

BIOKURO NAUDOTOJO ŽINYNAS



Žara

Talino technologijos universitetas

Villu Vares, Ülo Kask, Peeter Muiste,
Tõnu Pihu, Sulev Soosaar

BIOKURO NAUDOTOJO ŽINYNAS

Redaktorius *Villu Vares*

Leidykla „Žara“
Vilnius, 2007

UDK 620.9(031)
Bi294

Lietuvos Respublikos ūkio ministerija

Vertimo recenzentas dr. *Stanislovas Vrubliauskas*
Iš anglų k. vertė *Vaida Vrubliauskienė*

Leidinys išleistas vykdant Nacionalinę energijos vartojimo efektyvumo didinimo programą

ISBN 978-9986-34-180-2

© Talino technologijos universitetas, 2005
© Šiaurės ministrų taryba, 2005
© LR ūkio ministerija, 2007
© Leidykla „Žara“, 2007

TURINYS

PRATARMĖ	15
1. ĮVADAS	17
1.1. ENERGETIKOS POLITIKOS RAIDA EUROPOS SAJUNGOJE BEI BALTIJOS ŠALYSE	17
1.2. BIOMASĖS BEI MIŠKO IŠTEKLIŲ NAUDOJIMAS BALTIJOS JŪROS VALSTYBĖSE	20
1.2.1. <i>Biomasės naudojimo energijos gamybai skatinimas</i>	23
1.2.2. <i>Regioninė praktika bei patirtis</i>	23
2. BOKURO BEI DURPIŲ SAVYBĖS	29
2.1. MEDIENOS KURO RŪŠYS	29
2.2. MEDIENOS KURO SAVYBĖS	30
2.2.1. <i>Cheminė sudėtis, pelenų kiekis, drėgnis, sausųjų bei lakiųjų medžiagų kiekis</i>	30
2.2.2. <i>Šilumingumas</i>	32
2.2.3. <i>Pelenų lydumas</i>	33
2.2.4. <i>Kuro tūris ir piltinis tankis</i>	35
2.3. ŠIAUDAI IR JŲ CHARAKTERISTIKOS	35
2.4. DURPIŲ SAVYBĖS	37
2.5. KIETOJO BOKURO KOKYBĖS SERTIFIKATAI IR KLASĖS	39
2.5.1. <i>Kietojo bokuro klasifikacijos pagrindai</i>	39
2.5.2. <i>Kai kurie kuro klasifikacijos pavyzdžiai</i>	40
2.5.3. <i>Durpių kuro klasifikacija</i>	42
2.6. KURO MĖGINIŲ PAĖMIMAS IR KOKYBĖS NUSTATYMAS	42
3. KIETOJO BOKURO GAMYBA	43
3.1. BIOMASĖS PASISKIRSTYMAS MIŠKE, TECHNOGINIAI IR APLINKOSAUGINIAI APRIBOJIMAI KURO GAMYBAI	43
3.1.1. <i>Medžio biomasės pasiskirstymas</i>	43
3.1.2. <i>Technoginiai ir aplinkosauginiai apribojimai kuro gamybai</i>	44
3.2. TECHNOLOGIJOS IR ĮRANGA MEDIENOS KURO GAMYBAI	45
3.2.1. <i>Negenėtų medžių skiedros</i>	45
3.2.2. <i>Skiedros iš kirtimo atliekų</i>	46
3.2.3. <i>Medžių atpjovų ir negenėtų medžių technologija</i>	53
3.3. MEDIENOS KURO GAMYBAI NAUDOJAMOS MAŠINOS BEI ĮRENGINIAI	55
3.3.1. <i>Medienos smulkintuvai ir trupintuvai</i>	55
3.3.2. <i>Kirtimo atliekų pakavimo į ryšulius mašina</i>	60
3.3.3. <i>Medienos kapojimo mašinos</i>	61
3.3.4. <i>Surenkančios kirtimo galvutės</i>	62
3.4. SAUGOJIMO SĄLYGŲ POVEIKIS MEDIENOS KURO KOKYBEI	63

3.5. PERDIRBTO KURO GAMYBA	63
3.5.1. <i>Bendrosios žinios</i>	63
3.5.2. <i>Briketai</i>	64
3.5.3. <i>Granulės</i>	65
3.6. ŠIAUDŲ, KAIP KURO, RUOŠA	66
3.7. DURPIŲ KURO GAMYBA	67
3.7.1. <i>Trupininės durpės</i>	68
3.7.2. <i>Gabalinės durpės</i>	69
3.7.3. <i>Perdirbtas durpių kuras</i>	69
4. BOKURO IR DURPIŲ DEGINIMO TECHNOLOGIJOS	71
4.1. BOKURO IR DURPIŲ DEGINIMAS	71
4.1.1. <i>Kuro degimo zonos ir etapai</i>	71
4.1.2. <i>Apie temperatūros reguliavimo kuro sluoksnyje galimybes</i>	72
4.1.3. <i>Šilumos nuostoliai ir deginimo efektyvumas</i>	73
4.1.4. <i>Deginimo efektyvumo charakteristikos</i>	74
4.2. DEGINIMO TECHNOLOGIJOS	75
4.2.1. <i>Sluoksninis deginimas ant ardyno</i>	75
4.2.2. <i>Verdančio sluoksnio kūryklos</i>	79
4.2.3. <i>Kuro gazifikacija</i>	81
4.2.4. <i>Šiaudų deginimas</i>	82
4.2.5. <i>Granulių deginimas ir degikliai kietajam kurui</i>	83
4.2.6. <i>Katilų pertvarkymas kitų kuro rūšių deginimui</i>	85
4.2.7. <i>Mazieji katilai</i>	86
5. KURO SANDĖLIAI IR TRANSPORTERIAI	91
5.1. BENDRIEJI REIKALAVIMAI KIETOJO BOKURO SANDĖLIAVIMUI	91
5.2. SANDĖLIŲ TIPAI	92
5.3. KURO TVARKYMO ĮRANGA	93
6. BOKURU KŪRENAMŲ KATILINIŲ APLINKAI SUKELIAMO POVEIKIO MAŽINIMAS	99
6.1. KIETŲJŲ DALELIŲ IR DUJINIAI IŠMETIMAI	99
6.2. GALIOJANTYS TERŠALŲ IŠMETIMUS RIBOJANTYS NORMINIAI AKTAI	100
6.3. KIETŲJŲ DALELIŲ SUGAUDYMAS DEGIMO PRODUKTUOSE	103
6.3.1. <i>Multiciklonai</i>	103
6.3.2. <i>Rankoviniai filtrai</i>	104
6.3.3. <i>Elektrostatiniai nusodintuvai</i>	104
6.3.4. <i>Deginimo produktų kondensacija</i>	105
6.4. PELENŲ ŠALINIMAS IR UTILIZAVIMAS	106
6.4.1. <i>Pelenų šalinimas</i>	106
6.4.2. <i>Pelenų utilizavimas</i>	106
6.5. NUOSĖDŲ ŠALINIMAS NUO KATILO ŠILDYMO PAVIRŠIŲ	108

7. KIETAJĮ BOKURĄ NAUDOJANČIŲ ŠILUMOS TIEKIMO SISTEMŲ PLANAVIMAS	109
7.1. ŠILUMOS POREIKIO NUSTATYMAS	109
7.2. APKROVOS TRUKMĖS GRAFIKAS	110
7.3. KATILO PASIRINKIMAS	111
7.4. KATILINĖS INFRASTRUKTŪRA	112
7.5. KURAS	113
7.6. KURO SANDĖLIAVIMAS	114
7.7. BOKURO NAUDOJIMO PROJEKTŲ EKONOMINIS VERTINIMAS IR ANALIZĖ	115
7.7.1. CŠT įmonės pajamos ir išlaidos	115
7.7.2. Įplaukų iš investuoto kapitalo vertinimas	115
7.8. BOKURO DIEGIMO Į VIETINIO ŠILDYMO SISTEMĄ PLANAVIMAS	117
8. BOKURO KATILINIŲ STATYBOS IR EKSPLOATACIJOS PATIRTIS	119
8.1. STATISTINIAI PASTEBĖJIMAI	119
8.2. KELETAS SĖKMINGŲ BOKURO PROJEKTŲ PAVYZDŽIŲ	122
8.2.1. Katilinė Tehnika Tūri mieste	124
8.2.2. Katilinė Aardla Tartu mieste	127
8.2.3. Katilinė Võrusoo Võru mieste	131
8.2.4. Katilinė Männimäe Viljandi mieste	134
8.2.5. Katilinė Vabriku Tūri mieste	137
8.2.6. Katilinė Kalevi Kuressaare mieste	139
8.2.7. Haapsalu katilinė	142
8.2.8. Keila miesto katilinė	145
8.2.9. Peetri katilinė Paide mieste	147
8.3. IŠVADOS APIE BOKURO NAUDOJIMO PATIRTĮ ESTIJOJE	150
8.3.1. Katilų apkrova ir santykinis kuro suvartojimas	150
8.3.2. Pavojai, susiję su biokuro naudojimu	151
8.3.3. Išvados ir rekomendacijos	152
9. PRIEDAI	155
9.1. MATAVIMO VIENETAI	155
9.2. BIOMASĖS IR DURPIŲ KURO RODIKLIŲ SPECIFIKACIJOS	156
9.3. PLAČIAI NAUDOJAMŲ DUOMENŲ LENTELĖS	165
10. LITERATŪRA	167

LENTELIŲ TURINYS

1.1 lentelė.	<i>Bendrasis vidinis energijos suvartojimas ir energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių bei biomasės, suvartojimas (2002 m.) [2]</i>	21
1.2 lentelė.	<i>Miškų bei kitų miškingų žemių plotai ES [3], [4]</i>	22
2.1 lentelė.	<i>Cheminė medienos sudėtis [6], % sausojoje masėje</i>	30
2.2 lentelė.	<i>Spygliuočių medžių skirtingų dalių drėgnumas [6]</i>	31
2.3 lentelė.	<i>Plačiausiai paplitusių medžių rūšių apatinis šilumingumas, $q_{net,d}$ MJ/kg [13]</i>	32
2.4 lentelė.	<i>Medžio pelenų lydumo charakteristikos [6]</i>	34
2.5 lentelė.	<i>Šiaudų sausosios masės elementinė sudėtis [6]</i>	36
2.6 lentelė.	<i>Skirtingų grūdinių kultūrų šiaudų peleningumas ir apatinis šilumingumas [6]</i>	36
2.7 lentelė.	<i>Skirtingų grūdinių kultūrų šiaudų pelenų lydumo charakteristikos [6]</i>	36
2.8 lentelė.	<i>Humifikacijos laipsnio įtaka durpių kuro naudojamosios masės sudėčiai svorio procentais [6]</i>	38
2.9 lentelė.	<i>Humifikacijos laipsnio įtaka elementinei durpių sausosios masės sudėčiai svorio procentais [6]</i>	38
2.10 lentelė.	<i>Vidutinės trupinių durpių ir gabalinių durpių charakteristikų reikšmės pagal VTT duomenis [6]</i>	38
2.11 lentelė.	<i>Pelenų lydymosi charakteristikos pagal VTT ir Vapo duomenis [6]</i>	39
2.12 lentelė.	<i>Būdingieji biokuro prekybinių formų pavyzdžiai</i>	40
2.13 lentelė.	<i>Aukštos kokybės medžio granuliu namų ūkio vartotojams charakteristikos</i>	41
2.14 lentelė.	<i>Aukštos kokybės medžio briketų namų ūkio vartotojams charakteristikos</i>	41
2.15 lentelė.	<i>Pagrindinės durpių kuro prekybos formos [19]</i>	42
3.1 lentelė.	<i>Biomasės gavimas iš spygliuočių miškų pietinėje Suomijoje [21]</i>	44
3.2 lentelė.	<i>Mineralų praradimas per 70 metų rotacijos laikotarpį įvairių technologijų atveju [22]</i>	44
3.3 lentelė.	<i>Kirtimo atliekų kokybės pokyčiai, priklausomai nuo saugojimo būdo [26]</i> ...	63
3.4 lentelė.	<i>Skiedrų kokybės pokyčiai, priklausomai nuo saugojimo būdo [26]</i>	63
4.1 lentelė.	<i>Kai kurių kuro rūšių $CO_{2,max}$ reikšmės</i>	74
4.2 lentelė.	<i>Būdingi katilų galingumai esant skirtingoms deginimo technologijoms Suomijoje [49]</i>	75
4.3 lentelė.	<i>Katilų klasifikacija pagal jų panaudojimo sritį [49]</i>	75
5.1 lentelė.	<i>Sandėlio iškrovimo įrangos tinkamumas kietajam biokurui</i>	97
5.2 lentelė.	<i>Transporterių tinkamumas kietajam biokurui</i>	97
6.1 lentelė.	<i>Sieros dvideginio emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiesiems įrenginiams</i>	100
6.2 lentelė.	<i>Sieros dvideginio emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiesiems įrenginiams</i>	100
6.3 lentelė.	<i>Azoto dvideginio emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiesiems įrenginiams</i>	100

6.4 lentelė.	Azoto dvideginio emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiesiems įrenginiams	101
6.5 lentelė.	Kietųjų dalelių emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiesiems įrenginiams	101
6.6 lentelė.	Kietųjų dalelių emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiesiems įrenginiams	101
6.7 lentelė.	Emisijų ribinės vertės, taikomos mediena kūrenamiems katilams Austrijoje	101
6.8 lentelė.	Savatoriško aplinkosaugos standarto „Gulbé“ reikalavimai kietojo kuro katilams Šiaurės šalyse (mg/m^3)	102
6.9 lentelė.	Emisijų ribinės vertės (g/m^3 , kai O_2 kiekis 10%) iki 300 kW galios katilams (pagal standartą EN 303-5)	102
6.10 lentelė.	Emisijų ribinės vertės mažiesiems mediena kūrenamiems katilams (< 50 kW), remiantis geriausia turima technologija Suomijoje	102
6.11 lentelė.	Dujų valymo įrangos darbo rodikliai	103
7.1 lentelė.	Preliminarus biomasę naudojančios katilinės teritorijos dydis [58]	113
7.2. lentelė.	Medienos kuro vartojimo aspektai	113
8.1 lentelė.	Pagrindiniai statistiniai duomenys apie medienos kurą ir durpes deginančius katilus Estijoje [59]	119
9.1 lentelė.	Energijos vienetų perskaičiavimas	155
9.2 lentelė.	Kartotiniai matavimo vienetai	155
9.3 lentelė.	Medienos skiedrų savybių specifikacija [16]	156
9.4 lentelė.	Briketų savybių specifikacija [16]	157
9.5 lentelė.	Granulių savybių specifikacija [16]	159
9.6 lentelė.	Žievės savybių specifikacija [16]	161
9.7 lentelė.	Malkų savybių specifikacija [16]	162
9.8 lentelė.	Šiaudų ryšulių savybių specifikacija [16]	163
9.9 lentelė.	Pjuvenų savybių specifikacija [16]	164
9.10 lentelė.	Malkų naudojamosios masės apatinis šilumingumas $q_{\text{net,ar}}$ MWh/t (kai vidutinis degiosios masės šilumingumas $19,2 \text{ MJ}/\text{kg}$)	165
9.11 lentelė.	Būdingosios sandėlyje džiovintų malkų savybės [41]	167
9.12 lentelė.	Švediška granulių klasifikacija SS 187120 [6]	167

ILIUSTRACIJŲ TURINYS

1.1 pav.	Biomasė energijos gamybai 2002 m. (tne vienam gyventojui)	21
1.2 pav.	Miškingųjų plotų procentinė dalis, 2002 m. (visos teritorijos %)	22
2.1 pav.	Medienos kuro klasifikacija pagal žaliavos kilmę	29
2.2 pav.	Medienos kuro klasifikacija pagal perdirbimo laipsnį	29
2.3 pav.	Kietojo kuro komponentai	31
2.4. pav.	Medienos kuro (naudojamosios masės) apatinio šilumingumo priklausomybė nuo skirtingo drėgnumo	33
2.5 pav.	Pelenų lydumo charakteristikos	34
2.6 pav.	Smulkintos durpės	37
2.7 pav.	Gabalinės durpės	37
3.1 pav.	Medžio biomasės pasiskirstymas pagrindiniuose kirtimuose [21]	43
3.2 pav.	Kelmo–šaknų sistemos šilumingumas priklausomai nuo kelmo skersmens [21]	44
3.3 pav.	Negenėtų medžių skiedrų gamybos technologija	45
3.4 pav.	Negenėtų medžių pjovimas ir rinkimas į ryšulius retinimo metu. P. Muiste nuotrauka	46
3.5 pav.	Negenėtų medžių smulkinimas. P. Muiste nuotrauka	46
3.6 pav.	Negenėtos smulkios medienos laikymas. P. Muiste nuotrauka	46
3.7 pav.	Skiedrų gamyba iš kirtimo atliekų	47
3.8 pav.	Kirtimo atliekų naudojimas valksmoms [24]	47
3.9 pav.	Kirtimo metu rekomenduojama laikyti nugenėtas šakas atskirai	48
3.10 pav.	Kirtimo atliekų surinkimas ir smulkinimas kilnojamuoju smulkintuvu–medveže Chipset 536C. P. Muiste nuotrauka	48
3.11 pav.	Kilnojamojo smulkintuvo konteinerio išpylimas. P. Muiste nuotrauka	48
3.12 pav.	Kirtimo atliekų surinkimas ir smulkinimas kirtavietėje, naudojant kilnojamąjį smulkintuvą–medvežę; skiedros gabenamos skiedrų konteineriniu sunkvežimiu	49
3.13 pav.	Pakrauto konteinerio užkėlimas ant sunkvežimio. P. Muiste nuotrauka	49
3.14 pav.	Kirtimo atliekų smulkinimas laikinajame pakelės sandėlyje	50
3.15 pav.	Kirtimo atliekų rinkimas kirtavietėje. P. Muiste nuotrauka	51
3.16 pav.	Keli būdai pritaikyti medvežę miško atliekų rinkimui [26]	51
3.17 pav.	Kirtimo atliekų saugojimas. P. Muiste nuotrauka	51
3.18 pav.	Kirtimo atliekos, saugomos po vandeniu nelaidžiu popieriumi. P. Muiste nuotrauka	51
3.19 pav.	Kirtimo atliekų smulkinimas. P. Muiste nuotrauka	51
3.20 pav.	Skiedrų gabenimas konteineriniu sunkvežimiu. P. Muiste nuotrauka	51
3.21 pav.	Gabenimas konteineriniu sunkvežimiu	52
3.22 pav.	Kirtimo atliekų pakavimas į ryšulius, gabenimas įprastiniais miško traktoriais ir medvežėmis, smulkinimas sandėlyje	52

3.23 pav. Kelmų rovimas, išvežimas medvežė, gabenimas specialiu sunkvežimiu ir smulkinimas sandėlyje	53
3.24 pav. Medžių atpjovų technologija	54
3.25 pav. Negenėtų medžių technologija	54
3.26 pav. Diskinis smulkintuvas	55
3.27 pav. Darbinė diskinio smulkintuvo dalis. P. Muiste nuotrauka	55
3.28 pav. Būgninis smulkintuvas	56
3.29 pav. Darbinė būgninio smulkintuvo dalis. P. Muiste nuotrauka	56
3.30 pav. Sraigtinis smulkintuvas	56
3.31 pav. Plaktukinis malūnas	57
3.32 pav. Ritininis traiškytuvas	57
3.33 pav. Žiauninis traiškytuvas	57
3.34 pav. Diskinis smulkintuvas varomas žemės ūkio traktoriaus Junkkari HJ 10 galios nuėmimo veleno [28]	58
3.35 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė. P. Muiste nuotrauka	58
3.36 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė, Silvatec 878 CH [29]. P. Muiste nuotrauka	58
3.37 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė Chipset 536 C [30]	58
3.38 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė, Erjofanten 7/65. P. Muiste nuotrauka	59
3.39 pav. Kombainas kaip bazinė mašina [31]	59
3.40 pav. Ekskavatorius kaip bazinė mašina smulkintuvui. P. Muiste nuotrauka	59
3.41 pav. Smulkintuvas, sumontuotas ant sunkvežimio Giant [32]	59
3.42 pav. Konteinerinis sunkvežimis su smulkintuvu Moha [32]	59
3.43 pav. Diskinis smulkintuvas Morbark 30, sumontuotas ant priekabos [33]	59
3.44 pav. Fiberpack 370 Elmia Wood parodoje 2001 m. P. Muiste nuotrauka	60
3.45 pav. Timberjack 1490D [35]	60
3.46 pav. Valmet WoodPac [36]	60
3.47 pav. Į ryšulį supakuotos miško atliekos. P. Muiste nuotrauka	60
3.48 pav. Supakuotų miško atliekų gabenimui gali būti naudojama paprasta medvežės priekaba. P. Muiste nuotrauka	61
3.49 pav. Medienos kapoklė, sujungta su žievės šalinimo įrenginiu [37]	61
3.50 pav. Rąstų kapoklė Hakki Pilke Eagle su kapojimo sraigtu ir diskiniu pjūklų [38]	61
3.51 pav. Kapoklės su hidrauline pavara [39]	62
3.52 pav. Kombinuota kapoklė Japa 2000 [40]	62
3.53 pav. Surenkanti kirtimo galvutė Timberjack 720 ir Timberjack 730 [35]	62
3.54 pav. Stūmoklinis presas	64
3.55 pav. Sraigtinis presas	64
3.56 pav. Granuliatorius su cilindrine matrica	65
3.57 pav. Granuliatorius su plokščiąja matrica	65
3.58 pav. Cilindrinė granulatoriaus matrica. P. Muiste nuotrauka	65

3.59 pav. Granulių tiekimo schema	66
3.60 pav. Dirbanti savaeigė kapojinė [44]	67
3.61 pav. Surinkti ir supresuoti į stambius apie 500 kg svorio ryšulius šiaudai [44]	67
3.62 pav. Šiaudų ryšulių krovimas traktoriuje sumontuotu krautuvu [44]	67
3.63 pav. Šiaudų ryšulių tvirtinimas transportavimo diržais krovinio stabilumo užtikrinimui [44]	67
3.64 pav. Augmenijos šalinimas ir durpyno paviršiaus lyginimas Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu RT-6.0H	68
3.65 pav. Drenažo griovių išspaudimas durpyno dirvožemyje Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu OJ-1.3K	68
3.66 pav. Durpių masės frezavimas iš durpyno ir gabalinių durpių išgavimas Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu PK-1S	69
3.67 pav. Bangų pavidalo gabalinės durpės, kurios mažiau kontaktuoja su durpyno paviršiumi ir greičiau džiūsta	69
4.1 pav. Biokuru kūrenamos katilinės įrangos schema, Thermia OY, Suomija	71
4.2 pav. Drėgno kuro degimo zonos ant pasvirojo ardyno	72
4.3 pav. Prieškūrykla su kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios) labai drėgno kuro deginimui, SERMET, Suomija	76
4.4 pav. Švedijos bendrovės Hotab kūrykla su ardynu, sudarytu iš stacionarios dalies ir judamosios pasvirusios dalies	77
4.5 pav. Švedijos bendrovės KMW ENERGI AB kūrykla TRF su šachmatine tvarka judančiais ardyno elementais	77
4.6 pav. Bendrovės Wärtsilä užpatentuota kūrykla BioGrate su besisukančiu kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios)	78
4.7 pav. Kompleksinė Suomijos bendrovės Putkimaa OY 1-10 MW galingumo PMA tipo katilinė kietojo biokuro deginimui	78
4.8 pav. Grandininis ardynas Borås termofikacinės elektrinės katilė (Švedija)	79
4.9 pav. Principinė kūryklų su stacionariuoju (A) ir cirkuliuojančiu (B) verdančiu sluoksniu	80
4.10 pav. PML tipo 1–5 MW galios katilas su verdančiu sluoksniu ir dūmavamzdžiais (Putkimaa OY, Suomija)	81
4.11 pav. Principinės gazifikacijos reaktorių schemas: priešsrovinė sistema (A) ir pasrovinė sistema (B)	81
4.12 pav. Suomijos bendrovės Condens OY 1-10 MW galios gazifikacijos reaktorius Novel	82
4.13 pav. Principinė periodinio veikimo kūryklos šiaudų ryšulių deginimui schema [44]	82
4.14 pav. „Cigaro tipo“ deginimo metodas su nepertraukiamu šiaudų ryšulių padavimu [44]	83
4.15 pav. Automatizuota šiaudų deginimo sistema su šiaudų ryšulių smulkinimo įrenginiu [44]	83
4.16 pav. Principinė granulių deginimo sistemos schema [56]	84
4.17 pav. Technologiniai sprendimai granulių padavimo ir deginimo sistemoms	84

4.18 pav.	300 kW granuliu degiklis EcoTec (Švedija)	84
4.19 pav.	Vandeniui aušinama 60–500 kW galios degiklio Arimax BioJet deginimo galvutė (Suomija)	85
4.20 pav.	Degiklio sausam ir drėgnam kurui schema (Talino technologijos universitetas)	85
4.21 pav.	Talino technologijos universitete sukurtas kietojo kuro degiklis su 240 kW galios universaliu katilu	85
4.22 pav.	Austrijos bendrovės Eder Ltd katilas su viršutiniu degimu	87
4.23 pav.	Suomijos bendrovės Högfors Lämpö OY katilas su apatiniu degimu Arimax	87
4.24 pav.	Švedijos bendrovės EURONOM gaminamas katilas su atvirkštinio degimo EXONOM A25 BX MILJÖ su vandens tūryje įtaisytu spiraliniu šilumokaičiu	88
4.25 pav.	Austrijos bendrovės GRIM GmbH gaminamas katilas su atvirkštinio degimu DRAGON	89
4.26 pav.	Dvigubas katilas Jämä Kaksikko, JÄMÄTEK Oy, Suomija	89
4.27 pav.	20 kW galios katilas Malle (AS Viljandi Metall, Estija) su degikliu granulėms Iwabo VillaS bei granuliu padavimo sistema	90
4.28 pav.	Mažasis katilas Pelle su granuliu bunkeriu, maitintuvu ir degikliu Iwabo VillaS, sukurtu Talino technologijos universitete	90
4.29 pav.	Degiklis granulėms Iwabo VillaS	90
5.1 pav.	Santykiniai kuro piltiniai tankiai	91
5.2 pav.	Laikinasis kuro sandėlis. Ū. Kask nuotrauka	92
5.3 pav.	Priekinis krautuvas. Ū. Kask nuotrauka	92
5.4 pav.	Greiferinis kranas. Ū. Kask nuotrauka	93
5.5 pav.	Kietojo kuro sandėlis su stūmikliais	94
5.6 pav.	Hidrauliniai cilindrai, varantys stumiamųjų grindų elementus (Sax-lund)	94
5.7 pav.	Kietojo kuro bunkeris su grandikliniu transporteriu, viršuje Ū. Kask nuotrauka	95
5.8 pav.	Šnekiniai transporteriai bunkerio dugne	96
5.9 pav.	Bunkeris su hidrorotoriumi (Saxlund)	96
6.1 pav.	Multiciklonas	103
6.2 pav.	Rankovinis filtras su impulsiniu valymu	104
6.3 pav.	Elektrostatiniai nusodintuvai	105
6.4 pav.	Degimo produktų kondensacijos poveikis katilinės efektyvumui	106
6.5 pav.	Besisukantis vožtuvas (Saxlund)	106
6.6 pav.	Grandiklinis transporteris (Sax-lund)	107
6.7 pav.	Pelėnų konteineriai. Ū. Kask nuotrauka	107
7.1 pav.	Būdingasis CŠT katilinės apkrovos trukmės grafikas	111
8.1 pav.	Medieną ir durpes deginančių katilų skaičiaus svyravimai	120
8.2. pav.	Medieną ir durpes deginančių katilų bendrosios galios ir pagaminamo šilumos kiekio vystymasis	120

