti, kas dod iespēju samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu (SEG) izmešu daudzumus. Koģenerācijas staciju uzstādīšanas ir uzskatāmas par globālo klimata pārmaiņu samazināšanas projektiem. [6, 7, 8]

6.2. SEG izmešu tirdzniecības idejas

Latvija piedalās globālo klimata pārmaiņu samazināšanas procesā un kopā ar daudzām citām pasaules valstīm ir parakstījusi Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām (Konvenciju) 1992. gada jūnijā Riodežaneiro ANO konferencē par vidi un attīstību. Kopš 1995. gada 23. marta Latvija ir kļuvusi par Konvencijas dalībvalsti, tādējādi uzņemdamās pildīt virkni starptautisku saistību .

Konvencijas mērķis ir sasniegt siltumnīcefekta gāzu (SEG) koncentrācijas stabilizāciju atmosfērā tādā līmenī, kas novērstu bīstamu antropogēnu iejaukšanos klimata sistēmā. SEG tās ir gan dabiskās, gan antropogēnās (cilvēku radītās) atmosfēras gāzveida sastāvdaļas, kas absorbē un reemitē infrasarkano starojumu. Tās ir oglekļa dioksīds (CO_2), metāns (CH_4), vienvērtīgā slāpekļa oksīds (N_2O), fluorogļūdeņraži (HFC), perfluoroglekļi (PFC), sēra heksafluorīds (SF_6), kā arī oglekļa oksīds (CO), slāpekļa oksīdi (NO_x) un nemetāna gaistošie organiskie savienojumi (NMGOS). Atbilstoši Klimata konvencijas 1997. gada 11. decembra Kioto Protokolam, Latvijai individuāli vai kopīgā rīcībā ar citu valsti jāpanāk, ka antropogēnie CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC un SF_6 izmeši, izteikti Gg CO_2 ekvivalentu, laika posmā no 2008. līdz 2012. gadam būs 8% zem 1990. gada izmešu līmeņa.

Saskaņā ar Kioto protokolu Latvija individuāli vai kopīgā rīcībā ar citu valsti apņemas, ka antropogēnie kopējie SEG izmeši, izteikti CO_2 ekvivalentos, laika periodā no 2008. līdz 2012.gadam nepārsniegs 92% no 1990.gada līmeņa.

Pateicoties visām iepriekšminētajām starptautiskajām aktivitātēm, valstis, kurām ir SEG izmešu samazinājuma deficīts, interesējas par iespējām iepirkt CO_2 kredītus no valstīm,

kurās tiek prognozēts SEG izmešu samazinājuma pārpalikums. Lai to realizētu, uzsākta SEG izmešu tirdzniecības pilotfāze, kurā tiek izstrādāti un aprobēti tirdzniecības noteikumi.

SEG izmešu tirdzniecība dos iespēju finansiāli atbalstīt energoefektivitātes pasākumu (tai skaitā koģenerācijas staciju būves) īstenošanu, ieguldot līdzekļus to realizācijā. Šobrīd norit plašas starpvalstu diskusijas par SEG izmešu kredītu cenām.

6.3. Izmešu komponentes.

Koģenerācijas iekārtu izmeši ir atkarīgi no kurināmā veida, no iekārtu konstrukcijas (degļi, sprauslas, ārdi, katlu kurtuves, gāzes turbīnu un dzinēju degšanas kameras) un to darbības režīma un energoefektivitātes. Izmeši gaisā no mazo koģenerācijas staciju skursteņiem parādīti 4.tabulā.

4. tabula
Koģenerācijas staciju izmešu komponenti. Kvalitatīvais raksturojums

Kurināmā veidi	Cietās daļiņas	Sēra oksīdi, SO_2	Slāpekļa oksīdi, NO_X	Tvana gāze, CO	Ogļskābā gāze, CO_2
Dabas gāze	0	0	3	1	2
Mazuts	1	3	3	1	3
Dīzeļdegviela	0	1	3	1	3
Ogles	2	3	2	2	3
Kūdra	2	1	2	2	3
Enerģētiskā koksne	2	0	2	1	0
Biogāze	0	0	2	1	0
Biodīzeļdegviela	0	0	2	1	0

4.tabulā dotie kvalitatīvie indikatori liecina par izmešu nozīmīgumu: 3 – izmešu daudzums ir liels, 2 – vidējs; 1 – niecīgs, 0 – izmeši netiek rēķināti.

Cietās daļiņas

Cietās daļiņas koģenerācijas staciju izmešos ir iespējamas tikai gadījumos, kad katlu kurtuvēs tiek dedzināts cietais kurināmais. Pelnu daudzums dūmgāzēs ir atkarīgs no kurināmā veida, kurtuves konstrukcijas un tās darbības režīma. Piemēram, ja biokurināmo dedzina modernu katlu kurtuvēs, pelnu daudzums dūmgāzēs ir niecīgs - ne vairāk par 0.001 kg/MWh.