8.3 pav.	<i>Medieną ir durpes deginančių katilų metinės eksploatacijos trukmės pokyčiai</i>	120
8.4 pav.	<i>Medieną ir durpes deginančių katilų vidutinis metinis efektyvumas</i>	121
8.5 pav.	<i>Ardynas medžio skiedrų ir trupininių durpių deginimui, montuojamas anksčiau mazutą deginančio DKVR-4-13 tipo katilo kūrykloje</i>	123
8.6 pav.	<i>Biokuro katilo montavimas Tehnika katilinėje Tūri mieste. V. Vares nuotrauka</i>	124
8.7 pav.	<i>Biokuro katilo Tehnika katilinėje valdymo pulto vaizdas. Ü. Kask nuotrauka</i>	125
8.8 pav.	<i>Arkos paviršiuje susidariusios sukietėjusios nuosėdos. Ü. Kask nuotrauka</i>	125
8.9 pav.	<i>Kuro sandėlis Tehnika katilinėje Tūri mieste. Ü. Kask nuotrauka</i>	126
8.10 pav.	<i>Kompiuteriu valdomas greiferinis kranas paskirstė kurą tolygiai po visą sandėlio plotą. Ü. Kask nuotrauka</i>	126
8.11 pav.	<i>Skiedros, susmulkintos plaktukiniu malūnu. Ü. Kask nuotrauka</i>	127
8.12 pav.	<i>Trupančios plytos yrančio kamino pagrinde. Ü. Kask nuotrauka</i>	127
8.13 pav.	<i>Nauji ardymo elementai, pagaminti Tartu liejykloje. Ü. Kask nuotrauka</i>	128
8.14 pav.	<i>Ardymo elementas po metus trukusios eksploatacijos katile. Ü. Kask nuotrauka</i>	128
8.15 pav.	<i>Ardymo elementas pradegusia priekine dalimi. Ü. Kask nuotrauka</i>	128
8.16 pav.	<i>Dūmtakis tarp prieš kūryklos ir katilo. Ü. Kask nuotrauka</i>	129
8.17 pav.	<i>Tolimasis tretinio oro kanalo galas. Ü. Kask nuotrauka</i>	129
8.18 pav.	<i>Kuro tvarkymas greiferiniu kranu Aardla katilinės kuro sandėlyje. Ü. Kask nuotrauka</i>	130
8.19 pav.	<i>CŠT vamzdynai, trukdantys įrengti planuotu transporterius iš sandėlio į katilinę. Ü. Kask nuotrauka</i>	130
8.20 pav.	<i>Iš kuro pašalinti akmenys. Ü. Kask nuotrauka</i>	130
8.21 pav.	<i>DE tipo katilas Võrusoo katilinėje, vaizdas iš užpakalio. Ü. Kask nuotrauka</i>	132
8.22 pav.	<i>Prieškūrykla, įrengta Võrusoo katilinėje. Ü. Kask nuotrauka</i>	132
8.23 pav.	<i>Skystojo kuro degiklio įrengimo vieta katilo šone. Ü. Kask nuotrauka</i>	132
8.24 pav.	<i>Kuras Võrusoo katilinės sandėlio skyriuje, kuriame įrengti hidrauliniai stumtuvai. Ü. Kask nuotrauka</i>	133
8.25 pav.	<i>Kai kurie metalo gabalų pavyzdžiai, rasti kure ir pelenuose. Ü. Kask nuotrauka</i>	134
8.26 pav.	<i>Rekonstruotas DKVR tipo katilas, vaizdas iš priekio. Ü. Kask nuotrauka</i>	135
8.27 pav.	<i>Biokuro katilas ir visa katilinė valdoma kompiuteriu. Ü. Kask nuotrauka</i>	135
8.28 pav.	<i>Kuro tvarkymas Männimäe katilinės kuro sandėlyje. Ü. Kask nuotrauka</i>	136
8.29 pav.	<i>Privirintas hidraulinio cilindro galas, Ü. Kask nuotrauka</i>	136
8.30 pav.	<i>Plakatas su Vabriku katilinės, esančios Tūri mieste, technologine schema. Ü. Kask nuotrauka</i>	137
8.31 pav.	<i>Traktorius, pritaikytas kuro stumdymui, Ü. Kask nuotrauka</i>	138
8.32 pav.	<i>Operatoriaus valdomas tiltinis kranas su griebtuvu. Ü. Kask nuotrauka</i>	141

8.33 pav. Haapsalu katilinės vaizdas po rekonstrukcijos. Ü. Kask nuotrauka	143
8.34 pav. Kuro tvarkymas Haapsalu katilinės sandėlyje. Ü. Kask nuotrauka	144
8.35 pav. Keletas nuolaužų ir nesusmulkintos medienos pavyzdžių, rastų kure. Ü. Kask nuotrauka	144
8.36 pav. Multiciklono pagrindas ir betoniniai kanalo dangčiai. Ü. Kask nuotrauka	145
8.37 pav. Prieškūrykla Keila katilinėje. Ü. Kask nuotrauka	145
8.38 pav. Estijoje pagamintas tiltinis kranas su griebtuvu. Ü. Kask nuotrauka	146
8.39 pav. Prie sienų susikaupęs kuras. Ü. Kask nuotrauka	147
8.40 pav. Iš kūryklos pašalintas nuosėdų gabalas. Ü. Kask nuotrauka	147
8.41 pav. Multiciklonas ir pelenų transporteris. Ü. Kask nuotrauka	147
8.42 pav. Peetri katilinė Paide mieste. Ü. Kask nuotrauka	148
8.43 pav. Peetri katilinės technologinė schema su eksploatacijos parametrais, rodomais serverio kompiuterio ekrane. Ü. Kask nuotrauka	148
8.44 pav. Apskaičiuotoji biokuro katilų eksploatacijos trukmė 2004 m.	150
8.45 pav. Santykinis kuro suvartojimas 2004 m.	151

PRATARMĖ

1999 m. Danijos, Estijos, Suomijos, Vokietijos, Islandijos, Latvijos, Lietuvos, Norvegijos, Lenkijos, Rusijos Federacijos, Švedijos ministrai atsakingi už energetiką bei ES Komisija įsteigė Baltijos jūros regiono bendradarbiavimo energetikoje struktūrą BASREC (*angl. Baltic Sea Region Energy Co-operation*).

2002 m. lapkričio mėn. Vilniuje vykusio BASREC ministrų susitikimo metu buvo priimtas nutarimas įsteigti BASREC darbo grupę bioenergetikos srityje 2003–2005 m. Darbo planas 2003–2005 m. laikotarpiui buvo parengtas pagal pasiūlymą, pateiktą ministrų susitikimui.

Svarbiausias darbo grupės uždavinys – pradėti bendradarbiavimą su rinkos dalyviais. Šiam tikslui buvo numatytos keturios veiklos kryptys:

- 1) rinkos dalyvių žinių lygio ir gebėjimų vystymas;
- 2) standartų ir rinkos harmonizavimas;
- 3) bendro įgyvendinimo projektai bioenergetikos ir klimato kaitos srityje;
- 4) moksliniai tyrimai ir plėtra.

Baltijos jūros regionas pasižymi gausiais miško ištekliais, ypač Rusijos Šiaurės vakarinė dalis. Miškai yra pagrindinis kietojo biokuro šaltinis. Kitas šaltinis – žemės ūkio paskirties žemė. Energijos gamybai gali būti naudojami šiaudai ir kitos atliekos. Tačiau miškai iki šiol daugiausia naudojami pjautinės medienos, statybinių medžiagų bei celiuliozės ir popieriaus gamybai. Tradiciškai miškai, kaip energijos šaltinis, tarnavo naudojant malkas. Šiais laikais esama efektyvesnių deginimo technologijų, todėl vis labiau didėja susidomėjimas miško bei medienos perdirbimo pramonės atliekų panaudojimu medienos kuro gamybai tiek vietinėms reikmėms, tiek eksportui. Baltijos šalys jau daugiau kaip dešimt metų tiekia medžio skiedras ir granules Šiaurės bei kitoms Europos šalims. Rusija šiuo metu kaip tik įeina į šią rinką. Kitas reikšmingas bioenergetikos gamybos ir naudojimo privalumas yra mažesnis neigiamas poveikis aplinkai bei klimatui, taip pat naujų darbo vietų sukūrimas.

Kita regiono ypatybė yra gerai išvystyta centralizuoto šilumos tiekimo sistema. Šiaurės šalyse šiuo metu didelė centralizuotai tiekiamos šilumos dalis yra pagaminta iš biokuro. Rusijoje, Baltijos šalyse ir Lenkijoje didžioji dalis centralizuoto šildymo sistemų naudoja iškastinį kūrą, daugiausia akmens anglį ir mazutą, dalinai dujas. Tačiau dėl išaugusių iškastinio kuro bei elektros energijos kainų vis labiau auga susidomėjimas medžio skiedrų ir granulių panaudojimu šilumos gamybai, taip pat kombinuotai šilumos ir elektros energijos gamybai. Didelis privalumas yra tas, kad Rusijoje ir Baltijos šalyse augant susidomėjimui panaudoti atsinaujinančius energijos išteklius energijos gamybai, šiose šalyse yra nemažai aukštos kvalifikacijos energetikos specialistų, ekspertų bei universitetų, gerai išmanančių medienos kuro gamybos ir naudojimo specifiką bei teoriją, tačiau kol kas šių žinių pritaikymas praktikoje nėra paplitęs.

Todėl 1-osios veiklos uždutis ir tikslas buvo parengti biokuro naudojimo energijos gamybai žinyną bei paskleisti praktinę patirtį savivaldybių pareigūnams, šilumos tiekimo bei bioenergetikos gamybos įmonių vadovams priimti teisingus sprendimus, renkantis bioenergetikos gamybos jėgainės technologiją ir dydį. Žinyno parengimo darbą atliko Talino technologijos universitetas, turintis didelę teorinę bei praktinę patirtį bioenergetikos srityje. Pirmajame

etape žinynas bus pateiktas anglų, rusų ir estų kalbomis. Tikėtina, kad žinyną bus galima išversti į kitų regiono šalių kalbas ir atnaujinti atsižvelgiant į vietines patirtis.

Šį darbą finansavo Šiaurės Ministrų Taryba.

Guðrun Knutsson
BASREC bioenergijos darbo grupės 2003–2005 m. pirmininkė

1. ĮVADAS

Pastaraisiais metais biokuro naudojimas nuolat auga. Turimos šiuolaikiškos biokuro gamybos ir deginimo technologijos leidžia efektyviai naudoti praktiškai visas miško bei medienos perdirbimo pramonės atliekas. Kaip kuras vis plačiau naudojama ir žolinė biomasa, pvz., šiaudai.

Baltijos jūros šalys vaidina svarbų vaidmenį biokuro technologijų vystymo bei diegimo srityje. Šiame žinyne skaitytojui bandoma perduoti biokuro technologijų praktinę patirtį, įgytą šiose šalyse. Čia aptariama visa technologinė grandinė – nuo kuro paruošimo miške arba lauke iki degimo produktų valymo ir pelenų utilizavimo. Be biokuro, žinyne taip pat nagrinėjamas durpių naudojimas.

Žinyne turėtų susidomėti kiekvienas, kas jau naudoja biokurą arba ketina naudoti ateityje. Nors autoriai yra inžinieriai ir čia daugiausia aptaria technologinius aspektus, jie stengiasi pateikti medžiagą taip, kad ja būtų galima remtis planuojant ir rengiant su biokuru susijusius projektus. Šiam tikslui pateikiama trumpa biokuro vaidmens Baltijos jūros valstybių bei Europos Sąjungos energetikos politikoje apžvalga.

Žinyne autoriai yra Villu Vares, Ülo Kask, Tõnu Pihu ir Sulev Soosaar iš Talino technologijos universiteto bei Peeter Muiste iš Estijos gyvosios gamtos mokslų universiteto. Paveikslus parengė Malle Remmel, o kompiuterinę grafiką kūrė Tõnu Pihu.

Žinyną redagavo Villu Vares.

1.1. Energetikos politikos raida Europos Sąjungoje bei Baltijos šalyse

Žemiau pateikiama trumpa įvairių aspektų, atsispindinčių aktualiausiuose ES energetikos politikos dokumentuose, tiesiogiai arba netiesiogiai susijusiuose su biokuru, apžvalga.

Pirmasis žingsnis, žengtas ES atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo bendrosios strategijos vystyme, buvo Žalioji knyga (COM(96)576). Visos strategijos kartu su pasiūlytomis priemonėmis tikslas buvo pasiekti, kad ES iki 2010 m. atsinaujinančių energijos išteklių dalis sudarytų 12%, t. y. kad ši dalis nuo pradinio taško (1995 m.) padidėtų du kartus. 12% dalies pasiekimas iki 2010 m. yra laikomas gana ambicingu, bet realiu politiniu, o ne teisiniu tikslu. Kad šis tikslas būtų pasiektas, visos ES valstybės turėjo parengti savas strategijas. Reikia atsižvelgti į tai, kad į pradinio taško dalį (6%) reikšmingą indėlį įnešė didžiosios hidroelektrinės. Galimybė statyti naujas didžiąsias hidroelektrines Europoje yra ganėtinai ribota. Todėl turi būti labiau išplėstas kitų atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimas.

Kitas žingsnis buvo žengtas gana greitai – 1997 m. pabaigoje buvo išleistas Komisijos leidinys „Baltoji knyga: energija ateičiai – atsinaujinantys energijos šaltiniai“ (1997-11-26 d. COM(97)599), kuriame buvo nagrinėjama ES strategija; taip pat buvo parengtas veikslių planas. Pranešimo įvade nurodoma, kad energijos ištekliai ES valstybėse yra netolygiai pasiskirstę, tačiau net ir esant gausiems ištekliams, kurių naudojimas ekonominiu požiūriu priimtinas, panaudojimo mastas kol kas yra nedidelis.

1995 m. ES valstybės iki 50% priklausė nuo importuojamos energijos. Jeigu nebus imtasi priemonių išplėsti vietinių išteklių naudojimą, ES priklausomybė nuo importuojamos energijos 2020 m. pasieks 70%. Kadangi atsinaujinantys energijos ištekliai kiekvienoje šalyje yra

vietiniai, jų naudojimo didinimas sumažintų priklausomybę nuo importuojamos energijos bei padidintų jos tiekimo saugumą. Be to, atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas prisidės prie darbo vietų sukūrimo, daugiausiai mažose ir vidutinėse įmonėse, tokiu būdu skatindamas ir regioninį vystymąsi.

Dėl pastarojo laiko technologinio progreso buvo pripažinta, kad biomasė (taip pat ir mažosios hidro- bei vėjo elektrinės) rinkoje yra konkurencinga, ypač lyginant su kitomis decentralizuoto energijos tiekimo alternatyvomis. Kaip viena iš rimčiausių kliūčių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui buvo nurodytas didelių pradinėlių investicijų poreikis. Esminė kliūtis buvo laikomas faktas, kad naudojant įprastinį kurą į šio kuro kainą nėra įskaičiuoti visi kaštai, kuriuos visuomenė patiria, t. y. neatsižvelgiama į kuro sektoriaus išorinius kaštus, susidarantius per visą kuro gyvavimo ciklą.

Keletas mokestinių priemonių buvo laikomos tinkamomis atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo paskatinimui:

- lanksti atsinaujinančių energijos išteklių investicijų vertės sumažėjimo sistema;
- mokestinės nuolaidos trečiosioms šalims, finansuojančioms atsinaujinančių energijos išteklių diegimą;
- subsidijos energetikos įmonių, naudojančių atsinaujinančius energijos išteklius, statybai;
- finansinės paskatos pirkėjams pirkti atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimo įrangą bei paslaugas;
- „žaliųjų“ fondų steigimas kapitalo rinkų, finansuojamų iš privačių bankų, palaikymui;
- nacionalinių fondų, remiančių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, steigimas;
- paskolų palankiomis sąlygomis teikimas.

Kalbant apie kietąjį biokurą, išskirtinai svarbiu yra laikomas iškastinio kuro pa-

keitimas biokuru arba skirtingų kuro rūšių deginimas vienu metu, tolesnis kuro tobulinimas (granulės, briketai) bei platesnis miško atliekų ir kitų atliekų panaudojimas. Platesnis biokuro panaudojimas buvo susietas su ES termofikacinės šilumos bei elektros energijos gamybos skatinimo strategija. Nustatyta, kad iki 2010 m. beveik 1/3 naujo papildomo biomasės panaudojimo turi patekti į šią kategoriją.

Žemės ūkis laikomas svarbiausiu sektoriumi siekiant tikslo, susijusiu su atsinaujinančių energijos išteklių naudojimu. Pastebėta, kad atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas savo ruožtu gali paskatinti žemės ūkio vystymąsi. Todėl ES valstybėms narėms buvo rekomenduota teikti pirmenybę atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektams žemės ūkio rajonuose:

- remti biokuro naudojimą pagal žemės ūkio vystymo programas;
- remti regionus, dalyvaujant novatoriškų parodomųjų ir taikomųjų projektų finansavime, tokių kaip šilumos bei elektros energijos gamyba saulės energijos pagrindu, vėjo ir biomasės jėgainės.

Biomasė laikoma perspektyviausiu atsinaujinančiu energijos gamybos ištekliumi. Biomasės naudojimo termofikacinei šilumos bei elektros energijos gamybai kampanijos tikslas yra paskatinti ir paremti decentralizuotų jėgainių, naudojančių biomasę, statybą visoje ES. Tai susiję su įranga ir jėgainėmis, kurių galia nuo kelių šimtų kW iki keleto MW; priklausomai nuo vietinių sąlygų, jose galėtų būti naudojamos įvairios technologijos. Užsibrėžtas biomasės kampanijos tikslas – pastatyti 10 GW galios gamybos pajėgumus, tokiu būdu padidinant šilumos gamybą iš biomasės nuo 38 Mtne (1995 m.) iki 75 Mtne 2010 m.

Vėlesniais metais platesnis atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas jau nebuvo toks aktualus. Šią temą Komisija

vėl išskėlė energetikos politiką formuojančiame dokumente „Žalioji knyga: link Europos strategijos energijos tiekimo saugumo srityje“ [1]. Pranešimas, išleistas 2000 m., nurodo, kad visi įprastiniai energijos išteklių ES yra riboti, o jų dalis, tenkinant energijos reikmes, mažėja ir santykinai, ir absoliučiai. Tik atsinaujinantys energijos išteklių pasizymi gausa. Todėl, siekiant sumažinti priklausomybę nuo importuojamos energijos, daug tikimasi iš aukštųjų technologijų taikymo atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo srityje. Taip pat buvo pažymėta, kad energijos tiekimo saugumo požiūriu atsinaujinančių energijos išteklių potencialas ES yra labai reikšmingas, bet šio potencialo naudojimo skatinimas žymia dalimi priklauso nuo politinių ir ekonominių tendencijų, kurios gali būti sėkmingos tik tuo atveju, jei biokuro politikos įgyvendinimui bus imtasi konkrečių ekonominių priemonių. Šiuo atveju atsinaujinantys energijos išteklių būtų viešinteliai, kuriuos ES galėtų naudoti su tam tikru lankstumu ir manevravimo potencialu netolimoje ateityje.

Ataskaitoje kritiškai pažymima, kad ES sėkmė plečiant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą yra kukli. Taigi tikslas padvigubinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį elektros energijos gamyboje, reguliariai nustatomas nuo 1985 m., nebuvo pasiektas. Pažymima, kad, nepaisant didėjančio atsinaujinančių energijos išteklių vaidmens energijos gamyboje (vidutiniškai 3% per metus), jų dalis nepadidėjo daugiau kaip 6%, nes bendrosios energijos reikmės augo greičiau. Tačiau pažymėtas įspūdingas augimas (daugiau kaip 2000% per dešimtmetį) vėjo energijos sektoriuje.

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo analizė rodo, kad Europoje galimybė plėsti hidroenergetiką, kuri sudaro trečdali visų šiuo metu naudojamų atsinaujinančių energijos išteklių, ateityje praktiškai yra lygios nuliui. Padaryta išvada, kad pagrindinis augimas yra galimas biomasės ir biokuro naudojimo dėka.

Nagrinėjant faktorius, sudarančius kliūtis atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui, ataskaitoje nurodoma, kad problemos yra susijusios su jau esamų struktūrų pobūdžiu, t. y. visuomeninės ekonominės ir socialinės sistemos buvo sukurtos, remiantis centralizuotu įprastinių energijos išteklių (anglies, naftos, gamtinių dujų bei atominės energijos) vystymu. Finansavimo problemos yra nurodomos kaip reikšmingiausios kliūtys, kadangi atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas reikalauja didelių pradinų investicijų. Kartu pažymima, kad atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui gali būti reikalinga santykinai ilgalaikė pagalba, kol ši veikla pradės atsipirkti ekonominiu požiūriu.

Ypatingai pabrėžiama būtinybė taikyti subsidiarumo principą, kurio esmė yra lankstus visuomeninių, regioninių bei vietinių interesų derinimas, teikiant pirmenybę atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui. Priemonių, jau taikomų valstybėse narėse, pobūdis svyruoja nuo grantų mokslinio tyrimo darbams ar tam tikrų finansavimo įrankių (paskolų su mažomis palūkanomis, garantinių fondų ir kt.) iki mokestinių priemonių, tiesiogiai remiančių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, bei įsipareigojimo „pirkti“ tam tikrus energijos, pagamintas iš atsinaujinančių energijos išteklių, kiekius.

Kiti žingsniai, skatinantys atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą ES, buvo Direktyvos, nustatančios tikslus elektros, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių srityje (2001/77/EB), ir skatinančios naudoti biokurą transporte (2003/30/EB). Tolesnį biomasės naudojimo šilumos gamybai vystymą netiesiogiai palaiko termofikacinę šilumos ir elektros energijos gamybą skatinanti Direktyva 2004/8/EB. Konkretus reikalavimas teikti pirmenybę atsinaujinantiems energijos ištekliams taip pat iškeltas ir Direktyvoje 2002/91/EB dėl pastatų energinio naudingumo, kuri nustato, jog naujų pastatų, kurių bendras plotas yra didesnis kaip 1000 m², valstybės narės

turi užtikrinti, kad prieš pradėdant statybą būtų apsvaistyta ir atsižvelgta į technines, aplinkosaugines ir ekonomines galimybes įrengti decentralizuotą aprūpinimo energija sistemą, paremtą atsinaujinančiais energijos ištekliais.

Naujieji mokesčių nuostatai, kuriuos valstybės narės priėmė pagal Direktyvą 2003/96/EB nuo 2004 m. sausio 1 d., sukonkretinga palankias biokuro naudojimo apmokestinimo sąlygas. Pagal šią Direktyvą energetikos produktų bei elektros energijos mokesčių struktūra ES buvo pertvarkyta, išplėtus energetikos produktų, apmokestinamų akcizo mokesčiu, nomenklatūrą nuo skystojo kuro iki kietojo kuro, gamtinių dujų ir elektros energijos. Pagal naująją Direktyvą anglis ir koksas yra apmokestinami, bet kiti kietieji energijos ištekliai, tarp jų mediena ir durpės, lieka neapmokestinami. Naujos galimybės biokuro platesniam naudojimui atsiranda ir naujojoje šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemoje Europos Sąjungoje (Direktyva 2003/87/EB).

Nepaisant didelio dėmesio, skiriamo atsinaujinantiems energijos ištekliams, biomasės, kaip svarbiausio atsinaujinančio energijos šaltinio tiesioginei šilumos gamybai, panaudojimo skatinimui ypatingo dėmesio nebuvo skirta.

Nuo 2001 m. siūloma parengti dokumentą panašų į direktyvą dėl elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių RES-E (*ang. Renewable Energy Sources – Electricity*) ir dėl aprūpinimo šiluma (ir aušinimu) RES-H (*ang. Renewable Energy Sources – Heat*) iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI), tačiau iki šiol nėra parengtas net šios direktyvos projektas. Šilumos gamyba iš AEI tampa vis aktualesnė tiek visoje ES, tiek kai kuriose valstybėse narėse. Tam tikrą poveikį daro Kioto protokolas dėl šiltna-

mio efektą skatinančių dujų emisijų sumažinimo. Poreikis sumažinti priklausomybę nuo importuojamos energijos ir užtikrinti tvariąją plėtrą yra pagrindiniai varomieji atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo ES veiksniai.

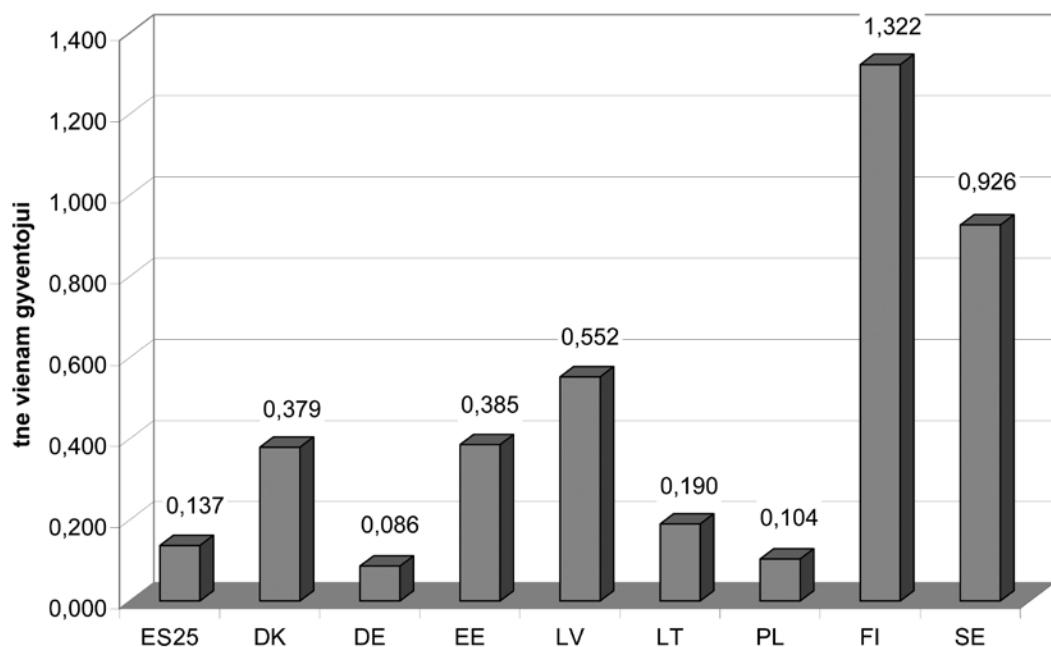
Naujausia analizė (Europos Komisijos pranešimas COM(2004) 366, galutinis) parodė, kad jei bus įgyvendinti tikslai, nustatyti RES-E gamybai bei skystajam biokurui, AEI dalis Europos Sąjungoje iki 2010 m. pasieks tik 10% vietoje planuotų 12%. Tačiau realiaame gyvenime neaišku ar šie tikslai galėjo būti pasiekti, todėl atsinaujinančių energijos šaltinių dalis gali likti netgi mažesnė, jeigu ir toliau išliks dabartinė vystymosi tendencija.

1.2. Biomasės bei miško išteklių naudojimas Baltijos jūros valstybėse

Pagal Eurostat'ą iš atsinaujinančių energijos išteklių pagamintos energijos bendro vidinio sunaudojimo dalis ES25 valstybėse 2002 m. sudarė 5,7%. Iš biomasės buvo pagaminta beveik du trečdaliai iš atsinaujinančių energijos išteklių gaunamos energijos (65,4%, arba 3,7% bendro sunaudojimo). Beveik visose Baltijos jūros valstybėse biomasei tenkanti dalis bendrame vidiniame energijos suvartojime yra didesnė negu ES vidurkis; ši dalis yra mažesnė tik Vokietijoje (2,1%). Tradiciškai biomasė yra plačiai naudojama Suomijoje ir Švedijoje. Suomijoje iš biomasės pagaminamas beveik penktadalis energijos (19,6%), o beveik pusė reikalingos šilumos yra gaunama iš medienos kuro. Švedijoje biomasė sudaro 16,1% bendrųjų energijos reikmių. Latvijoje biomasės dalis yra didžiausia (30,3%), šis rodiklis yra didžiausias išplėstoje ES (ES25).