Slāpekļa oksīdi

Slāpekļa oksīdu izmešu galvenais avots ir iekārtas, kurās deg kurināmais. Degšanas procesā slāpeklis, savienojoties ar skābekli, veido dažādus oksīdus - N_2O, NO, NO_2, N_2O_4, N_2O_5 u.c., kuru īpašības un ietekme uz apkārtējo vidi ir atšķirīgas. Ir konstatēts, ka, nonākot atmosfērā, NO veido ne tikai NO_2, bet arī pārskābes, aldehīdus, skābes u.c. vielas, kas noteiktos meteoroloģiskos apstākļos veido skābos lietus un fotoķīmiskos smogus. N_2O arī negatīvi ietekmē ozona slāni un rada siltumnīcas efektu.

Degšanas procesā galvenokārt veidojas slāpekļa monoksīds: konstatēts, ka no visiem slāpekļa oksīdiem 95...97% ir NO. Reakcijas norit ātri, ietekmē cita citu un nav iespējams precīzi noteikt atsevišķi katra slāpekļa oksīda komponenta saturu dūmgāzēs. Tādēļ tiek lietots reducētais NOx jēdziens: visus slāpekļa oksīdus pārrēķina uz NO_2.

Slāpekļa oksīdu veidošanos ietekmē kurināmā sastāvs, konstruktīvie parametri - katla un degļu konstrukcijas (tie ir noteikti katrai konkrētai iekārtai), kā arī darbības režīmi.

Slāpekļa oksīdu veidošanās mehānismi reglamentē trīs veidus: ātros, termiskos un kurināmā. Parasti visvairāk ir termisko slāpekļa oksīdu. Tie galvenokārt ir atkarīgi no temperatūru līmeņa degšanas kamerās. Visaugstākās koncentrācijas ir dzinēju izplūdes gāzēs.

Sēra oksīdi

Kurināmajā var būt triju veidu sērs: sulfātu, sulfīdu un organiskais. Gāzveida sēra oksīdu izmešus degšanas procesā veido divi pēdējie un tie ir atkarīgi no sēra satura kurināmajā. Savukārt, sēra saturs kurināmajā ir atkarīgs no tā kvalitātes. Piemēram, sērs mazuta sastāvā var būt gan nelielā koncentrācijā 0,5% (mazuts ar zemu sēra saturu), gan lielos daudzumos 2,5...3,5% (mazuts ar augstu sēra saturu).

Parasti dūmgāzēs ir divu veidu sēra oksīdi: SO_2 – 97-98% un SO_3 – 2 –3%.

Oglekļa monoksīds jeb tvana gāze

Tvana gāze veidojas kurināmā ķīmiski nepilnīgas degšanas gadījumā un tā rodas, galvenokārt, iekārtu – gāzes turbīnu, dzinēju un dažreiz arī katlu palaišanas brīžos.

Atšķirīga situācija ir ar katliem, kuru kurtuvēs dedzina cieto kurināmo. Tādos gadījumos ir iespējama ķīmiski nepilnīga degšana. Tādējādi dūmgāzēs iespējami tvana gāzes izmeši, kuri ir atkarīgi gan no kurtuves konstrukcijas, gan arī no tās darbības režīma.

Līdzīga situācija veidojas arī biokurināmā gāzģeneratoros, kuros gazifikācijas procesā rodas tvana gāze, kura tiek izmantota dzinējos. Atkarībā no dzinēju darbības režīma, dažreiz iespējama CO izmešu nonākšana atmosfērā .

Oglekļa dioksīda izmeši

Viena no lielākajām problēmām siltuma un elektroenerģijas ražošanā ir siltumnīcas efektu izraisošās gāzes (SEG), galvenokārt, oglekļa dioksīds (CO_2), kas rodas sadegot fosilajam kurināmajam. Ogļskābā gāze rodas arī sadegot biokurināmajam, tomēr tā tiek uzskatīta par oglekļa dabiskās aprites sastāvdaļu dabā. Šī iemesla dēļ koģenerācijas stacijās, kurās izmanto koksni, CO_2 izmešu līmenis ir vienāds ar nulli.

Bibliogrāfija

1. Guidelines for Calculating Energy Generation in Combined Heat and Power Plants, Protermo OY, October 1998.
2. Cogeneration-economics, CSW Corporation, www.csw.com.
3. PHARE Multi-country Energy Programme. Promotion of Small Scale Co-generation Solutions in CEECs. Project: ZZ9612/02.02. Market study for small scale cogeneration plants in Latvia. Page 12-13. August 1999.
4. Andra Blumberga, Ivo Tinkuns. Ownership of District heating enterprises in Latvia, Experience, Future. Ekodoma. Page 14. January 2000
5. D. Blumberga, A. Blumberga, C. Rochas, Finansowanie przez stronę trzecią matych zintegrowanych elektrocieptowni na Lotwie. Energia pieniądzei środowisko numer specjalny 2001.
6. AA.VV.. AIJ Project in Adazi, Latvia; baseline study report. Page 1-33. January 2001
7. AA.VV.. AIJ Project in Lielvarde, Latvia; baseline study report. Page 1-29. January 2001
8. PHARE Multi-country Energy Programme Small Scale CHP in Latvia. PHARE programme report. Page 5-30. November 1999

LATVIJAS NACIONALA BIBLIOTEKA
0303026077

OBLIGĀTAIS
EKSEMPLĀRS

1.-

2003-6
L 78

attīstība
ekoloģija
elektroenerģija
siltums

enerģija
attīstība
mijiedarbība
enerģija
attīstība