1.1 lentelė. Bendrasis vidinis energijos suvartojimas ir energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių bei biomasės, suvartojimas (2002 m.) [2]

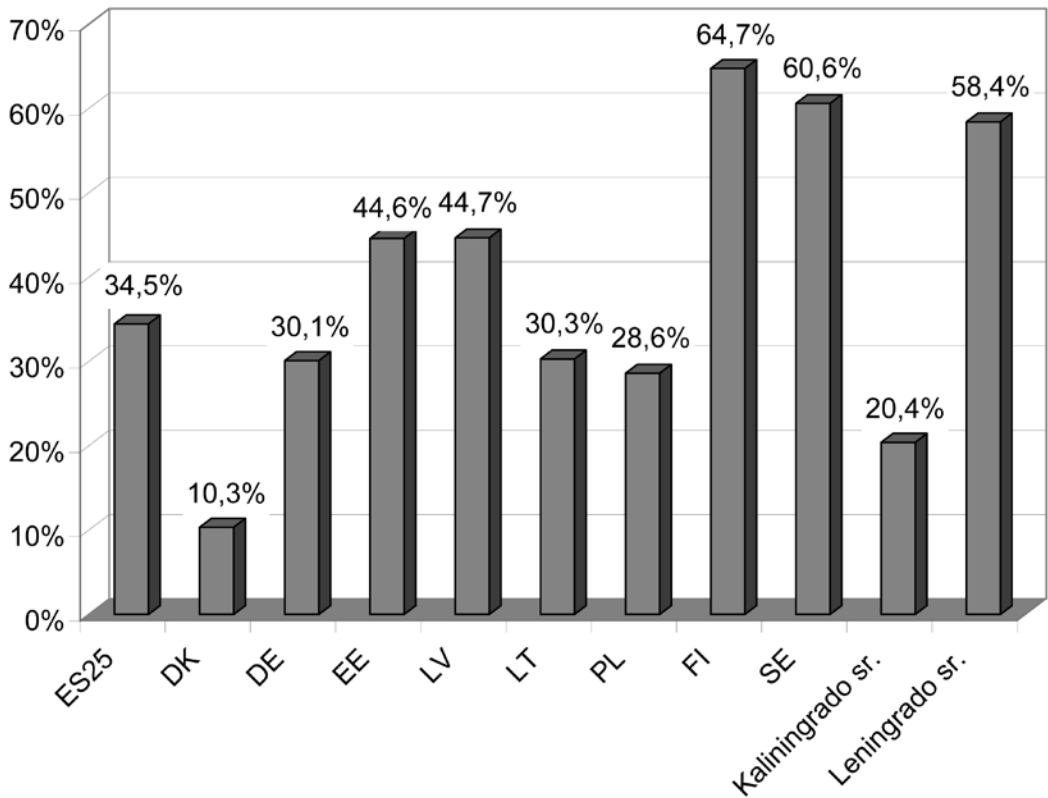
Valstybė ir santrumpa	Bendrasis vidinis energijos suvartojimas	Energija iš atsinaujinančių energijos išteklių	Energija iš biomasės	Energija iš atsinaujinančių energijos išteklių / bendras vidinis energijos suvartojimas	Energija iš biomasės / bendras vidinis energijos suvartojimas	Energija iš biomasės / energija iš atsinaujinančių energijos išteklių
	Mtne			Santykis		
Išplėstoji ES, ES25	1676,9	94,9	62,1	5,7%	3,7%	65,4%
Senosios ES šalys	1475,4	85,3	53,9	5,8%	3,7%	63,2%
Danija, DK	19,8	2,5	2,0	12,5%	10,3%	82,5%
Vokietija, DE	343,7	10,6	7,1	3,1%	2,1%	66,9%
Estija, EE	5,0	0,5	0,5	10,5%	10,5%	99,9%
Latvija, LV	4,2	1,5	1,3	35,3%	30,3%	85,8%
Lietuva, LT	8,7	0,7	0,7	7,9%	7,6%	95,6%
Lenkija, PL	88,8	4,2	4,0	4,7%	4,5%	95,0%
Suomija, FI	35,1	7,8	6,9	22,2%	19,6%	88,1%
Švedija, SE	51,5	14,1	8,3	27,3%	16,1%	58,8%
Naujosios ES šalys, ES10	201,5	9,7	8,2	4,8%	4,1%	84,8%



1.1 pav. Biomasė energijos gamybai 2002 m. (tne vienam gyventojui)

1.2 lentelė. Miškų bei kitų miškingų žemių plotai ES [3], [4]

Valstybė	Miškų plotai	Kiti miškingų žemių plotai	Iš viso	Apvaliosios medienos gamyba (2002 m.)	Apvaliosios medienos gamyba / miškų plotas
	1000 ha				
Išplėtoji ES, ES25	137 060	23 211	160 271	350 263	2,56
Senosios ES šalys	113 567	22 637	136 204	264 386	2,33
Danija, DK	445	93	538	1 446	3,25
Vokietija, DE	10 740	–	10 740	42 380	3,95
Estija, EE	2 016	146	2 162	10 500	5,21
Latvija, LV	2 884	471	3 355	13 467	4,67
Lietuva, LT	1 978	72	2 050	6 300	3,19
Lenkija, PL	8 942	–	8 942	27 170	3,04
Suomija, FI	21 883	885	22 768	53 011	2,42
Švedija, SE	27 264	2 995	30 259	67 500	2,48
Norvegija, NOR [5]	7 000	5 000	12 000	8 649	1,23
Naujosios ES šalys, ES10	23 493	574	24 067	85 877	3,66



1.2 pav. Miškingųjų plotų procentinė dalis, 2002 m. (visos teritorijos %)

1.2.1. Biomasės naudojimo energijos gamybai skatinimas

ES yra taikomos įvairios priemonės, skatinančios biomasės naudojimą. Priemonių pasirinkimas įvairiose šalyse kinta ir priklauso nuo techninės infrastruktūros ypatybių, gamtinių išteklių, pramoninių tradicijų, taip pat nuo geografinės padėties bei klimato sąlygų ir galų gale nuo politinės valios, kuri yra tikrai nemažiau svarbi. Pagrindinius įrankius galima suskirstyti į tokias grupes:

- reguliavimas, paremtas rinkos mechanizmu;
- atleidimai nuo mokesčių;
- subsidijos ir dotacijos;
- specialios finansavimo schemos.

Nors rinkos reguliavimas taikomas tik elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių skatinimui, tačiau mokestinė sistema turi įtakos ir biomasės naudojimui. Paprastai tai reiškia arba tik iškastinio kuro apmokestinimą, arba atleidimų nuo mokesčių taikymą biokurui tuo atveju, kai visų kuro rūšių apmokestinimas yra diferencijuotas. Taip pat taikomas ir šių abiejų priemonių derinys (pvz., Austrijoje, Švedijoje, Vokietijoje, Suomijoje). Kai kuriais atvejais atleidimai nuo mokesčių (pajamų mokesčio bei PVM) taikomi investicijoms biokuro srityje. Subsidijos ir dotacijos paprastai numatomos kaip paskatos nustoti naudoti iškastinį kurą ir pereiti prie biomasės. Taip pat paminėtinos specialiosios finansavimo priemonės, daugiausia paskolos palankiomis sąlygomis (maži palūkanų procentai arba be palūkanų).

1.2.2. Regioninė praktika bei patirtis

Estijoje 2002 m. biomasė sudarė daugiau kaip 99% visos energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių. 17,2% kuro, naudojamo šilumos gamybai, buvo medienos kuras. Apie 80% medienos buvo sunaudota namų ūkyje bei komerciniame

sektoriuje. Apie 20% medienos kuro buvo skirta centralizuotam šilumos tiekimui ir ši dalis vis auga. Komerciniame sektoriuje mediena kaip pagrindinis kuras buvo naudojama 900 katilų, kurių bendra galia 798 MW.

Tiesioginės subsidijos biokuro naudojimui šilumos gamybai nėra skiriamos. Keletas katilų pertvarkymo projektų, kuriuose pradėtas deginti medienos kuras, gavo subsidijas pagal tarptautinius dvišalius projektus (pvz., su Švedija, Suomija ir Danija). Pastaraisiais metais didžioji dalis paramos gauta iš bendro įgyvendinimo projektų bei ES struktūrinių fondų.

Ilgalaikiame energetikos sektoriaus vystymosi plane buvo nustatytas tikslas padidinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį pirminės energijos balanse iki 13–15%. Reikšmingo biomasės dalies išaugimo nenumatoma, kadangi jau dabar didžioji dauguma pirminės energijos, gaunamos iš pjautinės malkinės medienos bei medienos perdirbimo atliekų, yra sunaudojama energijos virsmų procesuose, daugiausia šilumos gamybai. Iki tam tikro laipsnio gali išaugti miško atliekų naudojimas. Iš Estijos kasmet eksportuojama beveik 500 tūkstančių tonų skiedrų, daugiausia kaip žaliava medienos masės pramonei. Dauguma (83%) medienos briketų ir granulių (iš viso 210 tūkst. tonų per metus) produkcijos yra eksportuojama.

Estija turi gausius durpių išteklius – 1,7 milijardų t, tarp jų 775 mln. t tinkamų naudoti, leistina išgavimo norma – 2,78 Mt per metus. 2003 m. buvo išgauta 1 Mt durpių, įskaitant 362 tūkst. t šildymo reikmėms: 248 tūkst. t trupinių durpių bei 115 tūkst. t gabalinių durpių. 27% trupinių durpių bei 98% gabalinių durpių buvo sunaudota centralizuotam šildymui. Taip pat buvo pagaminta apie 120 tūkst. t durpių briketų, 84% jų buvo eksportuota.

Lietuvoje biomasės dalis pirminės energijos balanse yra santykinai maža – 7,6%. Per metus sunaudojama 3,4 mln. m³ medienos kuro. Didžioji dalis biomasės (70%) sudeginama kaip malkos namų ūkiuose. Tik 12–15% biomasės naudojama centralizuotam

šilumos tiekimui. Mediena kūrenamų katilų našumas viršija 250 MW. Nuo 1994 m. gaminamos skiedros, kurios yra naudojamos stambesnėse (per 1 MW) katilinėse. Gaminamos ir medžio granulės (daugiau kaip 20 tūkst. t per metus) bei medžio briketai (beveik 100 tūkst. t per metus). Durpių išteklių nėra reikšmingi (117 Mt). Metinė durpių gavyba yra 200–400 tūkst. t., tarp jų 46–85 tūkst. t gabalinių durpių. 2003 m. 49 tūkst. t trupinių durpių ir 18 tūkst. t gabalinių durpių buvo sunaudota energijos gamybai. Taip pat gaminami durpių briketai – 10–15 tūkst. t per metus. Nustatytas tikslas iki 2010 m. padidinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį energijos balanse iki 12%. Pagal dabartinius planus tikslas, kurį reikia pasiekti, yra medienos kuro naudojimo padidėjimas apytiksliai penktadaliu iki 2010 m. bei viso potencialo, tinkamo energijos gamybai (850 tūkst. tne), panaudojimas iki 2020 m.

Latvija dėl savo menkų išteklių turi importuoti 65–70% pirminių energijos šaltinių. Todėl atsinaujinantys energijos išteklių yra svarbūs energijos tiekimo saugumo požiūriu bei energetinės priklausomybės sumažinimo požiūriu. Medienos kuro dalis pirminės energijos balanse yra reikšminga (27–28%). Didžioji dalis biomasės (56,1%) yra sunaudojama namų ūkiuose. Biomasė kartu su vėjo energija įgijo pirmenybę elektros energijos gamybos srityje. Tačiau 1997–2001 m. laikotarpiu šilumos kiekis, pagamintas iš biomasės, mažėjo vidutiniškai 6% per metus. Buvo pradėta medžio granuliu gavyba, gamyklų pajėgumas siekia 100 tūkst. t per metus.

Durpių išteklių Latvijoje yra gausūs – durpynai užima apie 10% viso Latvijos ploto, bendros durpių atsargos siekia apie 1,5 milijardo t. Pastaraisiais metais kasmet buvo išgaunama 500 tūkst. t durpių, tačiau jų dalis pirminės energijos balanse vis dar sudaro nereikšmingus 1,5–2,5%.

Lenkijoje 2002 m. atsinaujinantys energijos išteklių, tarp jų 95% biomasės, tenkino apie 5% pirminės energijos reikmių. Beveik 30% Lenkijos teritorijos dengia miškai ir

šis skaičius turėtų pradėti augti, kadangi planuojama mišku apsodinti dykvietes. Iš medienos kuro gauta energija sudarė 85% iš biomasės (skystojo bei kietojo kuro, biodujų) gautos energijos, kurios kiekis siekia 104,2 TJ. Pagal vertinimus medienos kuro, daugiausia medienos atliekas, naudoja pora šimtų centralizuoto šilumos tiekimo katilinių bei 110 mažesnių (< 500 kW) katilų. Didžiąją dalį biomasės (daugiau kaip 60%) sunaudoja namų ūkiai. Neseniai buvo pradėta medžio granuliu gavyba, dabar gamybos apimtys siekia 150 tūkst. t per metus. Keletas fondų suteikė dotacijas atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo projektams. Energetikos sektoriaus vystymosi plane (2000 m.) buvo nustatytas tikslas padidinti atsinaujinančių energijos išteklių dalį pirminės energijos balanse iki 7,5% iki 2010 m. bei iki 14% iki 2020 m.

Švedijoje 16% suvartojamos pirminės energijos gaunama iš biomasės. Švedija (ir Suomija) turi didžiausią patirtį medienos kuro vartojimo srityje. Švedijoje atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas jau kelerius metus yra skatinamas. Biomasės naudojimas (kartu su kitais atsinaujinančiais energijos ištekliais) yra skatinamas vyriausybinio lygiu. Aukštas Švedijos kuro bei energijos apmokestinimo lygis yra plačiai žinomas. Mokesčiai, kurie iš pradžių buvo įvesti siekiant padidinti efektyvumą bei paskatinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, tampa vis labiau orientuoti į aplinkos apsaugą. Kuras yra apmokestintas mokesčiais už energiją, CO₂ bei sierą. Pvz., mokestis už CO₂, priklausantis nuo anglies kiekio kure, kinta nuo 95 iki 126 EUR už toną CO₂. Biokuras nėra apmokestinamas, o durpės yra apmokestinamos tik mokesčiu už sierą.

Biomasė sudaro apie 60% naudojamų atsinaujinančių energijos išteklių ir ji daugiausia yra naudojama termofikacinei šilumos ir elektros energijos gamybai centralizuotai tiekiant šilumą. Medienos kuro naudojimo centralizuotame šilumos tiekime tendencija yra auganti – dešimtajame

praeito amžiaus dešimtmetyje medienos kuro sunaudojimas išaugo beveik penkis kartus (nuo 13 PJ 1990 m. iki 65 PJ 2001 m.). 2002 m. medienos dalis buvo didžiausia (28%) tarp kuro rūšių, naudojamų centralizuotam šilumos tiekimui. Tačiau didžioji dalis biomasės (beveik 60%) yra sunaudojama tiesioginei šilumos gamybai, t. y. ne centralizuotam šilumos tiekimui – Švedijoje apie 400 tūkst. individualių namų yra apšildomi mediena.

Medžio granulių gamyba bei naudojimas greitai auga. Medžio granules gamina daugiau kaip 30 gamintojų: gamybos pajėgumai – 1,2 Mt per metus, kasmet pagaminama apie 800 tūkst. t. Be to, 2004 m. dar buvo įvežta 310 tūkst. t. Granulių naudojimas taip pat greitai auga: 2004 m. sunaudojimo augimas buvo apie 100 tūkst. t, taip pasiekęs metinį 1,25 Mt lygį. Granulės yra plačiai naudojamos: mažuose individualiuose namuose (443 tūkst. t), vidutinės galios centralizuoto šilumos tiekimo katilinėse (151 tūkst. t, 20% sunaudojimo augimas 2004 m.) bei didelėse termofikacinėse elektrinėse (656 tūkst. t).

Durpių telkiniai Švedijoje yra dideli ir durpės yra sėkmingai naudojamos energetikos pramonėje. 2002 m. buvo išgauta 2,9 Mt durpių energijos gamybai: 1,3 Mt gabalinių durpių bei 1,6 Mt trupinių durpių. Durpės tarp kitų kuro rūšių, naudojamų centralizuotam šilumos tiekimui, sudarė 6,5%.

Vokietijoje biomasės dalis pirminės energijos sunaudojime buvo ganėtinai maža – 2,1%. Biomasė, daugiausia mediena bei medienos atliekos, taip pat ir biodujos, didžiąja dalimi yra naudojama namų ūkiuose, o tai sudaro 57,1% viso sunaudojamos biomasės kiekio. Šilumos gamyba iš biomasės vidutiniškai augo 6,3% per metus 1997–2001 m. laikotarpiu. Pastaraisiais metais buvo pradėtos gaminti bei naudoti medžio granulės; granulės taip pat yra ir įvežamos. Šiuo metu kiekiai yra ganėtinai nereikšmingi. Nuo 1999 m. galima pasinaudoti subsidijomis investicijoms biomasės naudojimo

šilumos gamybai srityje. Numatoma, kad biomasės dalis pirminės energijos sunaudojime 2010 m. pasieks 3%.

Suomijoje biomasė yra labai plačiai naudojama. Iki praeito amžiaus dešimtojo dešimtmečio medienos naudojimas centralizuoto šilumos tiekimo srityje buvo nereikšmingas. Per pastaruosius dešimt metų šildymas mediena išaugo keletą kartų. Augimas buvo didžiausias termofikacinėse jėgainėse, kur dabar yra sudeginama apie 30% biomasės. Elektros energijos gamybos srityje biomasės dalis (apie 10%) yra didžiausia ES. Iš viso biomasė patenkina beveik 20% vidinių energijos reikmių. 2003 m. buvo sunaudota 5,1 Mtn vietinio kuro medienos pagrindu, kurio beveik pusė (47%) sudarė sulfatinės išviros, 21,6% – malkinė mediena bei 31,4% – medienos atliekos. Be to, 1,7 Mtn medienos kuro buvo importuota, daugiausia iš Rusijos, Estijos bei Latvijos. Sulfatinių išvirų naudojimas celiuliozės bei popieriaus pramonėje sudaro didžiąją dalį biomasės sunaudojimo. Namų ūkiai sunaudoja apie 15% viso biomasės kiekio.

1998 m. pradėta medžio granulių gamyba. Šiuo metu yra daugiau kaip 10 medžio granulių gamintojų, kurių gamybos pajėgumas – apie 240 tūkst. t per metus. 2003 m. buvo pagaminta 173 tūkst. t granulių, iš kurių 77% (134 tūkst. t) buvo eksportuota (daugiausia į Švediją bei Daniją). Iš 39 tūkst. t granulių, sunaudojamų Suomijoje, 37% (14,3 tūkst. t) buvo sudeginta mažesniuose kaip 25 kW katiluose. Vertinimai rodo, kad medžio granulės yra naudojamos daugiau kaip trijuose tūkstančiuose individualių namų, vartotojų skaičius greitai auga. Keliose dešimtyse gamyklų yra gaminami medžio briketai. 2003 m. Suomijoje buvo sunaudota visa produkcija (35 tūkst. t).

Spartaus biomasės naudojimo buvo pasiekta tiek nacionalinės energetikos politikos, tiek ir skatinančio vietinės valdžios įstaigų požiūrio dėka. Platesnį biokuro naudojimą palaikė ir mokesčių sistema,

paremta kuro CO₂ kiekiu; Suomija buvo šios srities pirmtakas – mokestis už CO₂ buvo įvestas jau 1990 m. Šiuo metu mokestis už CO₂, kuriuo apmokestinamas iškastinis kuras šilumos gamybai, yra 18,1 eurų už toną, biokuras nuo šio mokesčio yra atleistas. Dūrpėms mokesčio dydis yra sumažintas; tuo atveju, kai metinė šilumos gamyba nesiekia 25 GWh, gamintojai yra atleidžiami nuo šio mokesčio. Be to, buvo įgyvendintos kelios skatinimo programos, kurių dauguma yra susiję su regioniniu vystymu bei įdarbinimu. Pvz., iš visuomeninių fondų atsinaujinančių energijos išteklių projektui gali būti skirta subsidija, siekianti 40% investicinių kaštų. Valstybė subsidijuoja medienos kuro gamybą miško kirtimo metu (3,5 EUR/MWh) bei medienos skiedrų gamybą iš jaunuolynų (2 EUR/MWh). Teisingai nukreipta parama davė ženklių rezultatų: per pastaruosius porą metų skiedras deginančių katilų skaičius išaugo nuo 300 iki 400. Tik 2004 m. skiedrų surinkimo bei sunaudojimo apimtys išaugo 600 tūkst. m³. Vyriausybė jau daug metų labai rėmė mokslinius tyrimo darbus atsinaujinančių energijos išteklių srityje, konkrečiai mokslinius tyrimus biomasės srityje. Pvz., 2004 m. valstybė iš viso energetikos sektoriui skyrė 33,5 mln. eurų subsidiją, įskaitant 17,6 mln. eurų subsidiją medienos naudojimui: medienos kuro gamybai – 3,4 mln. eurų, energijos gamybai, deginant medieną, – 14,2 mln. eurų.

Durpių telkiniai Suomijoje yra ypač gausūs: 1,1 milijardo tne, durpynai užima 28% viso šalies ploto. Dūrpės energijos balanse vidutiniškai sudaro 5–7% dalį ir priklausomai nuo orų sąlygų gali labai keistis: 2000 m. energijos gamybai buvo sunaudota 1,5 Mtne durpių, o 2004 m. šis kiekis siekė 2,4 Mtne. Centralizuotame šilumos tiekime (įskaitant termofikacines elektrines) dūrpės tarp kitų kuro rūšių sudarė 19%. Iki šiol dūrpės daugiausia buvo naudojamos kaip pagrindinis kuras dūrpėmis kūrenamuose katiluose; pastaraisiais metais paplito durpių ir medienos mišinių deginimas. Suomijoje dūrpės laikomas lė-

tai atsinaujinančiu biokuru, jo naudojimui taikomos tam tikros nuolaidos.

Energetikos vystymosi strategijoje (1999, 2002 m.) buvo nustatytas tikslas iki 2010 m. padidinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą iki 30%, lyginant su 2001 m., padidinant atsinaujinančių energijos išteklių dalį pirminės energijos balanse iki 27%. Šio padidėjimo turi būti pasiekta augant biomasės naudojimui, todėl numatoma, kad medienos skiedrų naudojimas padidės beveik tris kartus.

Danijoje didelis dėmesys atsinaujinančių energijos išteklių naudojimui energijos gamybai buvo skiriamas praeito amžiaus 9-ajame ir 10-ajame dešimtmečiuose. Nuo 1992 m. valstybė parėmė subsidijomis ir dotacijomis iki 30% investicijų, skirtų iškastinį kurą deginančių katilinių pertvarkymui į biomasę deginančias termofikacines jėgaines. Tuo pačiu metu termofikacinės jėgainės centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose buvo įpareigtos deginti šiaudus (iš viso 1,2 Mt per metus) bei medienos skiedras (0,2 Mt per metus). 2002 m. 12,5% bendrųjų reikių patenkino atsinaujinantys energijos ištekliai, atitinkama dalis elektros energijos gamyboje viršijo net 20%.

Biomasė tampa vyraujančiu energijos ištekliumi šilumos tiekimo srityje, bet dėl pokyčių energetikos politikoje 2002 bei 2003 m. jos dalis pradėjo mažėti. Vis dėlto ateinančiais metais numatomas augimas. Danijai būdinga, kad dauguma biomasės (63%) yra suvartojama centralizuotai termofikacinei šilumos bei elektros energijos gamybai. Likusią dalį, kurios daugiau kaip 70% sudaro mediena naudojama namų ūkiuose, suvartoja galutiniai vartotojai.

Granulės taip pat yra plačiai naudojamos Danijoje. Jau 1991 m. sunaudojimas viršijo 100 tūkst. t per metus. Vystymasis buvo spartus 2000–2002 metais, kai granuliu sunaudojimas padidėjo daugiau kaip 100 tūkst. t. 2003 m. užfiksuotas išskirtinis augimo šuolis, sunaudojimui išaugus 200 tūkst. t ir pasiekus beveik 600 tūkst. t per metus. Kadangi vietinių išteklių pakanka

pagaminti tik daugiau kaip 150 tūkst. t granuliu, likusi dalis (ir žaliava, ir granulės) yra importuojama iš Švedijos, Suomijos, Baltijos jūros šalių ir netgi Šiaurės Amerikos.

Rusija pasižymi gausiais medienos ištekliais. Beveik 25% pasaulio miškų yra Rusijos Federacijos teritorijoje. Rusijos šiaurės vakarinėje dalyje, įskaitant Kareliją, miško dangos procentinė dalis yra didžiausia.

Leningrado srityje 4,9 mln. ha žemės priklauso Rusijos miškų fondui; apskaičiuota, kad medienos atsargos sudaro 865 mln. m³. Šiuo metu yra sunaudojama apie 6 mln. m³ malkinės medienos bei medienos atliekų, nuo trečdalio iki pusės atliekų yra nepanaudojama.

Atitinkami Kaliningrado srities rodikliai yra tokie – 307 tūkst. ha ir 45,5 mln. m³. Apie 12–15% katilinių regione yra kūrenamos medienos kuru. Atliekos iš beveik 50 me-

dienos perdirbimo įmonių, esančių regione, yra sudeginamos katilinėse.

Rusijoje medienos naudojimo efektyvumas yra mažas, kadangi apdorojamas tik penktadalis nukirsto miško, didžioji dalis medienos yra eksportuojama kaip žaliava. Energijos gamyboje vyrauja iškastinis kuras, tik 8–10% šilumos yra pagaminama iš biomasės. Leningrado srities (įskaitant Sankt Peterburgą) biokuro dalis energijos balanse sudaro 2,7%. Biokuras yra naudojamas 232 miesto katilinėse. 47 katilinėse vykdomi kai kurie paruošiamieji darbai perėjimui prie biomasės kuro. Vystymosi planuose numatomas spartus biomasės dalies augimas: nustatytas tikslas iki 2010 m. pasiekti 20%.

Pastaraisiais metais Leningrado srityje pradėjo veikti devynios medžio granules gaminančios gamyklos, kurių metinis gamybos pajėgumas viršija 120 tūkst. t.

2. BIOKURO BEI DURPIŲ SAVYBĖS

Baltijos jūros šalių katilinėse yra deginamas įvairus medienos kuras. Šiek tiek yra naudojama ir kuro šiaudų bei kitos biomasės. Visos šios kuro rūšys laikomos atsinaujinančiais energijos ištekliais, ir pagal tarptautinį susitarimą CO₂, išsiskyręs deginant šį kurą, nėra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis.

Šiame žinyne kartu su kietojo kuro rūšimis aptariamos ir durpės, kurios gali būti sąlyginai laikomos lėtai atsinaujinančiu biologinės kilmės kuru. Durpių deginimo metu susidaręs CO₂ yra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis. Durpės dažnai deginamos kartu su medienos skiedromis tame pačiame katile pakaitomis arba tuo pačiu metu, todėl šių kuro rūšių skirtumai turi būti žinomi ir į juos reikia atsižvelgti.

Kuro deginimo technologijos bei praktinio naudojimo požiūriu svarbiausios yra šios kuro savybės: cheminė sudėtis, drėgnis, tankis, lakiųjų bei dugno pelenų kiekis, pelenų lydymosi charakteristikos ir priemaišų (dirvožemio, dulkių ir t. t.) kiekis kure.

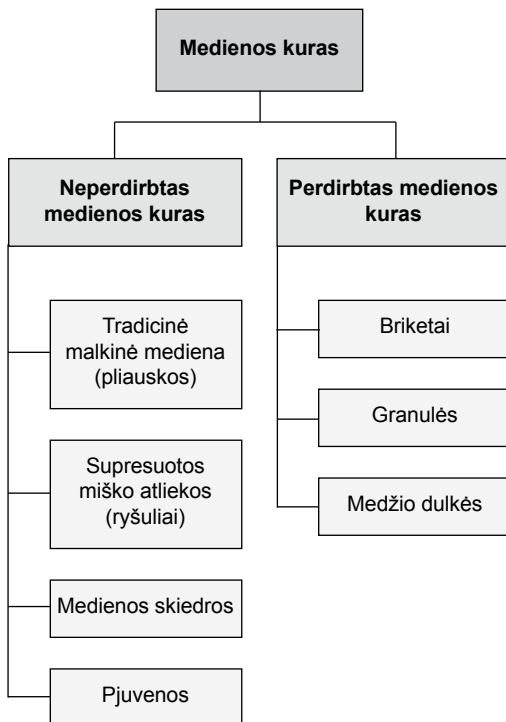
2.1. Medienos kuro rūšys

Pagal žaliavos kilmę medienos kuras gali būti skirstomas (žr. 2.1 pav.) į kurą iš miškų, iš greitai augančių (energetinių) miškų bei pakartotinai naudojamą medieną.

Kuro rūšys, gautos iš miškų bei iš energetinių miškų, gali būti laikomos ekologiškai priimtiniomis, tačiau to negalima pasakyti apie pakartotinai naudojamą medieną. Paprastai tokia mediena būna impregnuota ir dažyta, joje būna įvairių priemaišų (metalo, stiklo, plastmasių ir t. t.), todėl tokios medienos apdorojimas yra sudėtingas. Dėl šių priemaišų vietoj medienos smulkintuvų turi būti naudojami specialūs trupintuvai, deginimo technologijai bei emisijoms keliami griežtesni reikalavimai. Pakartotinai naudojamos medienos vartojimą greičiau jau galima laikyti atliekų utilizavimu.



2.1 pav. Medienos kuro klasifikacija pagal žaliavos kilmę



2.2 pav. Medienos kuro klasifikacija pagal perdirbimo laipsnį

Kita galimybė – klasifikuoti medienos kurą priklausomai nuo to, ar kuras perdirbtas, ar ne (žr. 2.2 pav.). Neperdirbtu kuru laikomas kuras, kuris apdorojimo metu buvo tik supjaustytas arba supakuotas, tačiau jo mechaninės savybės išliko nepakitusios.

Neperdirbtas kuras – tai tradicinė malkinė mediena, skiedros, supresuotos medienos atliekos bei medienos perdirbimo atliekos (pjuvenos ir drožlės). Medžio briketai ir granulės yra perdirbto medienos kuro rūšys.

2.2. Medienos kuro savybės

Medieną, konkrečiai medienos ląstelių apvalkalus, daugiausia sudaro celiuliozė, ligninas bei hemiceliuliozė. Dėl didelio anglies ir vandenilio kiekio lignino šilumingumas yra didesnis negu celiuliozės ir hemiceliuliozės. Medienoje yra mažesni kiekiai dervos, sakų ir fenolių, galinčių užteršti šilumos perdavimo paviršius ir dūmtraukio vidų nuosėdomis, kurias sunku pašalinti.

2.2.1. Cheminė sudėtis, pelenų kiekis, drėgnis, sausųjų bei lakiųjų medžiagų kiekis

Visų rūšių kietasis kuras, tarp jų ir medienos kuras, kitas biokuras bei durpės yra sudarytas iš degiosios ir nedegiosios dalies. Šiame žinyne nagrinėjamas kietasis biokuras ir durpės. Pelenai ir drėgmė sudaro šio kuro nedegiąją dalį. Pelenai ir degiosios medžiagos kartu (be drėgmės) sudaro sausąją kuro masę.

Elementinėje sudėtyje vyrauja trys komponentai: anglis (C), vandenilis (H) ir deguonis (O), kurie kartu sudaro 99% sausosios masės (žr. 1.1 lent. [6]). Azoto (N) kiekis paprastai neviršija 0,2%, o sieros (S) – 0,05% sausosios masės. Kure esantis sieros kiekis yra svarbiausias emisijų požyriū. Tačiau dėl didelės sieros koncentracijos gali iškilti žemos temperatūros korozijos pavojus degimo produktų išleidimo kanaluose ir dūmtraukyje. Kadangi chloras (Cl) taip pat gali

sukelti šilumokaičio paviršių koroziją, chloro kiekis kure turi būti žinomas. Pvz., chloras gali sukelti problemų deginant spygliuočių skiedras, kadangi spyglių kiekis kure yra pakankamai didelis.

Nors sunkiųjų metalų koncentracijos medienos kure nėra pavojingai didelės, jų kiekį reikėtų atsižvelgti tuo atveju, kai aplinkosauginiai apribojimai yra pakankamai griežti. Skirtingų malkinės medienos dalių sudėtyje gali būti randami nedideli kiekiai nikelio, arseno, kadmio, chromo, vario, gyvsidabrio, švino ir cinko.

2.1 lentelė. Cheminė medienos sudėtis [6], % sausojoje masėje

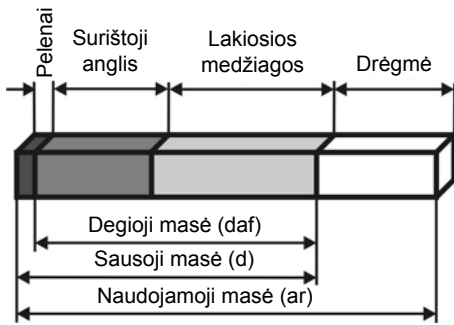
Elementas	Mediena	Žievė
C	48–50	51–66
H	6,0–6,5	5,9–8,4
O	38–42	24,3–40,2
N	0,5–2,3	0,3–0,8
S	0,05	0,05
Cl	< 0,01	0,01–0,03

Pelenų, drėgmės, lakiųjų medžiagų ir surištosios anglies¹ kiekį galima išreikšti keliais būdais (žr. 2.3 pav.):

- kiekis svorio procentais nuo sausosios masės (d, *angl.* dry);
- kiekis svorio procentais nuo drėgno kuro arba kuro naudojamosios masės (ar, *angl.* as-received);
- kiekis svorio procentais nuo sausosios masės be pelenų arba degiosios masės (daf, *angl.* dry ash-free).

Kadangi drėgmės kiekis kure labai svyruoja, nuorodų lentelėse pelenų ir lakiųjų medžiagų kiekis nurodomas sausosios masės pagrindu. Praktiniuose skaičiavimuose drėgno biokuro drėgmės kiekis išreiškia-

¹ Anglis, liekanti po kaitinimo standartiniu būdu, kai suskaidomi šiluminiu požyriū nestabilūs komponentai ir išsiskiria lakiosios medžiagos.



2.3 pav. Kietojo kuro komponentai

mas remiantis bendrąja kuro mase, t. y. kuro naudojamąja mase.

Tarp peleningumo sausojoje masėje ir naudojamojoje masėje galioja šis santykis [7]:

$$A = A_{ar} \cdot 100 / (100 - M_{ar}),$$

čia A – peleningumas, M – drėgnumas.

Kuro drėgnumas nustatomas džiovinant kuro mėginį džiovinimo spintoje esant $105 \pm 2^\circ\text{C}$ iki pastovaus svorio [8–10]:

$$M_{ar} = (m_1 - m_2) / m_1 \cdot 100,$$

čia M_{ar} – drėgno kuro, t. y. naudojamosios masės drėgnumas (%),

m_1 – gauto drėgno mėginio masė,

m_2 – išdžiovinto kuro mėginio masė.

Kuro drėgnumo nustatymas yra svarbi procedūra, atliekama katilinėje priimant kurą, ypač kai kuro kiekis nustatomas svėrimo būdu.

Augančio medžio drėgnumas paprastai būna 40–60%, jis priklauso nuo daugelio aplinkybių, įskaitant vietą, medžio rūšį, metų laiką (drėgnumas būna didesnis augimo metu, mažesnis žiemą). Be to, drėgnumas svyruoja ir skirtingose medžio dalyse (žr. 2.2 lent.).

Kai mediena džiūsta, pirmiausia išsiskiria vadinamasis laisvasis vanduo, vėliau – surištas vanduo arba ląstelių vanduo. Išgaravus ląstelių vandeniui fizinės medienos savybės pradeda keistis. Medienos tūris mažėja jai džiūnant.

2.2 lentelė. Spygliuočių medžių skirtingų dalių drėgnumas [6]²

	Drėgno kuro drėgnumas, M_{ar} , %	
	Pušis	Eglė
Kamienas	45–50	40–60
Šakos	50–56	42–46
Viršūnė	60	60
Žievė	36–67	38–63

Priklausomai nuo džiūvimo sąlygų, medienos drėgnumas pasiekia įsotinimo tašką, t. y. pusiausvyrinį drėgnumą. Lauko sąlygomis pliauskos džiūna, kol drėgnumas pasiekia 20–25%. Vidaus sąlygomis medieną galima išdžiovinti tiek, kad jos drėgnumas būtų 8–15%.

Lakiųjų medžiagų kiekis nustatomas standartizuotu metodu [11]: sauso kuro mėginys kaitinamas esant $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$ temperatūrai 7 minutes. Lakiųjų medžiagų (LM) kiekis nustatomas pagal svorio pokytį, remiantis tuo pačiu principu kaip ir drėgnumo atveju ir išreiškiamas svorio procentais nuo sauso (d) arba sauso ir be pelėnų kuro (daf).

Kuro lakiųjų medžiagų ir surištosios anglies (C_{fix}) santykis apibrėžia, kiek degimo šilumos išsiskiria nuo liepsnos (kūryklos tūryje) ir kiek – iš kuro sluoksnio. Kadangi lakiųjų medžiagų kiekis medienoje ir kitose biokuro rūšyse yra didelis ($LM_d = 80$ – 90%), degimo metu didžioji dalis šilumos išsiskiria kūryklos tūryje, todėl kūrykla turi būti pakankamai didelė, kad lakiosios medžiagos pilnai sudegtų.

Surištosios anglies kiekis išreiškiamas procentais, apskaičiuojamas iš lakiųjų medžiagų kiekio kaip sausosios masės be pelėnų dalis po lakiųjų medžiagų išsiskyrimo:

$$C_{fix,d} = 100 - A_d - VM_d$$

$$C_{fix,daf} = 100 - VM_{daf}$$

$$C_{fix,ar} = 100 - A_{ar} - M_{ar} - VM_{ar}$$

² Nurodomoje ataskaitoje buvo apibendrinti duomenys iš kelių šaltinių.

2.2.2. Šilumingumas

Šilumingumas – tai šilumos, išsiskyrusios visiškai sudegus tam tikrai kuro masei, kiekis. Šilumingumas matuojamas vadinamąja kalorimetrine bomba [12]. Iš šilumingumo reikšmės, išmatuotos kalorimetrinėje bomboje, galima apskaičiuoti didesnę, viršutinio šilumingumo, bei mažesnę, apatinio šilumingumo, reikšmes (atitinkamai (q_{gr} ir q_{net})).

Viršutinio šilumingumo reikšmė apskaičiuojama darant prielaidą, kad vandens garai degimo produktuose, tiek išsiskyrę dėl medienos drėgnumo, tiek ir susidarę kaip vandenilio degimo produktas, pilnai kondensavosi. Apatinio šilumingumo reikšmės skaičiavime neatsižvelgiama į vandens garų kondensacijos šilumą degimo produktuose. Kuo didesnis drėgnumas bei vandenilio kiekis, tuo didesnis skirtumas tarp viršutinio šilumingumo (didesnio) bei apatinio šilumingumo (mažesnio).

Dažniausiai degimo produktai išmetami iš katilo į dūmtraukį, esant aukštesnei negu 100°C temperatūrai, t. y., esant temperatūrai, daug aukštesnei negu rasos taškas. Esant tokioms sąlygoms vandens garų kondensacijos energija lieka neišnaudota. Kai kurių vadinamųjų švariųjų kuro rūšių atveju, pvz., gamtinių dujų ar medienos kuro, ataušinus degimo produktus iki 40–60°C, galima gauti papildomai 15–20%

šilumos dėl vandens garų kondensacijos. Todėl „įprastiniams“ katilams naudojamas apatinis šilumingumas, o įrangai su vandens garų kondensacija – viršutinis šilumingumas.

Praktikoje, skaičiuojant katilo naudingumo koeficientą, paprastai remiamasi apatiniu kuro šilumingumu, bet tokiu atveju katilų su vandens garų kondensacija naudingumo koeficientas gali viršyti 100%! Žinoma, čia nėra kalbama apie energijos tvermės dėsnio pažeidimą, bet apie tradicijas ir susitarimą, leidžiantį palyginti skirtingų rūšių katilų naudingumo koeficientus.

Šilumingumas paprastai išreiškiamas MJ/kg arba kJ/kg, o kaip pagrindas gali būti paimta drėgno (ar), sauso (d) arba sauso be pelenų (daf) kuro masė. Skaičiavimų formulės apatiniam ir viršutiniam šilumingumui yra tokios (H_d – vandenilio kiekis pagal svorį % sausame kure; šilumingumas išreiškiamas MJ/kg):

$$q_{gr, ar} = q_{gr, d} \cdot (1 - M_{ar} / 100)$$

$$q_{gr, d} = q_{gr, daf} \cdot (1 - A_d / 100)$$

$$q_{net, d} = q_{gr, d} - 2,442 \cdot 8,936 \cdot H_d / 100$$

$$q_{net, ar} = q_{gr, ar} - 2,442 \cdot \{8,936 \cdot H_d / 100 \cdot (1 - M_{ar} / 100) + M_{ar} / 100\}$$

Medienos šilumingumas nuo medienos rūšių priklauso santykinai mažai (žr. 2.3 lent.). Tačiau kai kurių lapuočių medžių

2.3 lentelė. Plačiausiai paplitusių medžių rūšių apatinis šilumingumas, $q_{net, d}$ MJ/kg [13]

Medžio rūšis	Kamienas be žievės	Žievė	Visas kamienas	Šakos ir viršūnės	Visas medis
Paprastoji pušis (<i>Pinus sylvestris</i>)	19,31	19,53	19,33	20,23	19,52
Paprastoji eglė (<i>Picea abies</i>)	19,05	18,80	19,02	19,17	19,29
Plaukuotasis beržas (<i>Betula pubescens</i>)	18,68	22,75	19,19	19,94	19,30
Karpotasis beržas (<i>Betula pendula</i>)	18,61	22,52	19,15	19,53	19,29
Baltalksnis (<i>Alnus incana</i>)	18,67	21,57	19,00	20,03	19,18
Juodalksnis (<i>Alnus glutinosa</i>)	18,89	21,48	19,31	19,37	19,31
Drebulė (<i>Populus tremula</i>)	18,67	18,57	18,65	18,61	18,65

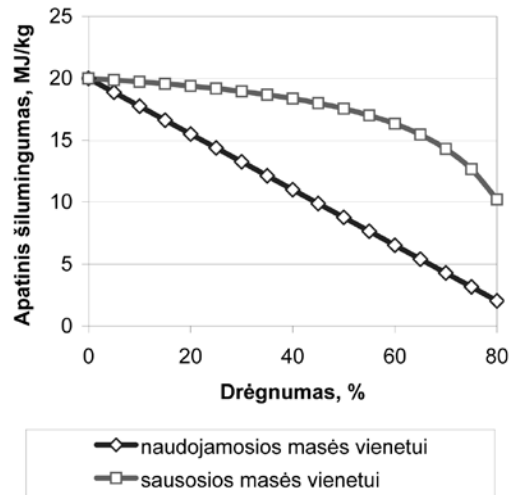
(beržo, alksnio) žievės šilumingumas viršija atitinkamas pagrindinės medienos masės charakteristikas. Naudojant lentelės duomenis bei aukščiau pateiktus šilumingumo santykius, numatomas medienos kuro šilumingumas gali būti apskaičiuotas bet kokiam drėgnumo bei peleningumo lygiui, esant nustatytiems sąlygoms.

Nors žinynuose šilumingumas paprastai nurodomas drėgno kuro masės vienetui, katilinėse dažnai būna tikslinga vartoti naudojamosios masės energijos išsiskyrimo tankį, t. y. kuro energijos kiekis gali būti išreikštas tiems vienetams, kuriais apskaičiuojamas gauto kuro kiekis (E_{ar} , MWh/m³ piltinis). Pvz., skiedros (plačiausiai naudojamas medienos kuras) dažnai matuojamos erdmetriais. Kad būtų galima susieti duomenis apie šilumingumą, išreikštus svorio vienetui, ir energijos išsiskyrimo tankį, išreikštą tūrio vienetui, būtina žinoti kuro piltinį tankį.

Jei gauto kuro energijos kiekis apskaičiuojamas pagal drėgno kuro šilumingumą ir svorį, tokiu atveju drėgnumas turi būti išmatuotas kaip įmanoma tiksliau. Dėl galimo kuro drėgnumo išmatavimo netikslumo gali būti labai netiksliai apskaičiuotas gauto kuro energijos kiekis.

Kai medienos kuro drėgnumas svyruoja įprastinėse ribose (iki 50%), galimos drėgnumo matavimo klaidos įtaka tikslumui apskaičiuoto energijos kiekio sausosios masės vienetui yra žymiai mažesnė nei tuo atveju, kai energijos kiekis išreikšiamas naudojamosios masės vienetui (žr. 2.4 pav.).

Atsižvelgiant į aukščiau išdėstytas aplinkybes verta žinoti, kad sausosios masės kiekis ir kietmetryje, ir erdmetryje skiedrų nuo drėgnumo priklauso nežymiai. Todėl matuojant kuro (pvz., skiedrų), pristatyto į katilinę, kiekį erdmetriais ir žinant šilumingumą sausosios masės vienetui (arba energijos išsiskyrimo tankį erdmetriui), kuro energijos kiekį galima nustatyti gana tiksliai, todėl nebūtina itin tiksliai nustatyti drėgnumą. Taigi operatyvus ir tikslus gau-



2.4. pav. Medienos kuro (naudojamosios masės) apatinio šilumingumo priklausomybė nuo skirtingo drėgnumo

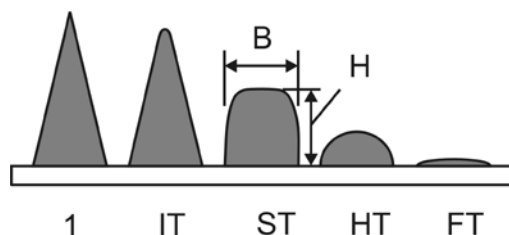
to kuro svėrimas bei drėgnumo nustatymas yra ne vienintelė galimybė nustatyti energijos kiekį kure, o brangios svėrimo įrangos kuro sunkvežimiams montavimas nėra būtinas teisingam atsiskaitymui su kuro tiekėjais. Energijos kiekio skiedrose sausos masės vienetui apskaičiavimo paklaida, esant drėgnumui 35±5%, yra mažesnė negu 1,7%, kai skaičiuojama naudojamosios masės vienetui – 9,24%.

2.2.3. Pelenų lydumas

Nors medienos kure bei kitose kietojo kuro rūšyse esantis pelenų kiekis yra mažas (siekia kelis procentus), pelenų lydumo charakteristikos turi tiesioginę įtaką katilo darbui. Dėl pelenų lydymosi kūrykloje gali prasidėti šlakavimasis, o ant konvektyvinių šilumos perdavimo paviršių gali susidaryti sunkiai pašalinamos nuosėdos.

Lydumo charakteristikas galima nustatyti pagal keletą standartų, tarp jų ASTM D 1857, ISO 540 ir DIN 51730.

Pagal ASTM standartą nustatomi standartinio pelenų kūgio formos pokyčiai, kaitinant rūgštinėje terpėje (žr. 2.5 pav.):



2.5 pav. Pelenų lydumo charakteristikos

- 1 – pradinė būsena: prieš kaitinimą pelenų kūgio viršūnė smaila;
- IT – pradinis deformacijos taškas: smaila viršūnė pradeda apvalėti;
- ST – minkštėjimo temperatūra, pelenų kūgis deformuojasi tiek, kad struktūros aukštis sumažėja iki skersmens dydžio ($H = B$);
- HT – pusrutulio susidarymo taškas, kūgis tampa kupolo formos ($H = 1/2 \cdot B$);
- FT – išsiliejimo taškas, skysti pelenai pasklinda paviršiuje.

Medžio pelenų lydumo charakteristikos gali labai svyruoti priklausomai nuo medžio rūšies, augimo vietos, medienos priemaišų (pvz., dirvožemio); skirtingos pelenų iš skirtingų medžio vietų savybės taip pat yra labai svarbios. Įvairūs šaltiniai nurodo, kad

medžio pelenų lydumo charakteristikos svyruoja tokiose ribose [6]:

- deformacijos pradžia (pradinė temperatūra) IT = 1150–1490°C;
- minkštėjimo temperatūra ST = 1180–1525°C;
- pusrutulio susidarymo taškas HT = 1230–1650°C;
- išsiliejimo temperatūra FT = 1250–1650°C;

2.4 lentelėje [6] nurodytos kai kurių kuro rūšių pelenų lydumo charakteristikos. Žievės atveju pelenų minkštėjimo temperatūra paprastai būna gana aukšta (virš 1500°C), šlakai ant ardyno nesikaupta, o pjuvenų ir skiedrų atveju minkštėjimo temperatūra yra žymiai mažesnė. Todėl siekiant išvengti šlakavimosi problemų būtina griežtai kontroliuoti deginimo režimą.

Pelenų lydumas priklauso nuo jų mineralinės sudėties, netgi nežymūs sudėties skirtumai gali smarkiai pakeisti lydumo charakteristikas. Pagal kuro ir pelenų sudėtį praktiškai negalima patikimai numatyti pelenų lydumo.

Jeigu katilinei tenka naudoti kurą, kurio pelenų lydumo charakteristikos yra nežinomos, gali būti tikslinga taikyti greitosios analizės metodus, kuriuos ateityje planuojama standartizuoti [14]. Pagal šį metodą ant švaraus ardyno deginamas nedidelis kiekis kuro (2 kg). Po bandymo vizualiai

2.4 lentelė. Medžio pelenų lydumo charakteristikos [6]

Kuras	Lydymosi charakteristikų reikšmės, °C			
	IT	ST	HT	YP
Skiedros, pušis	1210	1225	1250	1275
Kirtimo atliekų skiedros	1175	1205	1230	1250
Pjuvenos, pušis	1150	1180	1200	1225
Žievė, eglė	1405	1550	1650	1650
Žievė, pušis	1340	1525	1650	1650

arba pagal paprastą empirinį metodą patikrinama, ar įvyko šlakavimasis. Kadangi praktikoje dėl žemos pelenų lydymosi temperatūros šlakavimasis ant ardyno sukelia rimtų problemų, paprastų greitosios analizės metodų naudojimo katilinės laboratorijoje dėka po bandymo gali būti pradėtas naudoti kuras, kurio anksčiau tekdavo atsakyti dėl galimo šlakavimosi baimės.

2.2.4. Kuro tūris ir piltinis tankis

Paprastai pagrindinės kietojo kuro charakteristikos išreiškiamos masės (naudojamosios arba sausosios) vienetui, tačiau daugelio rūšių kietojo biokuro ir durpių kiekis matuojamas tūrio vienetais, todėl yra tikslinga pateikti kai kurias šių kuro rūšių charakteristikas (konkrečiai energijos kiekį) tūrio vienetui.

Kadangi daugelis vidutinių ir smulkių katilinių matuoja gauto kuro (skiedrų) kiekį pagal tūrį, svarbu yra žinoti skiedrų piltinį tankį. Verta žinoti, kad energijos išsiskyrimo tankio (šilumos kiekio tūrio vienetui) nustatymo tikslumas mažiau priklauso nuo kuro drėgnumo nustatymo tikslumo negu šilumos kiekio nustatymas kuro naudojamosios masės vienetui.

Sausosios masės kiekis kuro naudojamosios masės vienetui nelabai priklauso nuo drėgnumo. Tuo pačiu metu šilumos kiekis sausos masės vienetui mažiau priklauso nuo drėgnumo negu šilumos kiekis kuro naudojamosios masės vienetui (žr. 2.4 pav. 2.2.2 skyriuje).³

Gaunamo kuro tūrį yra tikslinga nustatyti prieš iškraunant, pagal kuro sunkvežimio tūrį ir jo užpildymo laipsnį. Reikėtų pažymėti, kad gabenimo metu kuro tankis gali padidėti iki tam tikro laipsnio, t. y. pakrauto į sunkvežimį kuro piltinis tankis yra šiek tiek mažesnis negu kuro, atgabento į katilinę.

Kuro piltinio tankio nustatymui gali būti naudojama nustatytų matmenų dėžė (konteineris). Ji turėtų būti pasverta prieš pa-

kraunant kurą ir po pakrovimo. Pagal VTT rekomendacijas (ENE38/24/97 [6]) turėtų būti naudojama 125 l talpos dėžė, kurios matmenys 0,5×0,5×0,5 m. Kadangi matuojant šiuo metodu, dėžė (konteineris) nekrautama ir nevibruojama, kuro piltinis tankis gaunamas šiek tiek mažesnis negu tada, kai kuras pristatomas sunkvežimiuose.

Matuojant piltinį tankį skirtingose situacijose, gali būti pritaikyti keli standartai: ASTM E 1109, DIN 517052, ISO 1013 ir ISO 567, taip pat yra rengiamas CEN standartas [15].

Statistikoje paprastai medienos ir medienos kuro kiekis nurodomas kietmetriais. Naudojant šį matavimo vienetą yra svarbu žinoti medienos medžiagos tankį (kuro naudojamosios masės tankį ρ_{ar} , kg/m³).

2.3. Šiaudai ir jų charakteristikos

Be medienos kuro, kita kietojo biokuro rūšis deginama katilinėse yra šiaudai ir kuro žolės, auginamos žemės ūkio paskirties žemėje. Kelios kitos biomasės rūšys, kurios daugiausia naudojamos skystojo biokuro ar dujų gamybai, gali būti auginamos ūkiuose. Kadangi kitų žemės ūkio kilmės kietųjų biokuro rūšių gamyba bei praktinis panaudojimas yra dar tik bandymų stadijoje, šiame žinyne tik šiaudai yra nagrinėjami kaip kuras.

Baltijos jūros šalyse auginami kviečiai, rugiai, miežiai ir avižos. Šių javų šiaudai gali būti naudojami kaip kuras. Kai kuriose šalyse (pvz., Švedijoje) deginami ir šių javų grūdai. Pastarasis atvejis susijęs su valstybinėmis subsidijomis, teikiamomis ūkininkams, kurie neparduotus perteklinius javus panaudoja tokiu būdu. Paprastai grūdinės kultūros nėra auginamos deginimui, nėra tikslinga to ir skatinti. Todėl šiame žinyne apie jas ir nekalbėsime.

Elementinė šiaudų sausosios masės sudėtis (žr. 2.5 lent.) bei šilumingumas nedaug skiriasi nuo atitinkamų medienos rodiklių, tačiau šilumingumas yra šiek tiek mažesnis (žr. 2.6 lent.). Atsižvelgiant į būdingąjį šiaudų

³ Šis teiginys yra teisingas, kai kuro drėgnumas yra įprastinis, t. y. kai drėgnumas svyruoja iki 60–65%.

2.5 lentelė. Šiaudų sausosios masės elementinė sudėtis [6]

Elementų kiekis sausojoje masėje, %	Diapazonas	Vidurkis
C	45–47	46
H	5,8–6,0	5,9
O	0,4–0,6	0,5
N	39–41	40
S	0,01–0,13	0,08
Cl	0,14–0,97	0,31

mosi temperatūra gali būti daug mažesnė negu medienos kuro (žr. 2.7 lent.). Rugių, miežių ir avižų šiaudų pelenu minkštėjimas prasideda esant labai žemai temperatūrai (735–840°C). Į tai turi būti atsižvelgta, pasirinkant deginimo technologiją ir kūryklos degimo režimą.

Svarbiausia problema, susijusi su praktiniu šiaudų panaudojimu, yra mažas piltinis tankis, kuris nesupresuotiems šiaudams lygus tik 30–40 kg vienam erdmetriui, todėl šiaudų laikymas bei gabenimas yra brangus. Šiaudai dažniausiai tiekiami dideliais supresuotais ryšuliais.

2.6 lentelė. Skirtingų grūdinių kultūrų šiaudų peleningumas ir apatinis šilumingumas [6]

Grūdinė kultūra	Sausosios masės peleningumas, A_d , %	Sausosios masės apatinis šilumingumas, $q_{net,d}$ MJ/kg	Drėgno kuro apatinis šilumingumas, kai drėgnumas 20 %, $q_{net,ar}$ MJ/kg
Rugiai	4,5	17,0	13,6
Kviečiai	6,5	17,8	13,8
Miežiai	4,5–5,88	17,4	13,4
Avižos	4,9	16,7	12,9
Šiaudai (vidutiniškai)	5,0	17,4	13,5

drėgnumą (turėtų būti mažesnis kaip 20%), šiaudų šilumingumas yra gerokai didesnis negu skiedrų (būdingasis skiedrų drėgnumas 35–55%).

Šiaudų savybės labai priklauso tiek nuo vietos, auginimo laiko ir orų sąlygų augimo metu, tiek ir nuo dirvožemio kokybės bei tręšimo. Pvz., chloro kiekis anksti nupjautų javų šiauduose (vadinamuosiuose geltonuosiuose šiauduose) yra iki 4 kartų didesnis negu vėliau pjaunamų javų šiauduose, didžiausias jo kiekis siekia net 0,97%, o tai turi didelę įtaką šildymo paviršių korozijai.

Lakųjų medžiagų kiekis šiauduose svyruoja nuo 60 iki 70%, šis rodiklis yra šiek tiek mažesnis negu medienos kuro. Šiaudų peleningumas yra didelis, lyginant su medienos kuru, – sausosios masės peleningumas sudaro 4,5–6,5%. Šiaudų pelenu lydy-

2.7 lentelė. Skirtingų grūdinių kultūrų šiaudų pelenu lydumo charakteristikos [6]

Grūdinė kultūra	ST, °C	HT, °C	FT, °C
Kviečiai	1050	1350	1400
Rugiai	840	1150	1330
Miežiai	765	1035	1190
Avižos	735	1045	1175

Pjaunant javus, šiaudų drėgnumas paprastai būna 30–60%, tačiau deginimui šiaudai tinka, kai jų drėgnumas ne didesnis kaip 20%. Nors saugojimo metu šiaudų drėgnis sumažėja 2–6%, vis dėlto derliaus

nuėmimo metu šiaudų drėgnumas neturėtų viršyti 25%. Didesnio drėgnumo šiaudai turi būti džiovinami prieš saugojimą arba saugojimo vietoje. Džiovinimas leidžia išvengti savaiminio drėgnų šiaudų kaitimo bei puvinimo saugojimo metu.

2.4. Durpių savybės

Durpės yra organinės nuosėdos, susidariusios kaupiantis suirusioms augalų liekanoms mažai deguonies, bet daug vandens turinčioje terpėje. Durpes daugiausia sudaro dalinai suirusios augalų ir humuso dalys. Svarbiausi durpių rodikliai yra suirimo laipsnis, drėgnumas, mineralinė sudėtis (peleningumas), tankis ir šiluminumas.

Nors durpės ir yra biologinės kilmės, tačiau jos nėra laikomos atsinaujinančiu biokuru, o lėtai atsinaujinančiu biologinės kilmės kuru. CO₂, išsiskyręs į atmosferą durpių deginimo metu, panašiai kaip ir iškastinio kuro atveju, yra klasifikuojamas kaip šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD).

Durpių organinės medžiagos suirimo laipsnis (humifikacijos laipsnis) išreiškiamas naudojant linijinę 10 balų von Post'o skalę, žymimas H1–H10. Taigi H1 žymi morfologiškai beveik nesuirusias durpes, o H10 – tiek suirusias durpes, kad plika akimi neįmanoma nustatyti pradinės medžiagos struktūros.

Kaip kuras dažniausiai naudojamos senesnės didesnio suirimo laipsnio durpės, kuriose jau visiškai arba iki tam tikro laipsnio neįmanoma išskirti augalinės struktūros.

Pagrindinės durpių kuro rūšys yra trupininės (žr. 2.6 pav.), gabalinės durpės (žr. 2.7 pav.), durpių briketai ir durpių granulės. 3 skirsnyje (žr. 3.7 skyrių) trumpai supažindinama su šių kuro rūšių gamybos technologijomis.

Būdinga durpių kuro sudėtis yra tokia [6]:

- peleningumas 4–6%;
- surištosios anglies (C) kiekis sausojoje masėje 23–31%;
- lakiųjų medžiagų kiekis sausojoje masėje 65–70%;
- naudojamosios masės drėgnumas:
 - o trupininėse durpėse – vidutiniškai 48%,
 - o gabalinėse durpėse – vidutiniškai 35%,
 - o durpių briketuose – vidutiniškai 10%.

Durpių struktūra ir savybės didele dalimi priklauso nuo suirimo laipsnio (žr. 2.8 ir 2.9 lent., [6]).



2.6 pav. Smulkintos durpės



2.7 pav. Gabalinės durpės

2.8 lentelė. Humifikacijos laipsnio įtaka durpių kuro naudojamasis masės sudėčiai svorio procentais [6]

Komponentai	Mažai suirusios (H1–H2)	Vidutiniškai suirusios (H5–H6)	Stipriai suirusios (H9–H10)
Celiuliozė	15–20	5–15	–
Hemiceliuliozė	15–30	10–25	0–2
Ligninas	5–40	5–30	5–20
Humusas	0–5	20–30	50–60
Dervos ir vašakai	1–10	5–15	5–20
Daug azoto turinčios medžiagos (suardytos iki proteinų)	3–14	5–20	5–25

2.9 lentelė. Humifikacijos laipsnio įtaka elementinei durpių sausosios masės sudėčiai svorio procentais [6]

Suirimo laipsnis	Cheminių elementų kiekis sausojoje masėje, %			
	Anglis, C	Vandenilis, H	Azotas, N	Deguonis, O
Mažai suirusios (H1–H2)	48–50	5,5–6,5	0,5–1	38–42
Vidutiniškai suirusios (H5–H6)	53–54	5,0–6,0	1–2	35–40
Stipriai suirusios (H9–H10)	58–60	5,0–5,5	1–3	30–35

Durpės priklauso humusinės kilmės kuro rūšių susidarymo sekai (sausumos augalai – durpės – rausvosios anglys – akmens anglys – antracitas). Lygindami šios sekos kuro rūšis, matome, kad anglies kiekis kure didėja, didėjant suirimo laipsniui, tai galioja ir durpėms (žr. 2.10 lent.). Dėl tam tikrų mažai suirusių durpių savybių jų kaip kuro vartojimas yra sudėtingas. Mažai suirusios durpės yra higroskopinės, jos gali sudrėkti sugėrusios drėgmę iš oro, jų mažas piltinis tankis ir suspaudžiamumas su-

kelia sunkumų transportuojant konvejeriu ir deginant. Dėl šių priežasčių, kaip minėjome aukščiau, kuriai yra naudojamos stipriai suirusios durpės.

Durpių pelenų lydumo rodikliai (žr. 2.11 lent.) yra šiek tiek mažesni už atitinkamus medienos rodiklius. Peleningumas ir pelenų savybės priklauso nuo durpyno tipo, durpių susidarymo sąlygų ir durpėse esančių priemaišų (smėlio) kiekio bei savybių. Todėl lentelėje pateikiamus duomenis konkrečiai durpių rūšiai reikia patikslinti.

2.10 lentelė. Vidutinės trupinių durpių ir gabalinių durpių charakteristikų reikšmės pagal VTT duomenis [6]

	Drėgnumas, M_{ar} , %	Peleningumas, A_d , %	Lakiųjų medžiagų kiekis sausojoje masėje, %	Šilumin-gumas $q_{net,ar}$, MJ/kg	Piltinis tankis, kg/m^3	Energijos išsiskyrimo tankis $q_{net,ar}$, MWh/ m^3
Trupinės durpės	48,5	5,1	68,6	9,6	341	0,89
Gabalinės durpės	38,9	4,5	68,9	11,9	387	1,27

2.11 lentelė. Pelenų lydymosi charakteristikos pagal VTT ir Vapo duomenis [6]

	Pelenų lydymosi temperatūra (mažiausia–vidutinė–didžiausia), °C		
	Minkštėjimo taškas	Pusrutulio taškas	Išsiliejimo taškas
Trupininės dūrpės (VTT)	1100–1130–1190	1200–1253–1375	1205–1290–1430
Gabalinės dūrpės (VTT)	1040–1136–1335	1145–1275–1415	1175–1308–1490
Gabalinės dūrpės (Vapo)	1130–1218–1340	1160–1252–1380	1180–1292–1470

2.5. Kietojo biokuro kokybės sertifikatai ir klasės

Šiuo metu Europos standartizacijos komitetas (CEN) organizuoja kai kurių kietojo biokuro rūšių specifikacijų parengimą. Šiomis specifikacijomis siekiama standartizuoti:

- terminiją ir apibrėžtis;
- kuro charakteristikas ir kokybės klases;
- kuro mėginių paėmimą;
- mechaninių ir fizinių savybių nustatymą.

Poreikis įvesti specifikacijų reikalavimus iškilio dėl vis didėjančio kietojo biokuro naudojimo bei tarptautinės prekybos keliomis kuro rūšimis. Kuro kokybės klasės palengvina pirkėjo ir pardavėjo bendravimą bei sutarčių sudarymą, kadangi abi šalys turi vartoti tas pačias sąvokas, nustatytas specifikacijose bei nurodyti visas reikalingas kuro charakteristikas.

Žemiau trumpai aprašomos biokuro specifikacijos ir kokybės klasės [16], [17].

2.5.1. Kietojo biokuro klasifikacijos pagrindai

Kietojo biokuro klasifikacija pradedama nuo kuro kilmės nustatymo; pagal tai biokuras yra skirstomas į:

- medienos biomasę;
- žolinę biomasę;
- vaisinę biomasę;
- biokuro darinius ir biokurą su priedais.

Baltijos jūros šalyse praktiškai naudojamas medienos biokuras ir kai kurios žolinio biokuro rūšys (daugiausia šiaudai).

Medienos biomasė – tai biomasė iš medienos ir krūmų, gauta arba iš miško, arba iš plantacijų (energetinių miškų), pakartotinai panaudojant biomasę ir t. t. (žr. 2.1 pav.).

Ir medienos, ir žolinis kuras gali būti chemiškai apdorotas. Jame gali būti priemaišų bei chemikalų, turinčių įtakos kuro savybėms. Pvz., pakartotinai naudojamoje medienoje priemaišas gali sudaryti vinys, metalinės elektros kabelių dalys, dervos, klijai ir t. t. (griautinėje medienoje). Dėl pavojaus, kurį šios priemaišos gali sukelti aplinkai, jas būtina labai tiksliai klasifikuoti.

Biokuras yra gaminamas, parduodamas ir naudojamas pakankamai įvairių formų, kurių būdingi pavyzdžiai pateikti 2.12 lent.

Priklausomai nuo biokuro rūšies, kuras skirstomas į dvi kategorijas remiantis:

- norminiais (privalomaisiais) rodikliais;
- informaciniais rodikliais, kuriuos rekomenduojama pateikti, bet jie nėra privalomi.

Rodikliai (norminiais arba informaciniais), naudojami kuro savybių klasifikacijai, gali būti (žr. 9.3–9.9 lent.):

- kuro kilmė ir šaltinis;
- prekybinė forma (žr. 2.12 lent.);
- kuro naudojamosios masės drėgnumas (M_{ar});
- kuro peleningumas (A);
- kuro dalelių dydžio pasiskirstymas (P);
- kuro dalelių tankis (DE);

- kuro piltinis tankis (BD);
- mechaninis granuliu atsparumas (DU);
- anglies (C), vandenilio (H) ir azoto (N) kiekis kure;
- vandenyje tirpaus chloro (Cl), natrio (Na) ir kalio (K) kiekis;
- bendras sieros (S) ir chloro (Cl) kiekis;
- cheminių elementų (Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Na ir Ti) kiekis. Šiai grupei priklauso elementai, kurių kiekis yra didesnis negu nustatytas minimumas;
- mikroelementų (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V ir Zn) kiekis. Šių cheminių elementų kiekis yra mažas, bet dėl aplinkosauginių apribojimų jų nustatymas gali būti reikalingas.

2.12 lentelė. Būdingieji biokuro prekybinių formų pavyzdžiai

Kuras	Būdingas dalelių dydis	Paplitęs paruošimo būdas
Briketai	Ø > 25 mm	Mechaninis presavimas
Granulės	Ø < 25 mm	Mechaninis presavimas
Kuro milteliai	< 1 mm	Smulkinimas
Pjuvenos	1 mm – 5 mm	Pjovimas aštriu įrankiu
Skiedros	5 mm – 100 mm	Pjovimas aštriu įrankiu
Traiškyta mediena	kintantis	Traiškymas buku įrankiu
Rąstai, pliauskos	100 mm – 1000 mm	Pjovimas aštriu įrankiu
Žievė	kintantis	Žievės šalinimo atliekos, gali būti susmulkintos arba nesusmulkintos
Mažieji šiaudų ryšuliai	0,1 m ³	Supresuoti ir surišti į keturkampius ryšulius
Didieji šiaudų ryšuliai	3,7 m ³	Supresuoti ir surišti į keturkampius ryšulius
Apvalieji šiaudų ryšuliai	2,1 m ³	Supresuoti ir surišti į cilindrinis ryšulius

2.5.2. Kai kurie kuro klasifikacijos pavyzdžiai

Dažniausiai naudojamo biokuro klasifikacijai dauguma kuro kokybės rodiklių yra suskirstyti į klases, kurių ribose atitinkamų kuro charakteristikų svyravimas vartotojui yra nereikšmingas. Pvz., skiedrų drėgnumo klasė M20 rodo, kad kuro naudojamosios masės drėgnumas turi neviršyti 20%. Kita drėgnumo klasė M30 nustato kuro naudojamosios masės drėgnumo diapazoną 20%–30%.

Tas pats principas yra taikomas kitoms kuro charakteristikoms nusakyti (žr. 9.3–9.9 lent.).

Kiekvienai vartotojų grupei arba deginimo įrangos tipui yra reikalingas arba priimtinas tam tikrų konkrečių charakteristikų kuras. Kuo mažesnis deginimo įrenginys, tuo aukštesnės kokybės kuras turi būti jame deginamas.

Namų ūkio vartotojams aukštos kokybės medienos briketų ir granuliu charakteristikos turėtų būti tokios (žr. 2.14 lent. ir 2.13 lent. [16], [18]).

2.13 lentelė. Aukštos kokybės medžio granulių namų ūkio vartotojams charakteristikos

<i>Kilmė</i>	Chemiškai neapdorota mediena be žievės
<i>Drėgnumas</i>	M10 (< 10%)
<i>Mechaninis atsparumas</i>	DU97,5 (> 97,5 granulių (pagal svorį) turi išlikti nesuirę bandymo metu)
<i>Smulkiųjų frakcijų kiekis</i>	F1,0 arba F2,0 (smulkiųjų frakcijų kiekis (< 3,15 mm) mažesnis negu 1% arba 2%)
<i>Matmenys</i>	D06 arba D08 (granulių skersmuo 6±mm ir ilgis mažesnis negu 5 skersmenys arba granulių skersmuo 8±mm ir ilgis mažesnis negu 4 skersmenys). Iki 20% granulių (pagal svorį) ilgis gali būti lygus 7,5 skersmenims.
<i>Peleningumas</i>	A0,7 (< 0,7% sausosios masės)
<i>Sieros kiekis</i>	S0,05 (< 0,05% sausosios masės)
<i>Priemaišos</i>	< 2% sausosios masės. Presavimo palengvinimui gali būti pridėta tik pirminės žemės ūkio ir miško biomasės chemiškai neapdorotų produktų. Priemaišų rūšis ir kiekis turi būti nurodytas.
<i>Apatinis šilumingumas</i>	E4,7 (>4,7 kWh/kg = 16,9 MJ/kg)

2.14 lentelė. Aukštos kokybės medžio briketų namų ūkio vartotojams charakteristikos.

<i>Kilmė</i>	Chemiškai neapdorota mediena be žievės
<i>Drėgnumas</i>	M10 (< 10%)
<i>Briketų tankis</i>	DE1,0 (1,00–1,09 kg/dm ³ sausosios masės)
<i>Matmenys</i>	Pagal 9.4 lent.
<i>Peleningumas</i>	A0,7 (< 0,7% sausosios masės)
<i>Priemaišos</i>	< 2% sausosios masės. Presavimo palengvinimui gali būti pridėta tik pirminės žemės ūkio ir miško biomasės chemiškai neapdorotų produktų. Priemaišų rūšis ir kiekis turi būti nurodytas.
<i>Apatinis šilumingumas</i>	E4,7 (> 4,7 kWh/kg = 16,9 MJ/kg)

Centralizuoto šildymo katilinių ir kitų stambesnių kuro vartotojų reikalavimai kuro savybėms priklauso nuo deginimo įrangos, konvejerių ir saugyklų ypatybių. Pvz., jeigu paprastai namų ūkio vartotojams kuras turi būti kiek įmanoma sausesnis, tai katilinėje katilo kūrykla gali būti sukonstruota būtent drėgnesniam kurui.

Labai svarbus neperdirbto natūralios medienos kuro rodiklis yra kuro dalelių dydžio diapazonas, kuris atsispindi prekybinės formos pavadinime. Dalelių dydis ir pasiskirstymas nulemia ir deginimo technologiją, ir ypač kuro padavimo įrenginių konstrukciją.

Būdinga skiedrų, pristatomų į centralizuoto šildymo katilines, klase gali būti laikoma P45 klasė, kurios dalelių pasiskirstymas būtų toks:

- smulkioji frakcija – dalelės iki 1 mm dydžio sudaro mažiau kaip 5% kuro masės;
- pagrindinė frakcija – dalelės, kurių dydis kinta diapazone 3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm, sudaro 80% kuro masės;
- stambioji frakcija – mažiau negu 1% kuro masės gali būti sudarytas iš dalelių, kurių dydis viršija 63 mm.

Kadangi ir smulkiosios, ir stambiosios frakcijos dydžio nukrypimai lemia kuro konvejerių darbą ir degimo sąlygas kūrykloje, ir smulkioji, ir stambioji frakcijos yra apibrėžtos kuro specifikacijoje (žr. 9.3 lent.).

2.5.3. Durpių kuro klasifikacija

Durpių kuro klasifikacija iš esmės yra panaši į kietojo biokuro klasifikaciją; skiriasi kuro kilmė ir dalinai prekybos formos. Plačiausiai paplitusios durpių kuro prekybos formos pateiktos 2.15 lent. [19].

Durpių kokybės sertifikate be duomenų apie tiekėją, atsakingo asmens vardo, pavardės ir parašo, pasirašymo datos ir vietos, dar turi būti pateikta lentelė su norminiais ir informaciniais durpių rodikliais.

2.6. Kuro mėginių paėmimas ir kokybės nustatymas

Kuro kokybės vertinimas turi būti atliekamas pagal darniuosius standartus bei procedūras, trumpai aprašytas 2.2 skyriuje. Nors kuro savybių nustatymui pakanka nedidelio kuro kiekio, mažas kuro mėginys turi atspindėti vidutines didesnių kuro kiekių (pvz., pakrautų į didelį sunkvežimį) charakteristikas. Todėl kuro mėginiai turi būti imami iš kelių vietų, galinčių turėti skirtingas charakteristikas; mėginiai turi būti sumaišyti ir padalinti į mažesnes dalis taip, kad būtų gautas reprezentacinis mėginys, kurio analizės rezultatus būtų galima taikyti visam kuro kiekiui [20].

2.15 lentelė. Pagrindinės durpių kuro prekybos formos [19]

Pavadinimas	Būdinga forma ir dalelių dydis	Paplitęs paruošimo būdas
Briketai	Skersmuo arba mažiausias dalelės dydis > 25 mm	Mechaninis presavimas
Granulės	Ø < 25 mm	Mechaninis presavimas
Gabalinės durpės	Ø < 80 mm, cilindrinis	Pjaustymas, formavimas, natūralus džiovinimas ir maišymas, kasimas, saugojimas
Trupininės durpės	Ø < 25 mm	Malimas, natūralus džiovinimas ir maišymas, kasimas, saugojimas
Durpių mišiniai su medienos ir žoline biomase	Kintantis	Smulkinta mediena, sumaišyta su durpėmis, šiaudais ar kita žoline biomase

3. KIETOJO BOKURO GAMYBA

3.1. Biomasės pasiskirstymas miške, technologiniai ir aplinkosauginiai apribojimai kuro gamybai

3.1.1. Medžio biomasės pasiskirstymas

Estijoje miškotvarkos objektu paprastai laikomi komerciniai medienos išteklių (pjautiniai rąstai, popiermalkės, tradicinė malkinė mediena). Į kirtimo atliekas dėmesys nekreipiamas, nors energetiniu požiūriu – tai labai vertinga žaliava. Medžio biomasės pasiskirstymas ir energetinis kirtimo atliekų potencialas išsamiai išnagrinėtas Suomijoje. Duomenys, pateikti 3.1 pav., rodo, kad viršūnė, šakos, kelmai ir šaknys sudaro labai svarbią medžio biomasės dalį.

Tradicinės malkinės medienos naudojimas energetiniams tikslams pradėjo mažėti. Tam yra keletas priežasčių: sumažėjo mažiausias medienos skersmuo, naudojamas celiuliozės pramonėje ir lentpjūvėse, ta pati žaliava yra naudojama plokščių pramonėje bei medžio anglies gamyboje. Taip pat atsirado įvairių kitų medienos perdirbimo įrenginių smulkiajai medienai. Todėl energetikoje reikia ieškoti alternatyvių galimybių, iš kurių pati perspektyviausia yra kirtimo atliekų naudojimas. Galimybė gauti medienos šildymui atsiranda jau sanitarinio kirtimo metu, dar didesniais kiekiais – retinimo ir pagrindinių (atkuriamųjų) kirtimų metu. Pvz., Pietų Suomijos miškų duomenys rodo (žr. 3.1 lent.), kad per visą kirtimų rotacijos laikotarpį galima surinkti 155–310 m³/ha miško atliekų.

Nors šaknys ir kelmai sudaro reikšmingą medžio biomasės dalį, iki šiol jų surinkimas nebuvo tikslingas dėl didelių energijos sąnaudų. Pastarųjų metų moksliniai tyrimai Suomijoje parodė, kad šios medžio dalys

vis tik galėtų smarkiai prisidėti prie tradicinių malkinės medienos išteklių. 3.2 paveiksle pateikti duomenys apie kelmų šilumingumą. Remiantis šiais duomenimis kelmų, surinktų iš 1 ha miško žemės, energijos kiekis apytiksliai lygus 140–160 MWh.

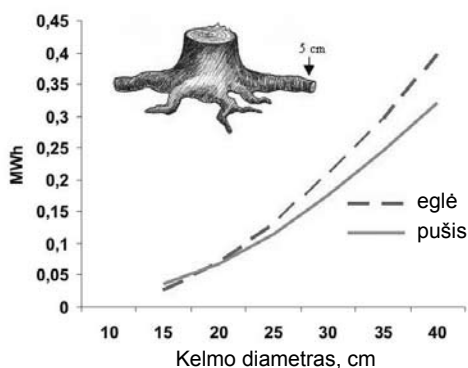


	Biomasės pasiskirstymas, %			
	Pušis		Eglė	
Kamienas	100	69	100	59
Viršūnė, šakos	23	16	45	27
Kelmas, šaknys	22	15	24	14
Iš viso	145	100	169	100

3.1 pav. Medžio biomasės pasiskirstymas pagrindiniuose kirtimuose [21]

3.1 lentelė. Biomasės gavimas iš spygliuočių miškų pietinėje Suomijoje [21]

Kirtimo rūšis	Medyno amžius, metais	Medienos išeiga, m ³ /ha	Kirtimo atliekos	
			m ³ /ha	tne/ha
Sanitarinis	10–20	–	15–50	3–9
1-asis retinimo	25–40	30–80	30–50	6–9
2-asis retinimo	40–60	50–90	20–40	4–8
3-iasis retinimo	50–70	60–100	20–40	4–8
Pagrindinis kirtimas	70–100	220–330	70–130	13–24
Per kirtimų rotacijos laikotarpį		360–600	155–310	30–58



3.2 pav. Kelmo–šaknų sistemos šilumingumas priklausomai nuo kelmo skersmens [21]

3.1.2. Technologiniai ir aplinkosauginiai apribojimai kuro gamybai

Pastaraisiais metais medienos kuro gamyboje buvo atkreiptas dėmesys į mineralų praradimą dėl biomasės išvežimo iš miško. Kadangi mineralų pasiskirstymas skirtingose medžio dalyse svyruoja, pasirenkant technologiją mineralų praradimą galima kontroliuoti. Atitinkami Danijos duomenys pateikti 3.2 lentelėje. Šie duomenys leidžia daryti tokią išvadą: jeigu kirtimo atliekos bus išdžiovinamos prieš smulkinimą ir bus leidžiama nukristi lapams bei spygliams, mineralų praradimas smarkiai sumažės. Papildoma mineralų praradimo kompensavimo priemonė yra sudegintos medienos pelenu sugražinimas atgal į mišką. Medžio pelenuose yra maži sunkiųjų metalų kiekiai

3.2 lentelė. Mineralų praradimas per 70 metų rotacijos laikotarpį įvairių technologijų atveju [22]

	N	P	K	Mg	Ca
Mineralų praradimas, kg/ha					
Stiebai	170	54	205	23	234
Smulkinimas su išankstiniu padžiovinimu	214	58	213	26	259
Smulkinimas be padžiovinimo	252	61	230	30	294
Maistinių medžiagų praradimo padidėjimas, %					
Smulkinimas su išankstiniu padžiovinimu	26	7	4	13	11
Smulkinimas be padžiovinimo	48	13	12	30	26

(Cd 0–0,08 g/ kg pelenu, Pb 0,02–0,6 g/kg pelenu), todėl negalima vežti atgal į mišką didelių pelenu kiekių [22]. Rekomenduojama gražinti pelenus į tą pačią vietą, kur buvo surinktos kirtimo atliekos.

3.2. Technologijos ir įranga medienos kuro gamybai

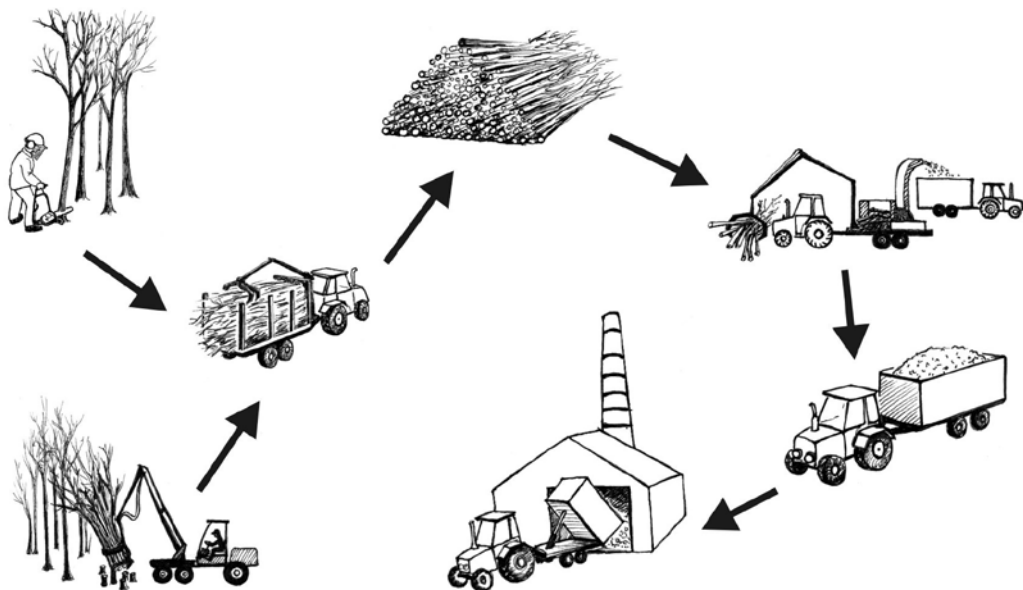
Tradicinė malkinė mediena daugiausiai naudojama namų ūkiuose, kur ji yra vyraujanti biokuro rūšis. Malkinės medienos gamybos technologijoje neįvyko jokių pokyčių. Iki šiol malkinės medienos ruošos darbai atliekami miškuose rankiniu būdu, naudojant grandininį pjūklus. Atkuriamiesiems kirtimams, kur malkinė mediena kertama kartu su padarine mediena, pradėta naudoti kirtimo mašinas (medkirtes). Pastaraisiais metais atsirado nauja tendencija – pradėtos naudoti kombinuotos mašinos pjovimui, skaldymui ir malkų krovimui. Apie jas plačiau rašoma 3.3 skyriuje.

Skiedrų gamybos technologijų vystymasis ypač spartus. Postūmį sparčiai plėtoti šią sritį davė naftos krizė praeito šimtmečio 8-aja-

me dešimtmetyje. Pramoninės, nuo naftos priklausančios šalys, turėjo peržiūrėti savo atsinaujinančius energijos išteklius ir ištobulinti technologijas biokuro gamybai. Kirtimo atliekos, iki to laiko nenaudotos, tuo metu buvo įdiegtos kaip kuro rūšis, ypač Švedijoje ir Suomijoje. Ilgalaikių mokslo tiriamųjų darbų dėka buvo išplėtotos skiedrų gamybos (ir iš kamienų, ir iš kirtimo atliekų) technologijos. Medžio supjaustymo į dalis technologijos įgyvendinimas (komercinės medienos ir malkinės medienos rinkimas toje pačioje sistemoje) buvo nesėkmingas.

3.2.1. Negenėtų medžių skiedros

Jaunuolynų sanitarinių kirtimų metu susidaro dideli kiekiai medienos, kurios neįmanoma panaudoti pramoniniu būdu, tačiau galima sunaudoti kaip malkinę medieną. Retinant bręstantį mišką komercinės medienos kiekis gali būti toks mažas, kad visą nukirstą medžiagą tikslingiau yra sunaudoti skiedrų gamybai. Skiedros, pagamintos iš tokių neapgenėtų medžių, vadinamos negenėtų medžių skiedromis [23]. Technologijos schema pavaizduota 3.3. pav.



3.3 pav. Negenėtų medžių skiedrų gamybos technologija



3.4 pav. Negenėtų medžių pjovimas ir rinkimas į ryšulius retinimo metu. P. Muiste nuotraukos



3.5 pav. Negenėtų medžių smulkinimas. P. Muiste nuotrauka



3.6 pav. Negenėtos smulkios medienos laikymas. P. Muiste nuotrauka

Sodybiniuose miškuose retinimo kirtimai paprastai atliekami rankiniu būdu krūmapjovėmis arba motoriniais pjūklais. Siekiant mechanizuoti darbą ir padidinti našumą stambiose gamybos įmonėse, smulkiosios medienos kirtimui, pradėta naudoti surenkančias kirtimo galvutes montuojamas medkirtėse (žr. 3.3.4 skyrių). Kirtimas atliekamas giljotinos tipo pjaunamąja geležte. Retinimui gali būti naudojamas smulkintuvas – medvežė, pakeitus krautuvo griebtuvą kirtimo galvute (žr. 3.4 pav.). Tokiu būdu tą pačią mašiną galima panaudoti ir negenėtų medžių pjovimui, ir išvežimui.

Negenėtus medžius galima surinkti rankiniu būdu, bet didesnių kiekių atveju naudojamos medvežės arba miško traktoriai. Surinktą medieną galima arba smulkinti drėgną (žr. 3.5 pav.), arba laikyti krūvose (žr. 3.6 pav.) ir susmulkinti tada, kai atsi-

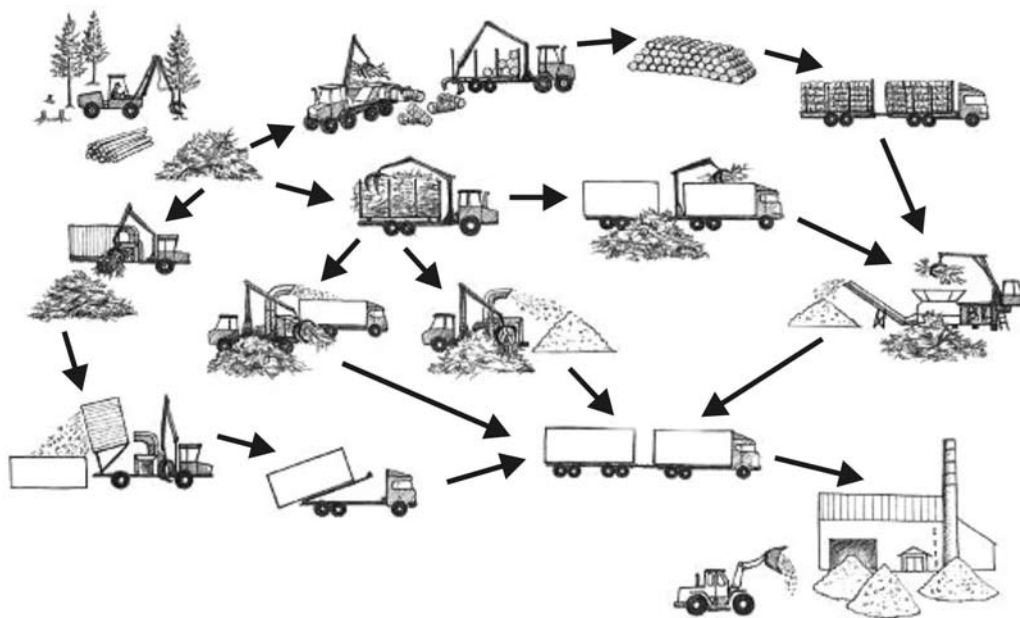
randa skiedrų poreikis. Laikant medieną didelėse krūvose, sumažėja drėgnumas ir padidėja šilumingumas.

Džiūstant nukrinta lapai ir spygliai, todėl mineralų netekimas miške sumažėja.

3.2.2. Skiedros iš kirtimo atliekų

Lyginant su komercinės medienos ruoša, renkant kirtimo atliekas būtina atsižvelgti į šiuos aspektus:

- atliekų piltinis tankis yra mažas, jos yra pasklidusios po visą kirtimo plotą. Todėl atliekų surinkimas ir apdorojimas reikalauja didelių darbo sąnaudų, reikalinga brangi įranga;
- dėl gaunamo mažo energijos kiekio gabenimas yra brangus, o ekonomiškai atsiperkantis gabenimo atstumas nedidelis.



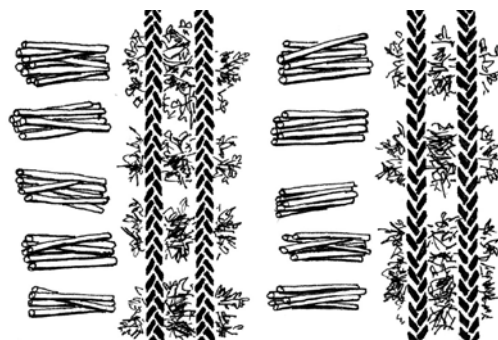
3.7 pav. Skiedrų gamyba iš kirtimo atliekų

Dėl šių aspektų visą logistinę grandinę reikia suplanuoti labai kruopščiai, kad sumažėtų gamybos sąnaudos. Visų pirma reikia nustatyti tinkamą vietą ir galimybę kirtimo atliekų smulkinimui. Plačiausiai taikomos technologijos yra šios (žr. 3.7 pav.):

- 1) kirtimo atliekų smulkinimas kirtavietėje;
- 2) kirtimo atliekų smulkinimas laikinajame sandėlyje;
- 3) neapdorotų kirtimo atliekų gabenimas į sandėlį ir smulkinimas;
- 4) miško atliekų pakavimas į ryšulius.

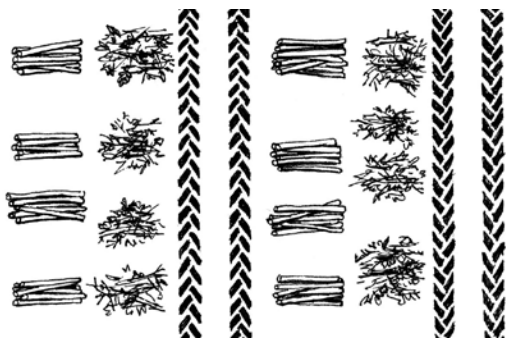
Jeigu kirtimo atliekas reikia surinkti po atkuriamųjų kirtimų, į tai būtina atsižvelgti jau kirtimo metu. Kirtavietėse, kur dirvožemis minkštas, kirtimas turi būti planuojamas šaltuoju metų laiku, kad kertamų šakų nereikėtų naudoti valksmoms (žr. 3.8 pav.). Jeigu jau taip įvyko, iš tokios kirtavietės rinkti kirtimo atliekas netikslinga, kadangi vietoj smulkintuvų su dirvožemiu ir akmenimis sumaišytos medienos apdorojimui

reikės naudoti trupintuvus, o gauto kuro kokybė netenkins reikalavimų.



3.8 pav. Kirtimo atliekų naudojimas valksmoms [24]

Jei kirtaviečių dirvožemiai kieti, kirtimo atliekų nereikia naudoti valksmoms, todėl galima gaminti skiedras. Kirtimo atliekas lengviau rinkti, kai naudojama medkirtė, o nugenėtos šakos ir viršūnės kraunamos į rietuves arba krūvas palei išvežimo kelius (žr. 3.9 pav.).



3.9 pav. Kirtimo metu rekomenduojama laikyti nugenėtas šakas atskirai

3.2.2.1. Medienos smulkinimas kirtavietėje

Smulkinimui kirtavietėje reikalingas kilnojamas smulkintuvas (žr. 3.10 ir 3.12 pav.). Smulkintuvo konteinerį reikia aukštai iškelti ir paversti, kad skiedros išsipiltų į sunkvežimio kėbulą (žr. 3.11 pav.). Naudojant konteinerinius sunkvežimius (žr. 3.13 pav.), skiedrų gabenimą galima organizuoti nepriklausomai nuo surinkimo, todėl sunkvežimio vairuotojui reikia mažiau laukti. Skiedrų konteineriniai sunkvežimiai yra brangesni, lyginant su įprastiniais sunkvežimiais, pritaikytais skiedrų gabenimui, bet dėl didelės darbo jėgos kainos ši alternatyva yra ekonomiškai pagrįsta.

Smulkinimas kirtavietėje buvo plačiai paplitęs praeito amžiaus 10-ojo dešimtmečio viduryje, bet dabar šio būdo svarba sumažėjo, kadangi smulkinimas

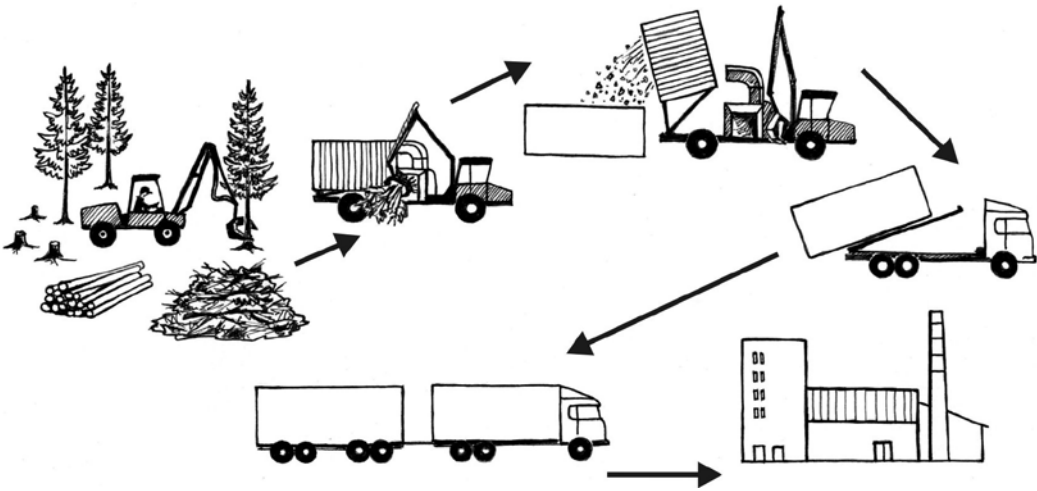


3.10 pav. Kirtimo atliekų surinkimas ir smulkinimas kilnojamoju smulkintuvu–medveže Chipset 536C. P. Muiste nuotrauka



3.11 pav. Kilnojamojo smulkintuvo konteinerio išpylimas. P. Muiste nuotrauka

ir pakavimas į ryšulius laikinosiose pakelės saugyklose yra produktyvesnis ir efektyvesnis. Pvz., Švedijoje ankstesnio metodo dalis sumažėjo iki 10% [25]. Kilnojamieji smulkintuvai, naudojami kirtimo atliekų surinkimui kirtavietėje, yra labai brangūs. Kadangi didžioji dalis darbo laiko skiriama važinėjimui ir kirtimo atliekų surinkimui, šį darbą būtų pigiau atlikti įprastiniais miško traktoriais (medvežėmis). Siekiant padidinti gamybos našumą, šiuo metu naudojami didesni kilnojamieji smulkintuvai, bet kartu jie yra mažiau manevringi ir sunkesni. Todėl ant



3.12 pav. Kirtimo atliekų surinkimas ir smulkinimas kirtavietėje, naudojant kilnojamąjį smulkintuvą–medvežę; skiedros gabenamos skiedrų konteineriniu sunkvežimiui

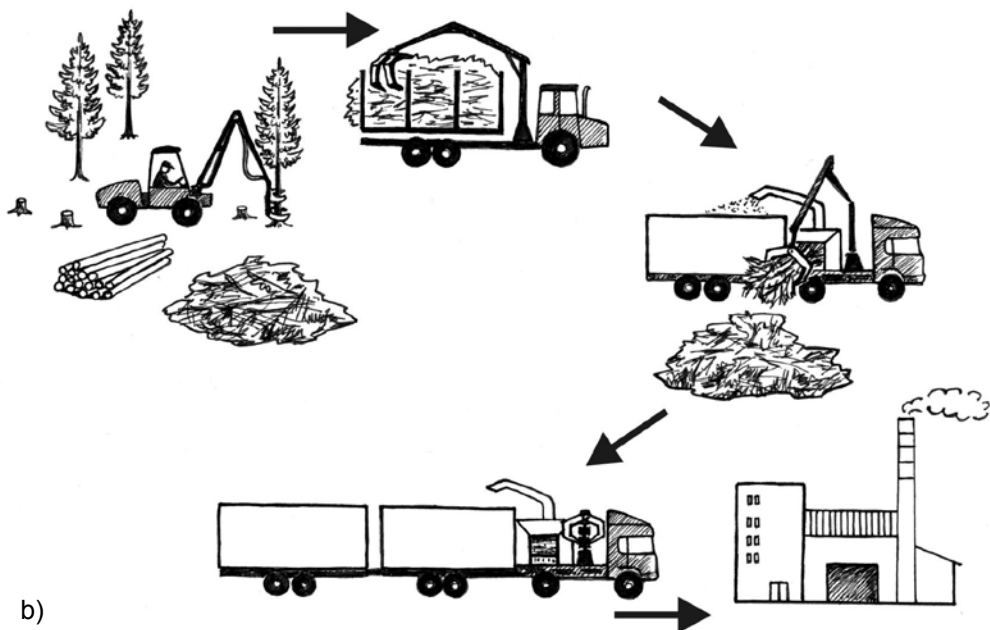
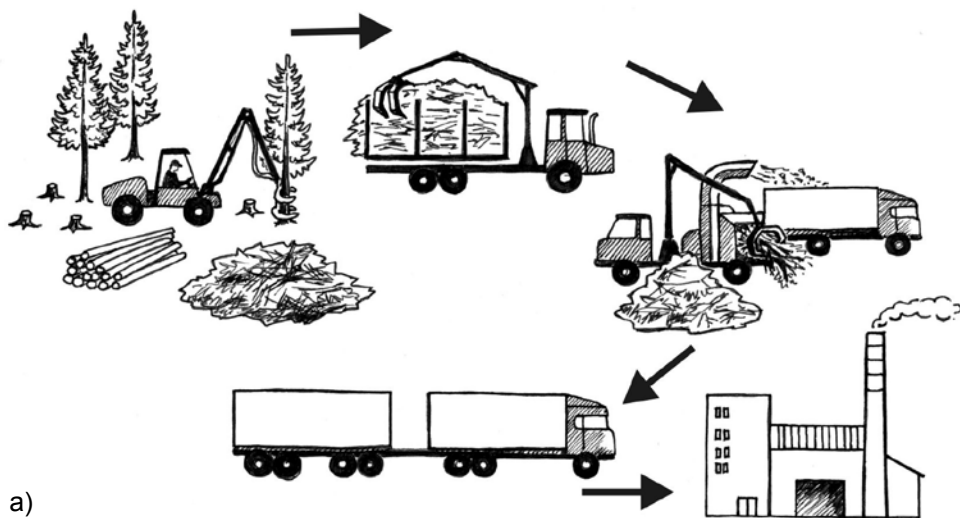


3.13 pav. Pakrauto konteinerio užkėlimas ant sunkvežimio. P. Muiste nuotrauka

minkštų Estijos dirvožemių jie galėtų būti naudojami tik žiemą. Smulkinant kirtavietėje, susmulkinamos ir drėgnos šakos bei viršūnės, todėl tokių skiedrų drėgnumas būna didesnis.

3.2.2.2. Medienos smulkinimas laikinojoje pakelės saugykloje

Šiaurės šalyse plačiausiai paplitęs smulkinimo būdas yra smulkinimas laikinajame pakelės sandėlyje (žr. 3.14 pav.). Šio metodo taikymas Švedijoje siekia 80% [25]. Jį taip pat galima laikyti ir pačiu tinkamiausiu Estijos sąlygoms. Taikant šį smulkinimo būdą kirtimo atliekų surinkimui naudojama įprastinė medvežė padidintu kėbulu, kad geriau būtų išnaudojama keliamoji galia (žr. 3.15 ir 3.16 pav.). Kirtimo atliekos, sukrautos į dideles rietuves pakelėje ir uždengtos vandeniui nelaidžiu dervuotu popieriumi, bus smulkinamos kilnojamuoju smulkintuvu kitą žiemą (žr. 3.17, 3.18 ir 3.19 pav.), o po to gabenamos specialiu sunkvežimiui, skirtu kirtimo atliekoms (žr. 3.20 pav.). Jeigu gabenimo atstumas nuo laikinojo sandėlio iki galutinio vartotojo yra mažas, gali būti tikslinga sumontuoti smulkintuvą skiedrų konteineriniame sunkvežimyje (žr. 3.14b pav.).



3.14 pav. Kirtimo atliekų smulkinimas laikinajame pakelės sandėlyje

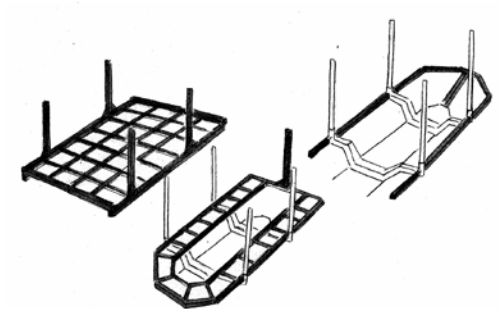
- a) Kirtimo atliekos surenkamos medveže, susmulkinamos laikinajame pakelės sandėlyje kilnojamoju smulkintuvu ir gabenamos specialiu konteineriniu sunkvežimiu.
- b) Kirtimo atliekos surenkamos medveže, susmulkinamos laikinajame pakelės sandėlyje kilnojamoju smulkintuvu ir gabenamos konteineriniu sunkvežimiu su sumontuotu smulkintuvu.



3.15 pav. Kirtimo atliekų rinkimas kirtavietėje. P. Muiste nuotrauka



3.18 pav. Kirtimo atliekos, saugomos po vandeniui nelaidžiu popieriumi. P. Muiste nuotrauka



3.16 pav. Keli būdai pritaikyti medvežę miško atliekų rinkimui [26]



3.19 pav. Kirtimo atliekų smulkinimas. P. Muiste nuotrauka



3.17 pav. Kirtimo atliekų saugojimas. P. Muiste nuotrauka

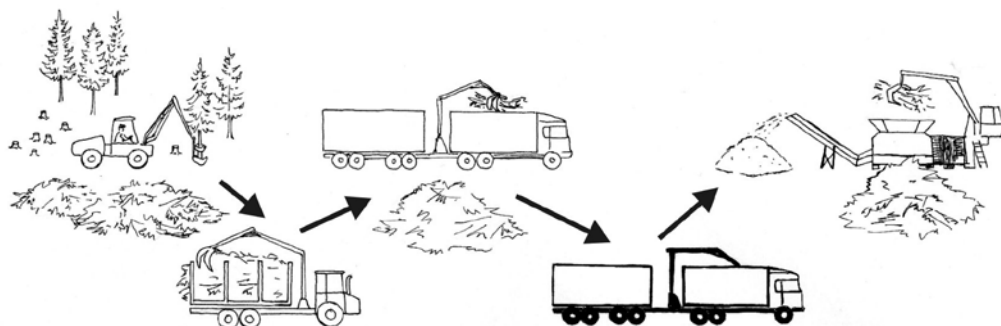


3.20 pav. Skiedrų gabenimas konteineriniu sunkvežimiu. P. Muiste nuotrauka

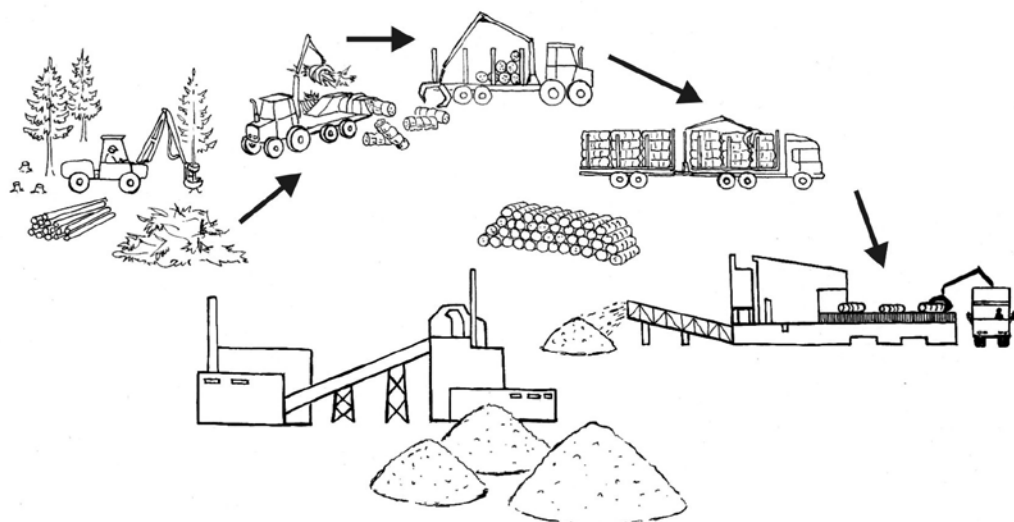
3.2.2.3. Kirtimo atliekų smulkinimas vartotojo apdorojimo sandėlyje

Apdorojant kirtimo atliekas vartotojo sandėlyje, galima panaudoti didelio našumo stacionarią įrangą su elektros pavara, kurios dėka smulkinimo procesas tampa ne toks brangus. Dideliuose sandėliuose lengviau kontroliuoti kuro kokybę ir suskirstyti kurą pagal frakcijas. Gabenti kirtimo atliekas į sandėlį galima neapdorotas (žr. 3.21 pav. [22]) arba supresuotas į ryšulius (žr. 3.22 pav.).

Pirmuoju atveju kirtimo atliekos renkamos medveže ir gabenamos specialiomis transporto priemonėmis. Kadangi kirtimo atliekų piltinis tankis yra mažas, sunkvežimių krovumas nėra pilnai išnaudojamas. Krovinio glaudinimui sunkvežimiuose yra sumontuoti hidrauliniai griebtuvai, supresuojantys šakų masę. Kadangi Šiaurės šalyse leidžiama naudoti didesnius konteinerinius sunkvežimius (iki 60 t bendro svorio ir 24 m ilgio), dažnai ekonomiškai priimtinesnis būna neapdorotų kirtimo



3.21 pav. Gabenimas konteineriniu sunkvežimiu



3.22 pav. Kirtimo atliekų pakavimas į ryšulius, gabenimas įprastiniais miško traktoriais ir medvežėmis, smulkinimas sandėlyje

atliekų gabenimas. Tačiau šis būdas nėra plačiai naudojamas. Pvz., Švedijoje jo taikymo dalis nesiekia 10%. Pagal daugelyje ES šalių galiojančius standartus leistinas sunkvežimių svoris yra 40 t, o ilgis – 18,35 m. Todėl neapdorotų kirtimo atliekų gabenimas dažnai nėra ekonomiškai priimtinas.

Naujas technologinis kirtimo atliekų gabenimo sprendimas – masės presavimas prieš gabenimą (žr. 3.22 pav.). Platforma kirtimo atliekų presui paprastai būna medvežė, todėl atliekas pakuoti į ryšulius galima tiesiog kirtavietėje. Lyginant su kitomis technologijomis, ši turi nemažai privalumų:

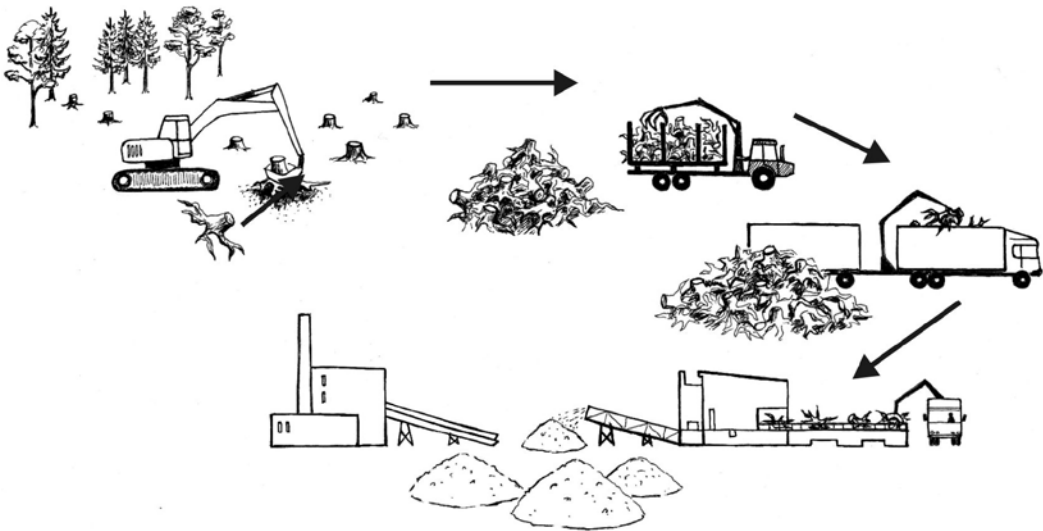
- šakų ryšulių gabenimui galima panaudoti esamas medvežes ir miško traktorius;
- šakų ryšulius nesudėtinga saugoti ir džiovinti, juos galima naudoti visus metus;
- saugant šakų ryšulius vartotojo sandėlyje, sumažėja kenkėjų ir gaisro žalos rizika;

- šakų ryšulių smulkinimui galima naudoti didelio našumo stacionarius smulkintuvus;
- gerai organizuotos logistikos dėka kirtimo zoną galima išplėsti iki 200 km (Švedijoje skiedros renkamos 60–75 km zonoje [25]).

Iki šių dienų neeksploatuojamu ištekliu išlieka šaknys ir kelmai, kurių naudojimas dėl didėjančių kuro kainų gali tapti ekonomiškai atsiperkančiu. Kelmų rovimui naudojami ekskavatoriai, rinkimui – medvežės, o gabenimui keliais – sunkvežimiai su uždaru kėbulu. Žaliavos smulkinimui vietoje smulkintuvų reikėtų naudoti trupintuvus, kadangi priemaišos, tokios kaip žvirgždas ir dirvožemis, gali pažeisti smulkintuvo ašmenis. Priemaišos taip pat sukelia kuro deginimo problemų, kadangi didėja peleningumas ir gali įvykti pakuros ardymo šlakavimasis.

3.2.3. Medžių atpjovų ir negenėtų medžių technologija

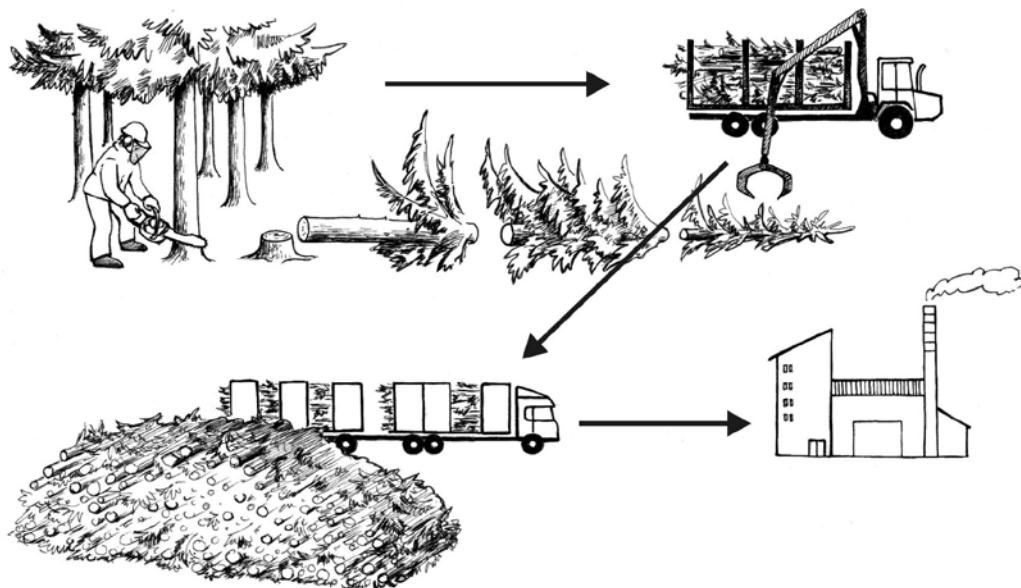
Praeito amžiaus 9-ajame dešimtmetyje, siekiant iš miško išgabenti pjautinius rąstus,



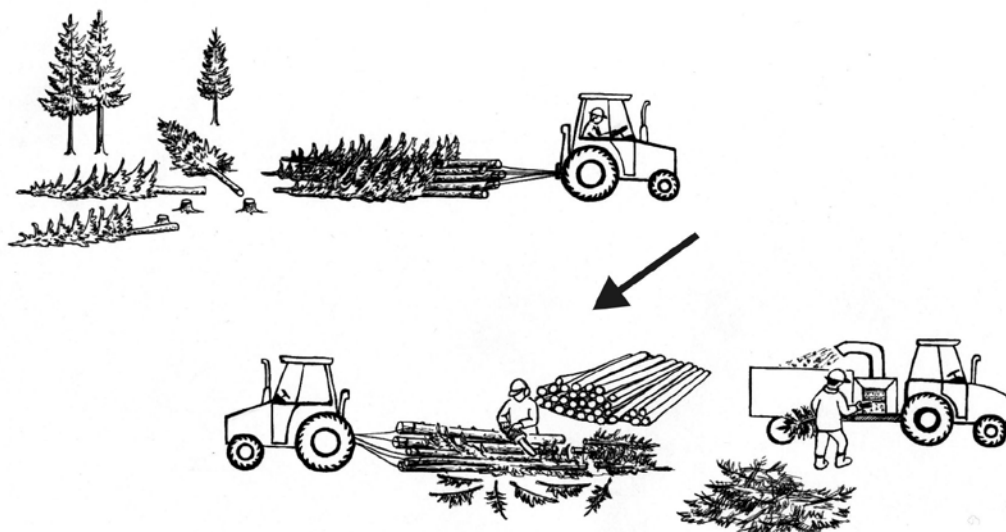
3.23 pav. Kelmų rovimas, išvežimas medveže, gabenimas specialiu sunkvežimių ir smulkini-
mas sandėlyje

popiermalkes ir malkinę medieną, naudojant vieną integruotą metodą, buvo bandoma medžių pjaustymo į atpjuvas technologija ir negenėtų medžių technologija (žr. 3.24 ir 3.25 pav.) [27]. Pirmuoju atveju nukirstus kamienus grindiniu pjūklų arba

medkirte supjaustydavo į reikiamo ilgio atpjuvas. Antruoju atveju kamienų nepjaustydavo. Skirtingai nei įprastinių kirtimų metu, šiais atvejais nukirstų medžių negenėdavo, galutinis apdorojimas vykdavo laikinojoje saugykloje arba sandėlyje. Medienos su-



3.24 pav. Medžių atpjuvų technologija



3.25 pav. Negenėtų medžių technologija

rinkimui miške buvo naudojamos įprastinės medvežės. Gabenimui keliais buvo reikalingi specialios konstrukcijos sunkvežimiai, su šone atidaromu kėbulu. Pagrindinis šios technologijos privalumas buvo ekonomiškai naudingas žaliavos apdorojimas, kadangi sandėlyje vietoj vidaus degimo variklių buvo galima panaudoti pigesnius elektros variklius. Tačiau sandėlyje buvo ganėtinai sudėtinga laikyti komercinės medienos ruošos kokybės standartų, ir tai tapo pagrindiniu šio metodo trūkumu. Kita daugumos ES šalių (išskyrus Suomiją ir Švediją) sąlygomis išskylanti problema – transporto priemonių svorio ir ilgio apribojimai, dėl kurių padidėja atpjovų transportavimo kaštai, o ilgų rąstų išvis negalima gabenti.

3.3. Medienos kuro gamybai naudojamos mašinos bei įrenginiai

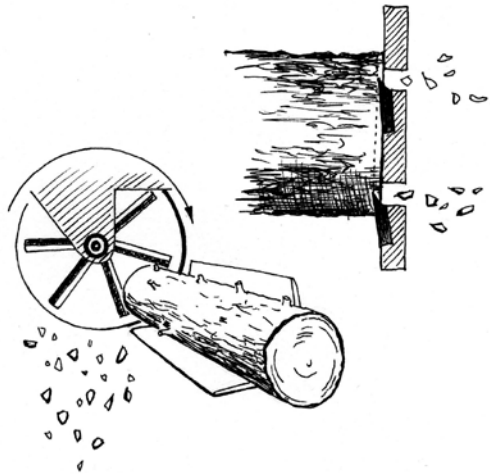
3.3.1. Medienos smulkintuvai ir trupintuvai

Medienos smulkinimas yra svarbi operacija, gamybos grandinėje nustatanti visos technologijos tipą ir itin lemianti skiedrų kainodarą. Smulkintuvų pasirinkimas yra gana platus, jie gali būti gaminami su įvairiomis pavaromis ir gali būti montuojami ant įvairių transporto priemonių.

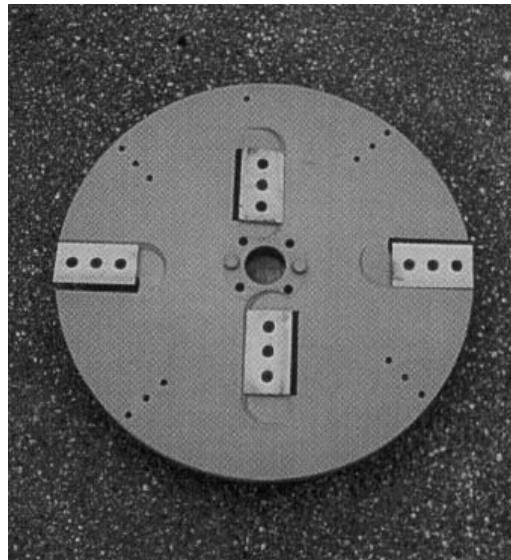
3.3.1.1. Veikimo principai

Medienos smulkinimui naudojami trijų rūšių smulkintuvai: diskiniai, būgniniai ir sraigtiniai. Medienos su priemaišomis (dirvožemiu, žvirgždu, vinimis ir t. t.) smulkinimui naudojami plaktukiniai malūnai, ritininiai skaldymo ir traiškymo mechanizmai, žiauniniai traiškytuvai ir t. t. Šie dažniausiai stacionarūs įrenginiai yra naudojami masinėje gamyboje. Skirtingai nei smulkintuvų atveju, trupintuvais apdorota mediena yra nevienodos formos ir dydžio.

Diskinis smulkintuvas. Darbinė diskinio smulkintuvo dalis yra sunkus, gerai subalansuotas plieno diskas (žr. 3.26 ir 3.27 pav.), prie kurio radialiai tvirtinami 2 arba 4 peiliai. Reguluojant atstumą tarp peilių ir priešpeilio, skiedrų dydį galima keisti nuo 12 iki 35 mm. Mediena paduodama



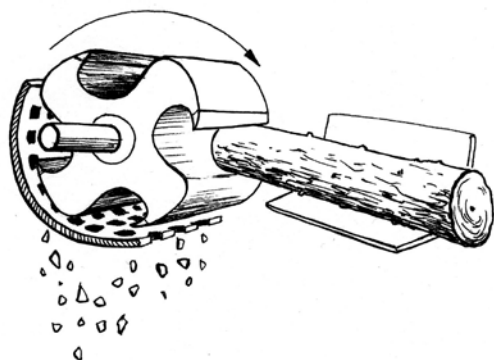
3.26 pav. Diskinis smulkintuvas



3.27 pav. Darbinė diskinio smulkintuvo dalis. P. Muiste nuotrauka

peiliams mažu kampu, o jeigu diskas yra pakreiptas – horizontaliai. Skiedras per vamzdį pašalina ventiliatorius. Medžių kamienai paduodami į smulkintuvą rankiniu būdu arba naudojant manipuliatorių. Diskinio smulkintuvo privalumai yra paprasta konstrukcija, maži kaštai ir mažas energijos suvartojimas. Todėl tai yra plačiausiai sodybinuose miškuose naudojamas smulkintuvas. Kadangi pjovimo kampas yra fiksuotas, gaunamų skiedrų dydis yra vienodesnis negu kitų smulkintuvų atveju. Trūkumas – šio smulkintuvo jautrumas priemaišoms ir dideli matmenys (su maža padavimo anga).

Būgninis smulkintuvas. Darbinė šio smulkintuvo dalis – besisukantis būgnas



3.28 pav. Būgninis smulkintuvas

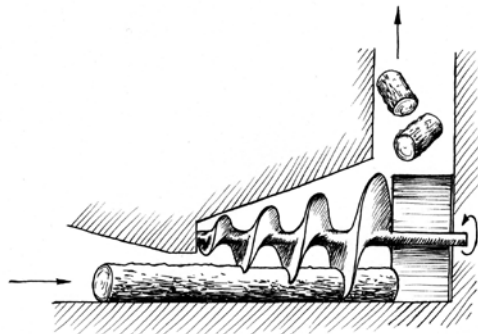


3.29 pav. Darbinė būgninio smulkintuvo dalis. P. Muiste nuotrauka

su peiliais (žr. 3.28 ir 3.29 pav.). Mediena paduodama iš vienos pusės, paprastai ritiniu arba grandiniu transporteriu, o skiedras pašalina vamzdžiu ventiliatorius. Panašiai kaip ir diskinis smulkintuvas, būgninis smulkintuvas leidžia keisti skiedrų dydį, reguliuojant atstumą tarp priešpeilio ir peilių.

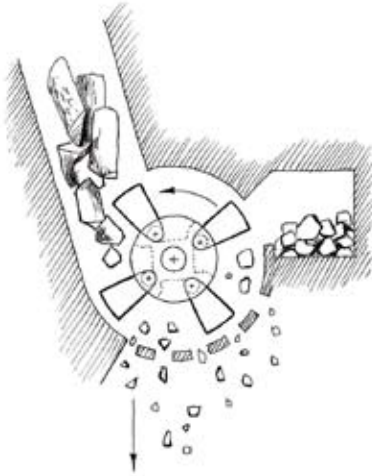
Būgninio smulkintuvo privalumas, kad, nepaisant mažų smulkintuvo matmenų, jo tiekimo anga yra didelė. Trūkumai – jautrumas priemaišoms ir didelė kaina. Lyginant su diskiniu smulkintuvu, būgninio smulkintuvo energijos sąnaudos nuo 50 iki 75% didesnės, o skiedrų dydžiai gali būti labai skirtingi, kadangi pjovimo kampas priklauso nuo kamieno skersmens. Būgninis smulkintuvas labiau tinka miško atliekų smulkinimui negu diskinis smulkintuvas.

Sraigtinis smulkintuvas. Darbinė dalis – besisukantis sraigtinis peilis, veikiantis kaip tiekimo mechanizmas (žr. 3.30 pav.), su kieto lydinio ašmenimis. Kartu su pjovimu sraigtinis peilis traukia medį per smulkintuvą, o tai ypač patogu, kai paduodama rankiniu būdu. Skiedrų dydis priklauso nuo darbinės dalies. Skiedros, pagamintos sraigtinio smulkintuvu, būna nevienodo dydžio ir paprastai stambesnės negu pagamintos diskiniu ar būgniniu smulkintuvu. Ašmenų galandimui reikalingi specialūs įrankiai.

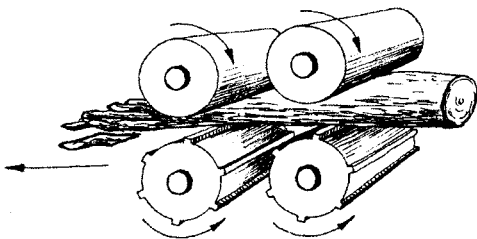


3.30 pav. Sraigtinis smulkintuvas

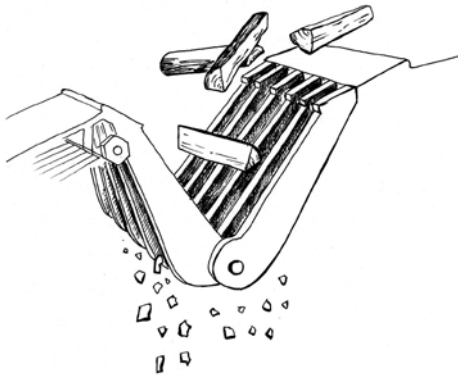
Medžio trupintuvai. Griautinė pasta-
tų mediena taip pat gali būti naudojama
kaip kuras, bet dėl priemaišų (dirvožemio,
žvirgždo, metalo ir stiklo) šios medienos



3.31 pav. Plaktukinis malūnas



3.32 pav. Ritininis traiškytuvas



3.33 pav. Žiauninis traiškytuvas

smulkinimui negalima naudoti smulkintu-
vų. Tokios medienos smulkinimui naudo-
jami trupintuvai, kurių veikimo principai
būna įvairūs. Labiausiai paplitę yra plak-
tukiniai malūnai, ritininiai traiškytuvai ir
žiauniniai traiškytuvai (žr. 3.31–3.33 pav.).
Kitaip nei smulkintuvai, šie įrenginiai ga-
mina traiškytą nevienodo dydžio ir formos
medienos masę. Įrenginiai yra galingi ir
brangūs, todėl ekonomiškai atsiperka tik
masinėje medienos gamyboje.

3.3.1.2. Smulkintuvų pavaros

Priklausomai nuo smulkintuvo funkcijos
ir našumo, gali būti naudojamos įvairios pa-
varos. Mažos galios įrenginiai paprastai yra
varomi traktoriaus galios nuėmimo veleno.
Stambesniesiems smulkintuvams naudo-
jamas atskiras variklis. Toks įrenginys gali
būti montuojamas arba stacionariai, arba
ant įvairių platformų, pvz., medvežės ar
sunkvežimio. Visos mašinos, nuo mažų
smulkintuvų su rankiniu padavimu iki mo-
dernių kilnojamųjų smulkintuvų, turi savo
panaudojimo sritį. Pasirenkant įrenginį,
reikia atsižvelgti į žaliavos kiekį ir kokybę,
technologiją, kuri bus naudojama, reika-
lavimus skiedrų kokybei, logistiką, poreikį
reorganizavimui ir t. t.

Sodybiniuose miškuose labiau tinka pa-
prasti smulkintuvai su rankiniu padavimu ir
su pavara nuo traktoriaus galios nuėmimo
veleno (žr. 3.34 pav.).

Esant didelėms gamybos apimtims,
gali būti ekonomiškai tikslinga naudoti kil-
nojamuosius smulkintuvus – medvežes.
Paprastai kaip platformą galima naudo-
ti seną medvežę, ant kurios montuoja-
mas reikiamo našumo smulkintuvas (pvz.,
Bruks 604CT ar Bruks 804CT, žr. 3.35
pav.). Didesnių sąnaudų reikalaujantis
sprendimas – kilnojamas specialios kons-
trukcijos smulkintuvas–medvežė (žr. 3.36–
3.38 pav.).

Galingiausių smulkintuvų, sumontuotų
ant priekabų, našumas siekia 300 m³ per
valandą (žr. 3.43 pav.).



Skiedrų arba biologinio komposto gamybai

Stiprus velenas su besisukančiais peiliais

Keli modeliai, skirti naudojimui namų ūkiuose, mažose ir savivaldybių įmonėse

3.34 pav. Diskinis smulkintuvas varomas žemės ūkio traktoriaus Junkkari HJ 10 galios nuėmimo veleno [28]

Techninė specifikacija: našumas 4–10 m³ skiedrų per valandą; energijos sąnaudos 25–80 kW; smulkinamo medžio skersmuo iki 30 cm; skiedrų dydis 10–30 mm

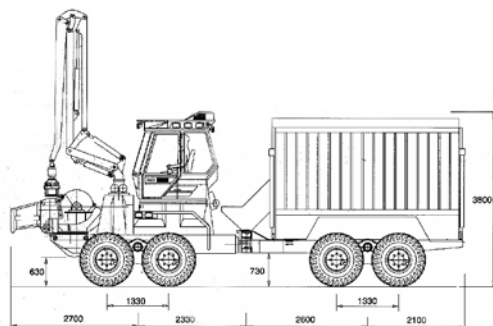


3.35 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė. P. Muiste nuotrauka



3.36 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė, Silvatec 878 CH [29]. P. Muiste nuotrauka

Įrenginio galia 205 kW; disko skersmuo 1200 mm; tiekimo anga 350×350 mm; konteinerio talpa 16 m³; hidraulinio manipulatoriaus pasiekiamumas 6 m



3.37 pav. Kilnojamas smulkintuvas–medvežė Chipset 536 C [30]

Įrenginio galia 223 kW; didžiausias stiebo skersmuo 350 mm; konteinerio talpa 15 m³; našumas 60 m³/h; hidraulinio manipulatoriaus pasiekiamumas 8,3 m

Seni javų nuėmimo kombainai (žr. 3.39 pav.), ekskavatoriai (žr. 3.40 pav.) ar sunkvežimiai (žr. 3.41 pav.) gali būti sėkmingai naudojami kaip bazinės mašinos smulkintuvams miško atliekų smulkinimui kirtavietėse ir pakelėse. Sunkvežimio modifikacija – konteinerinis sunkvežimis, pritaikytas gabenti konteinerius, su sumontuotu smulkintuvu (žr. 3.42 pav.).



3.38 pav. Kilnojamasis smulkintuvas–medvežė, Erjofanten 7/65. P. Muiste nuotrauka



3.41 pav. Smulkintuvas, sumontuotas ant sunkvežimio Giant [32]

[renginio galia 403 kW; būgno skersmuo 900 mm; tiekimo angos plotis 1400 mm; našumas 120–200 m³/h; hidraulinio manipulatoriaus pasiekiamumas 10 m



3.39 pav. Kombainas kaip bazinė mašina [31]

[renginio galia 185–370 kW, būgno skersmuo 600 mm, tiekimo anga 690×350 mm, našumas 50–80 m³/h, hidraulinio manipulatoriaus pasiekiamumas 7,5 m



3.42 pav. Konteinerinis sunkvežimis su smulkintuvu Moha [32]



3.40 pav. Ekskavatorius kaip bazinė mašina smulkintuvui. P. Muiste nuotrauka



3.43 pav. Diskinis smulkintuvas Morbark 30, sumontuotas ant priekabos [33]

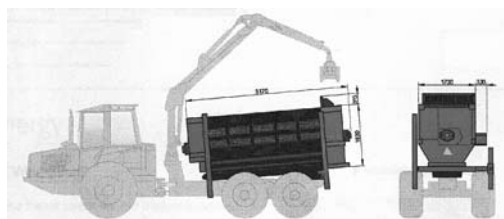
[renginio galia 600 kW; didžiausias kamieno skersmuo 760 mm; disko skersmuo 2100 mm; 3 peiliai

3.3.2. Kirtimo atliekų pakavimo į ryšulius mašina

Įrangos miško atliekų pakavimui kūrimas prasidėjo Švedijoje, čia buvo sukurtas vienas iš šių įrenginių *Fiberpac 370* (žr. 3.44 pav.). Poreikio tokio įrenginio kūrimui Švedijoje nebuvo, šis įrenginys buvo reikalingas Suomijoje, kur skiedrų vartojimas vis augo. Todėl teisės į šią technologiją įsigijo kompanija *Timberjack* ir po techninio tobulinimo darbų serijinę gamybą pasiekė modernizuota pakavimo mašina *Timberjack 1490D* (žr. 3.45 pav.). Kiti gamintojai taip pat domėjosi pakavimo mašinomis, bet jie daugiau dėmesio skyrė kilnojamajai įrangai. Pvz., įrenginius *Pinox 330* [34] ir *Valmet WoodPac* (žr. 3.46 pav.) galima lengvai sumontuoti ant medvežės rėmo, tokiu būdu bazinę mašiną galima naudoti ir medienos surinkimui, ir kirtimo atliekų pakavimui. Šių mašinų našumas – 10–30 ryšulių kirtimo atliekų per valandą.



3.45 pav. *Timberjack 1490D* [35]



3.46 pav. *Valmet WoodPac* [36]



3.44 pav. *Fiberpack 370 Elmia Wood* parodoje 2001 m. P. Muiste nuotrauka



3.47 pav. Į ryšulį supakuotos miško atliekos. P. Muiste nuotrauka

Ryšulio svoris 400–600 kg; ilgis 3,1–3,2 m; skersmuo 700–800 mm, šiluminumas 1 MWh

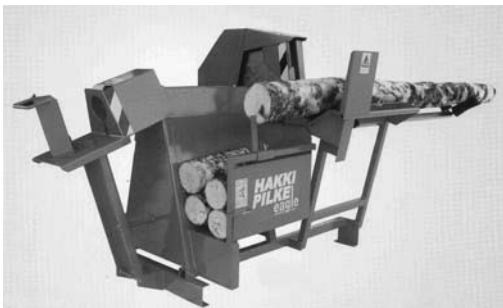


3.48 pav. Supakuotų miško atliekų gabeni-
mui gali būti naudojama paprasta
medvežės priekaba. P. Muiste
nuotrauka

3.3.3. Medienos kapojimo mašinos

Kaimo vietovėje malkos išlieka pagrindi-
niu kuru krosnims, židiniams ir viryklėms.
Malkų skaldymas gali būti maloniu laiko
praleidimo būdu ir fizine mankšta, tačiau
didesnių kiekių ruoša žiemai yra sunkus
fizinis darbas. Žmogus stengiasi šį darbą
padaryti kiek įmanoma lengvesnį ir šiam
tikslui buvo išrasta įvairių mašinų.

Paprasčiausios konstrukcijos ir pigiau-
sios yra kapoklės su kapojančiu sraigtu.
Kapoklė trijuose taškuose tvirtinama prie
traktoriaus pakabos, kapoklę varo galios
nuėmimo velenas (žr. 3.49 pav.). Atkirsto
raštgalo ilgis gali siekti 0,7 m; šaltinių



3.50 pav. Raštų kapoklė Hakki Pilke Eagle
su kapojimo sraigtu ir diskiniu pjū-
klu [38]



3.49 pav. Medienos kapoklė sujungta su
žievės šalinimo įrenginiu [37]

duomenimis vidutinis kapoklės našumas
2 m³ per valandą. Kaip pavara taip pat gali
būti naudojamas elektros variklis.

Gana dažnai kapoklė būna sujungta
su diskiniu arba grandininu pjūklu (žr.
3.50 pav.). Tokiu būdu malkas galima
ruošti tiesiog miške.

Kapoklės su hidrauline pavara yra to pa-
ties našumo, bet jas patogiau naudoti (žr.
3.51 pav.). Tačiau šios kapoklės yra branges-
nės negu kapoklės su kapojančiu sraigtu.

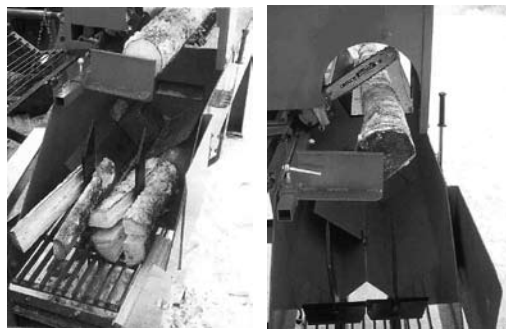
Taip pat naudojamos mašinos, tuo pačiu
metu pjaustančios, skaldančios ir kraunan-
čios malkinę medieną į traktoriaus prieka-
bą (žr. 3.52 pav.). Agregatas montuojamas
ant traktoriaus pakabos, jį varo traktoriaus
galios nuėmimo velenas. Transmisija turi
būti su apsaugine sankaba. Dėl didelio na-
šumo ir didelės kainos nėra tikslinga pirkti
tokią mašiną vieno ūkio poreikiams. Tačiau
jeigu tokia mašina bus naudojama komer-
cinės malkinės medienos ruošai, ji atsipirks
labai greitai.



3.51 pav. Kapoklės su hidrauline pavara [39]

3.3.4. Surenkančios kirtimo galvutės

Retinant jaunuolyną, susidaro dideli kiekiai medienos. Jos neįmanoma panaudoti kaip žaliavos medienos perdirbimo pramonėje, bet galima suvartoti kaip kurą. Nupjautos smulkiosios medienos surinkimui į pluoštus buvo sukurtos surenkančios kirtimo galvutės (žr. 3.53 pav.). Šis įrenginys gali automatiškai pjauti ir sudėti į pluoštą iki 10 kamienų, o tai labai padidina retinimo efektyvumą. Tokios pjovimo galvutės darbinis įrankis yra giljotina, o ne grandininis pjūklas.



3.52 pav. Kombinuota kapoklė Japa 2000 [40]

Hidraulinis grandininis pjūklas ir hidraulinė kapoklė; didžiausias rąsto skersmuo 300 mm; didžiausias rąsto ilgis 600 mm; galia 7,5 kW, našumas 7–14 m³/h



3.53 pav. Surenkanči kirtimo galvutė Timberjack 720 ir Timberjack 730 [35]

3.4. Saugojimo sąlygų poveikis medienos kuro kokybei

Medienos kuro kokybė labai priklauso nuo saugojimo sąlygų. 3.3 ir 3.4 lentelėse pateikiami Švedijos duomenys [26] apie kirtimo atliekas ir skiedras.

Šie duomenys rodo, kad ilgalaikiam medienos kuro (ir kirtimo atliekų, ir skiedrų) saugojimui reikėtų rinktis saugojimą didelėse krūvose.

3.5. Perdirbto kuro gamyba

3.5.1. Bendrosios žinios

Medienos struktūra yra laštelinė, todėl neperdirbtos medienos energijos kiekis tūrio vienetui nėra didelis. Siekiant gauti didesnio šilumingumo homogeniškesnį medienos kurą, naudojamas presavimas. Perdirbimo metu, esant aukštam slėgiui ir temperatūrai, medienoje esančios ertmės suspaudžiamos. Perdirbto medienos kuro

3.3 lentelė. Kirtimo atliekų kokybės pokyčiai, priklausomai nuo saugojimo būdo [26]

Saugojimo būdas	Biomasės netekimas, %	Šilumingumo pokytis, %
Mažose krūvose kirtavietėje iki rugpjūčio mėn.	-10	0
Mažose krūvose kirtavietėje iki spalio mėn.	-25	-23
Didelėse 4 m aukščio neuždengtose krūvose nuo gegužės iki rugsėjo mėn.	-1	+4
Didelėse 4 m aukščio uždengtose krūvose	-2	+4... +10

3.4 lentelė. Skiedrų kokybės pokyčiai, priklausomai nuo saugojimo būdo [26]

Saugojimo būdas	Biomasės netekimas, %	Šilumingumo pokytis, %
Mažose (< 60 m ³) uždengtose krūvose nuo gegužės iki lapkričio mėn.	-18	-7
Mažose (< 60 m ³) neuždengtose krūvose nuo gegužės iki lapkričio mėn.	-20	-18
Mažose (< 60 m ³) uždengtose krūvose nuo gegužės iki sausio mėn.	-23	-23
Didelėse (> 6000 m ³) uždengtose ir suspaustose krūvose nuo birželio iki sausio mėn.	-10	-5
Didelėse (> 6000 m ³) neuždengtose ir suspaustose krūvose nuo birželio iki sausio mėn.	-12	-12
Didelėse (> 6000 m ³) uždengtose ir nesuspaustose krūvose nuo birželio iki sausio mėn.	-7	-1
Didelėse (> 6000 m ³) neuždengtose ir nesuspaustose krūvose nuo birželio iki sausio mėn.	-8	-4

tankis gali pasiekti 1300 kg/m^3 ; šis dydis yra nedaug mažesnis už medžiagos, sudarančios medienos pluošto ląstelių sienelės, tankį ([41] šaltinio duomenimis, vidutiniškai lygų 1500 kg/m^3). Presavimo procedūrą sudaro tokie procesai:

- presas perduoda slėgį žaliavai;
- dėl trinties tarp presuojamos medžiagos dalelių bei tarp preso ir presuojamos medžiagos pakyla temperatūra;
- dėl aukštos temperatūros ir slėgio poveikio medienos ląstelinė struktūra suyra;
- medienoje esantis ligninas dėl šilumos suminkštėja ir suriša supresuotos medienos daleles.

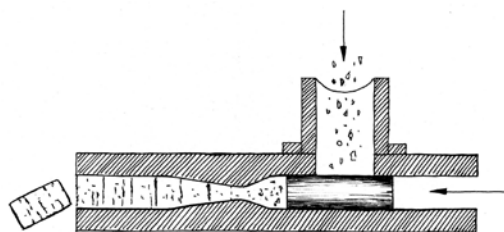
Kadangi presavimo metu nevyksta jokie cheminiai procesai, šilumingumas masės vienetui nepadidėja, tačiau padidėja tūrio vienetui. Kalbant apie presuotos medienos kuro naudą, lyginant su įprastine malkine mediena, galima pažymėti, kad:

- dėl mažo drėgnumo ir didelio šilumingumo presuoto kuro gabenimas ir saugojimas yra pigesnis;
- sausas kuras nepradės irti veikiant grybams ir mikroorganizmams, todėl jį galima saugoti ilgesnį laiką;
- presuoto kuro tolygaus drėgnumo ir standartinio dydžio dėka galima tiksliau reguliuoti degimo režimą pakuroje ir taip gauti didesnę našumą.

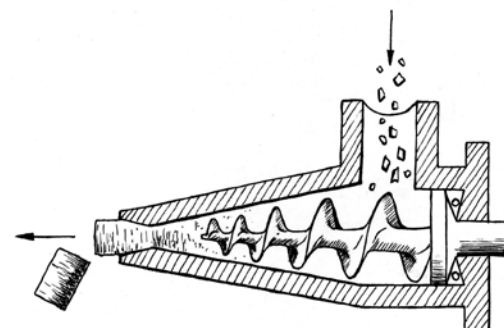
Presuoto medienos kuro trūkumas yra didelė kaina, lyginant su nepresuotu kuru. Presuotas medienos kuras gaminamas briketų (būdingas dydis 30–100 mm) ir granulių (6–12 mm) pavidalu. Briketai tinka deginimui krosnyse ir židiniuose, o granulės labiau tinka automatiniams deginimo įrenginiams.

3.5.2. Briketai

Medžio briketų gamybai naudojami stūmokliniai ir sraigtiniai presai (žr. 3.54 ir 3.55 pav. [42]), kaip žaliavą naudojantys pjuvenas ir drožles. Prieš presavimą žalia-



3.54 pav. Stūmoklinis presas



3.55 pav. Sraigtinis presas

va papildomai smulkinama ir džiovinama (drėgnumas turi neviršyti 12–14 %).

Stūmoklinis presas dirba ciklais – kiekvienos stūmoklio eigos metu pro kūgišką tūtą išspaudžiamas tam tikras kiekis žaliavos, pagamintuose briketuose šie eigos atitinkantys sluoksniai yra gerai matomi. Preso varymui visada naudojamas smagratis, suvienodinantis variklio apkrovą. Stūmoklio eksploatacijos laikas ilgas, kadangi tarp presuojamos medžiagos ir stūmoklio susidaro tik nedidelė trintis, tačiau tūta nusidėvi greitai. Stūmokliniai presai yra santykinai nebrangūs, todėl plačiai naudojami.

Sraigtinio preso svoris yra mažesnis, lyginant su stūmokliniu presu, kadangi jame nėra sunkių stūmoklių ir smagračių. Gamyba vyksta nepertraukiamai, galutinį produktą galima supjaustyti į reikiamo dydžio gabalus. Briketų, pagamintų sraigtinio presu, tankis yra didesnis negu pagamintų stūmoklinio presu. Sraigtinis presas neskleidžia daug triukšmo, kadangi nėra

smūginių apkrovų. Kaip šių presų trūkumus galima paminėti dideles energijos sąnaudas ir greitą sraigto nusidėvėjimą. Siekiant sumažinti energijos sąnaudas presavimui, tūtą galima pašildyti – tokiu atveju išorinis briketų paviršius bus apanglėjęs, ir tokie briketai lengviau užsidegs. Apanglėjęs išorinis paviršius taip pat mažina drėgmės sugėrimą.

3.5.3. Granulės

Granulių gamybai plačiausiai naudojami granulatoriai su cilindrine matrica (žr. 3.56 pav.), o įrenginiai su plokščiąja matrica naudojami rečiau (žr. 3.57 pav.). Presavimo operacijos metu medienos temperatūra didėja, ligninas minkštėja, ir veikiant slėgiui voleliai išstumia žaliavą per kūgines matricos angas (žr. 3.58 pav.).

Granulių gamyba susideda iš keturių etapų:

1. Žaliavos džiovinimas.

Granulių gamybai skirtos žaliavos drėgnumas priklauso nuo saugojimo sąlygų. Kadangi paprastai žaliava saugoma lauko sąlygomis, prieš granulių gamybą žaliavos drėgnumas turi būti sumažintas iki reikiamo lygio (12–17%). Jeigu žaliava bus



3.57 pav. Granulatorius su plokščiąja matrica

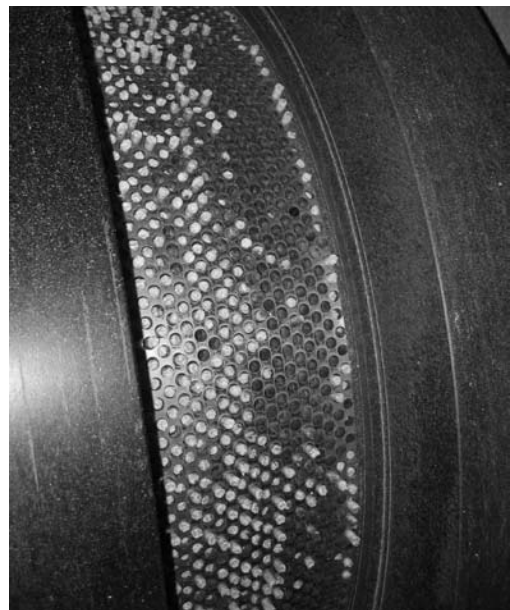
per sausa, granulės gali apanglėti, tačiau jei žaliava bus per drėgna, medienos dalelės gali nesulipti.

2. Žaliavos smulkinimas.

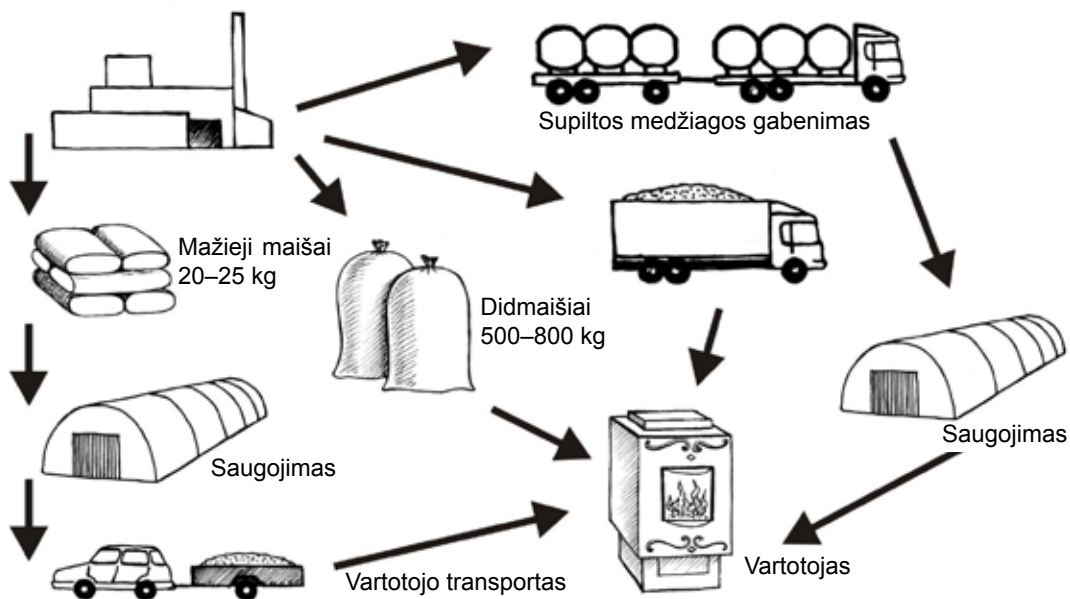
Žaliavos granulių gamybai (pjuvenų ir drožlių) dalelių dydis gali labai svyruoti. Todėl žaliavą prieš presavimą



3.56 pav. Granulatorius su cilindrine matrica



3.58 pav. Cilindrinė granulatoriaus matrica. P. Muiste nuotrauka



3.59 pav. Granulių tiekimo schema.

reikia homogenizuoti; paprastai tam naudojamas plaktukinis malūnas.

3. Granulių presavimas.

Granulės presuojamos presais su matricomis.

4. Aušinimas.

Iš presu išeinančios granulės yra karštos, todėl siekiant išvengti savaiminio užsiliepsnojimo granulės reikia ataušinti laikinajame bunkeryje.

Teigiamos granulių savybės – birumo – dėka galima išplėtoti lanksčią paskirstymo sistemą (žr. 3.59 pav.) ir smulkiems, ir stambiems vartotojams. Kadangi granulės tinka automatinėms kuro tiekimo į degiklius sistemoms, todėl skystąjį kurą galima lengvai pakeisti granulėmis. Taigi granulės laikomos konkurencinga alternatyva net ir skystajam krosnių kurui.

3.6. Šiaudų, kaip kuro, ruošimas

Šiaudai yra grūdinių kultūrų auginimo atliekos, kurias galima panaudoti kaip katilinių kurą.

Nupjovus kombainais javus, šiaudai lieka laukuose. Juos reikia kaip įmanoma greičiau surinkti. Buvo pabandyta katilinėse naudoti šiaudų pjaustinį. Pjaustinio ruošai gali būti naudojama buksyruojama arba savaeigė kapojinė bei pjaustinio krautuvas (žr. 3.60 pav.). Kadangi šiaudų pjaustinio piltinis tankis labai mažas, tokia surinkimo technologija taikytina tik tuo atveju, kai gabenimo atstumas nedidelis.

Dabartinėje javų auginimo praktikoje šiaudai daugiausia presuojami į įvairaus dydžio ryšulius, kurių tankis svyruoja nuo 110 (90) iki 165¹ kg/m³, priklausomai nuo presavimo technologijos, ryšulio dydžio ir svorio [44]. Žemės ūkyje šiaudų ryšulių surinkimui iš laukų naudojami įvairūs žemės ūkio traktoriai su priekabomis bei kita tinkama įranga [44].

Šiaudų atsargos turi būti paruoštos per trumpą javų pjovimo laiką (paprastai rugpjūčio mėn.). Tuo atveju, kai šiaudai naudojami kaip pagrindinis kuras per visą

¹ Kaip nurodo [44] šaltinis, ryšulių tankis vis didėja ir šiuo metu vidutinis ryšulių tankis Danijoje siekia 139 kg/m³.



3.60 pav. Dirbanti savaeigė kapijtinė [44]



3.62 pav. Šiaudų ryšulių krovimas traktoriuje sumontuotu krautuvu [44]



3.61 pav. Surinkti ir supresuoti į stambius apie 500 kg svorio ryšulius šiaudai [44]



3.63 pav. Šiaudų ryšulių tvirtinimas transportavimo diržais krovinio stabilumo užtikrinimui [44]

šildymo sezoną, jų saugojimui reikalingi dideli sandėliai. Siekiant išsaugoti aukštą šiaudų kokybę (t. y. išvengti perkaitimo ir puvimo), šiaudus būtina surinkti ir saugoti, jų drėgnumui esant ne didesniai kaip 25% (žr. 2.3 skyrių). Jeigu saugojimui ruošiamų šiaudų drėgnumas didesnis, juos būtina padžiovinti.

Paprastai džiovimui pakanka šiaudus prapūsti šaltu oru. Kad tą būtų galima atlikti, saugyklos grindyse turi būti įrengti oro kanalai, kuriais ventiliatorius pučia orą. Tas pats technologinis metodas buvo taikomas ir pašarams naudojamo šieno džiovimui

bei saugojimui, siekiant užtikrinti reikiamą drėgnumo lygį. Tokias daržines būtų galima naudoti ir šiaudams, bet, pvz., Estijoje pastaruosius 15 metų jos buvo nenaudojamos ir dauguma jų arba sugriuvo, arba buvo nugriautos.

3.7. Durpių kuro gamyba

Prieš pradėdant durpių išgavimą, reikia paruošti durpyną arba durpių liūną. Pirmajame etape pašalinama augmenija, paviršius išlyginamas ir bandoma išrauti kelmus (žr. 3.64 pav.). Jeigu kelmai per daug gilūs ir lieka liūno dirvoje, jie gali trukdyti eksploatuoti durpių išgavimo mechanizmus.

Gamtinėmis sąlygomis durpių sluoksnis būna prisigėręs vandens, durpių drėgnumas viršija 90%. Prieš pradėdant durpių



3.64 pav. Augmenijos šalinimas ir durpyno paviršiaus lyginimas Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu RT-6.0H



3.65 pav. Drenažo griovių išspaudimas durpyno dirvožemyje Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu OJ-1.3K

išgavimą paviršinio vandens lygmenį reikia sumažinti. Tam tikslui durpyne įrengiamas drenažo griovių tinklas. Minkšto durpinio dirvožemio dėka griovius galima padaryti tiesiog spaudžiant (žr. 3.65 pav.). Paviršiniame vandenyje ir lietaus vandenyje, išleistame drenažiniais grioviais, yra organinių priemaišų, kietųjų dalelių, taip pat geležies, fosforo ir azoto junginių, todėl prieš išleidžiant vandenį į gamtinį vandens telkinį, vandens kokybę būtina kontroliuoti ir esant reikalui – vandenį filtruoti ir valyti [45], [46].

Durpių gavyba yra nustatyta tam tikrų aplinkosauginių reikalavimų ir apribojimų, kurie įvairiose šalyse gali ženkliai skirtis.

Baltijos jūros šalyse durpės išgaunamos iš durpyno paviršiaus, pirmiausia išpjaunami mažai suirusių durpių sluoksniai, o po to pasiekiami gerai suirusių durpių sluoksniai, iš kurių daugiausia ir išgaunamas durpių kuras.

Durpes galima išgauti per visą durpių sluoksnį tuo pačiu metu. Šis durpių išgavimo būdas yra įdiegtas Airijoje, tačiau bandymai jį panaudoti Estijoje buvo nesėkmingi; mūsų žiniomis ir kitose Baltijos šalyse ši technologija nėra išbandyta.

Durpių gavyba yra sezoninė veikla. Pavasarį darbus galima pradėti iškart, kai tik nutirpsta sniegas ir atitirpsta dirvožemis. Ankstyvą pavasarį santykinis oro drėgnis

yra mažas, todėl susidaro ypač palankios durpių džiovavimo atvirame ore sąlygos. Antroje vasaros pusėje santykinis oro drėgnumas padidėja, ir nuo rugpjūčio mėn. daugiau durpių džiovimui nebeišgaunama.

Klimato sąlygos turi didelę įtaką durpių gavybai. Lietingą vasarą durpių gavybos apimtys gali būti kelis kartus mažesnės nei sausą vasarą.

3.7.1. Trupininės durpės

Trupininės durpės sudaro reikšmingą išgaunamų durpių (įskaitant ir durpių kuro) dalį. Durpyno paviršinis sluoksnis yra susmulkinamas ir durpės paliekamos išdžiūti. Džiūvimo proceso paspartinimui durpių sluoksnis yra akėjamas, o kai durpės išdžiūsta iki tam tikro drėgnumo laipsnio, jos surenkamos ir sandėliuojamos durpyno pakraštyje arba netoliese esančioje durpių briketų gamykloje. Sandėliavimui turi būti parinkta tokia vieta, prie kurios visą žiemą galėtų privažiuoti durpes gabenantys sunkvežimiai. Paprastai katilinėse nebūna saugomi dideli durpių kiekiai.

Kad sandėliuojamos durpės nesudrėktų, paviršinis krūvų sluoksnis arba supresuojamas, arba uždengiamas plasto plėvele. Statyti stoginę arba uždarą sandėlį durpėms yra per brangu, o tiesioginio poreikio tokioms išlaidoms nėra.

Trupininės durpės kaip kuras daugiausia naudojamos dideliuose deginimo įrenginiuose. Be to, didžioji trupinių durpių dalis sunaudojama durpių briketų gamybai. Iš trupinių durpių galima gaminti ir durpių granules.

3.7.2. Gabalinės durpės

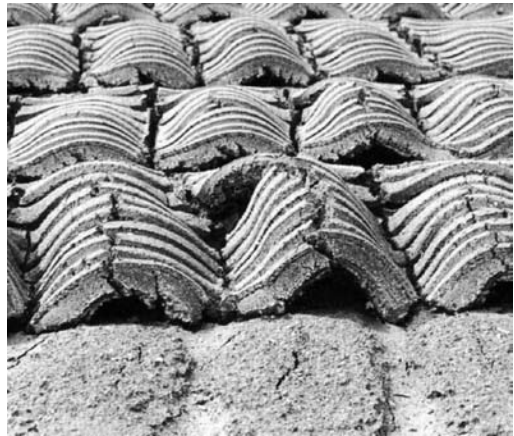
Iki praeito amžiaus 7-ojo dešimtmečio rytiniuose Baltijos jūros regiono rajonuose (tarp jų ir Estijoje) durpių išgavimui buvo naudojama didelės durpių frezos su džiovyklomis, bet dabar labiausiai paplitusi technologija, kai durpių masė diskine freza nupjaunama nuo durpyno paviršiaus, supresuojama į cilindrinis gabalus ir paliekama eilėse durpyno paviršiuje išdžiūti (žr. 3.66 pav.). 0,5 m gylio ir 10 cm pločio pėdsakas, frezos paliktas durpyno paviršiuje, iškart užgriūna ir paviršiuje nelieka jokios matomos vagos.

Džiūvimo proceso pagreitinimui gabalinių durpių sluoksnis maišomas, o durpės sugrėbiamos į pylimus, kad jas būtų lengviau surinkti.

Gabalinių durpių džiūvimo sparta šiek tiek mažiau priklauso nuo orų sąlygų nei trupinių durpių, kadangi gabalinių durpių sąlytis su durpyno paviršiumi yra mažesnis. Suomijoje yra rastas technologinis sprendimas gabalines durpes išgauti bangų pavidalo eilėmis, todėl dur-



3.66 pav. Durpių masės frezavimas iš durpyno ir gabalinių durpių išgavimas Suomijos bendrovės SUOKONE OY pagamintu agregatu PK-1S



3.67.pav. Bangų pavidalo gabalinės durpės, kurios mažiau kontaktuoja su durpyno paviršiumi ir greičiau džiūsta

pės džiūsta greičiau (žr. 3.67 pav.). Per vieną vasarą vidutiniškai galima išgauti 2–3 gabalinių durpių „derlius“ (įskaitant džiovinimą).

Ir trupininės, ir gabalines durpės sandėliuojamos durpyno pakraštyje, kur gali privažiuoti galingi sunkvežimiai jas išvežti.

Gabalinių durpių kokybė labai priklauso nuo durpių gabalų susmulkinimo laipsnio ir smulkiosios frakcijos (žr. 2.5.3 skyrelį). Nors dedama daug pastangų siekiant išvengti gabalinių durpių smulkinimo, tačiau norint gauti aukštos kokybės gabalines durpes, smulkioji frakcija turi būti atskirta ir palikta durpyno paviršiuje.

3.7.3. Perdirbtas durpių kuras

Kalbant apie perdirbtą durpių kurą, plačiausiai paplitę yra briketai, gaminami iš trupinių durpių. Paprastai durpių briketų gamykla būna netoli nuo durpyno. Kad briketų gamyba sklandžiai vyktų visus metus, per vasarą reikia išgauti tiek trupinių durpių, kad būtų užtikrintas visų metų žaliavos poreikis. Siekiant išvengti briketų gamybos

pertrūkių dėl žaliavos trūkumo, palankiomis vasaromis trupininių durpių išgaunama bei sukaupiama ir kitiems metams, kurie gali būti lietingi ir nepalankūs durpių gavybai.

Iš trupininių durpių gali būti gaminamos ir granulės. Granulatoriai yra panašūs į naudojamus medžio granuliu gavybai (žr. 3.5.3 skyrelį, 3.56 pav. ir 3.58 pav.).

Yra įdiegtos dvi skirtingos durpių granuliu gavybos technologijos: granuliu gavyba durpyne arba gamykloje. Kai gavyba vykdoma durpyne, granuliu gavybai naudojamos trupininės durpės turi būti kiek įmanoma sausesnės, kadangi tolesnis džiūvimas priklauso tik nuo energijos, išsi-

skiriančios presavimo metu. Kai granulės gaminamos gamykloje, gavybos procese jos papildomai džiovinamos, todėl šiuo atveju granuliu drėgnumas būna mažesnis nei tada, kai granulės gaminamos vietoje (durpyne).

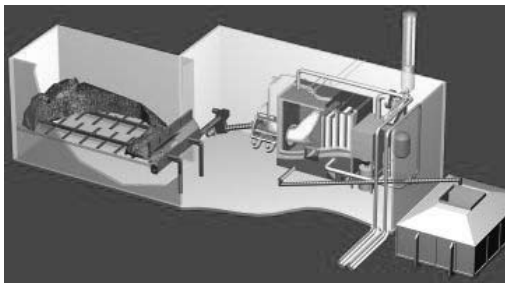
Iki šiol durpių granulės nepelnė tokio populiarumo kaip medžio granulės. Net Suomijoje, kuri yra svarbiausia durpių gamintoja ir technologijų kūrėja Baltijos jūros šalyse, durpių granulės gaminamos tik epizodiškai. Tačiau atsižvelgiant į spartų medžio granuliu vartojimo augimą, galima numatyti, kad ir durpių granuliu poreikis išaugs.

4. BOKURO IR DURPIŲ DEGINIMO TECHNOLOGIJOS

Katilinė, kurioje deginamas biokuras ir durpės, sudaryta iš tokių įrenginių (žr. 4.1 pav.):

- kuro sandėlio, kurį gali sudaryti kelias patalpų, pvz., priėmimo aikštelė, pagrindinis sandėlis, automatizuotas sandėlis arba automatizuotas pagrindinio sandėlio skyrius ir t. t.;
- kuro tvarkymo įrangos kuro padavimui iš pagrindinio sandėlio į automatizuotą sandėlį ir toliau – į kūryklą;
- katilo ir kūryklos;
- degimo produktų valymo įrangos (multiciklono, rankovinio filtro ir t. t.) ir dūmtraukio;
- pelenų tvarkymo įrangos;
- degimo oro ventiliatorių, degimo produktų traukos ventiliatoriaus, saugos ir kontrolės prietaisų.

Kuo prastesnės kokybės ir kuo įvairesnis kuras naudojamas, tuo sudėtingesnė yra ir deginimo įrangos, ir visos katilinės technologinė schema bei technologinis sprendimas. Siekiant optimizuoti gamamos šilumos kaštus ir jos kainą, smulkiose katilinėse yra tikslinga naudoti aukštesnės kokybės vienodesnį kurą, pvz., granules. Drėgnų skiedrų, žievės ir atliekų deginimui reikalingi sudėtingesni technologiniai



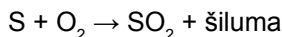
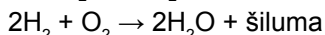
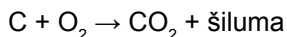
4.1 pav. Biokuro kūrenamos katilinės įrangos schema, Thermia OY, Suomija

sprendimai ir ekonominio atsiperkamumo požiūriu paprastai tą tikslinga daryti stambiose katilinėse.

Pagrindinė technologinė katilinės dalis yra katilas su kūrykla. Degimo procesai ir kūryklos konstrukcija ženkliai priklauso nuo kuro savybių (šilumingumo, lakiųjų medžiagų kiekio, drėgnumo ir kt.). Norint parinkti tinkamiausią įrangą biokuro ir durpių deginimui, reikia suprasti sudėtingas šių kuro rūšių degimo ypatybes.

4.1. Biokuro ir durpių deginimas

Kure yra trys cheminiai elementai, kurių degimo metu išsiskiria šiluma: anglis (C), vandenilis (H) ir siera (S). Šie elementai visiškai sudega vykstant tokioms kompleksinėms cheminėms reakcijoms:



Deginimui naudojamas atmosferos oro deguonis, degimo produktai yra anglies dvideginis (CO_2), vandens garai (H_2O) ir sieros dvideginis (SO_2). Nors sieros degimo metu taip pat išsiskiria šiluma, tačiau dėl neigiamo poveikio aplinkai ir pavojaus sukelti koroziją siera laikoma ypač nepageidaujamu kuro komponentu.

4.1.1. Kuro degimo zonos ir etapai

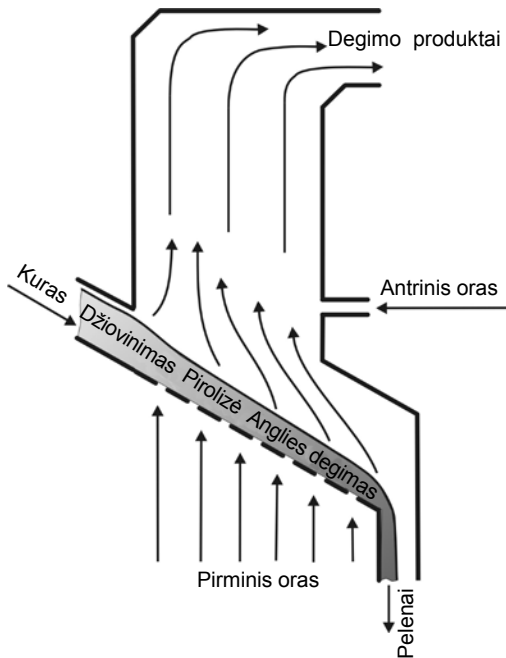
Daugelio rūšių kietojo kuro degimo ypatybes galima tyrinėti remiantis degimo ant ardyno pavyzdžiu, kur kai kurie procesai vyksta kuro sluoksnyje, o kiti – degimo kameroje.

Ant ardyno vyksta tokie procesai (žr. 4.2 pav.):

- kai kuras patenka ant ardyno, kuro sluoksnio temperatūra pradeda kilti ir prasideda džiovinimo procesas;
- kai kuro temperatūra pakyla iki 100–105°C, išsiskiria lakiosios medžiagos (pirmiausia angliavandeniliai).

Dėl šio proceso kuro dalelės tampa akytos;

- priklausomai nuo kuro rūšies, jis užsidega, esant temperatūrai 220–300°C [47]: spygliuočių mediena, esant temperatūrai 220°C, kietmedis – iki 300°C, o sausos durpės – 225–280°C;
- anglies degimas baigiasi esant temperatūrai 800–900°C ir pelenai nukrita nuo ardyno.



4.2 pav. Drėgno kuro degimo zonos ant paviršiaus ardyno

Ant ardyno vykstančius procesus būtų galima suskirstyti į endoterminius, kurių metu šiluma sugerama (džiovinimas ir pirolizė) ir egzoterminius, kurių metu šiluma išsiskiria (degimas). Kadangi tarp kuro dalelių, esančių degimo ir džiovinimo zonoje, tiesioginio sąlyčio nėra, džiovinimo zonoje ir viršutinėje pirolizės zonos dalyje kuro sluoksnis daugiausia kaista dėl spinduliavimo nuo liepsnos ir karštų kūryklos paviršių.

Kuo drėgnesnis kuras, tuo daugiau šilumos reikia išdžiovinimui ir įkaitinimui iki užsilepsnojimo. Todėl kai deginamas drėgnas kuras, kūrykloje neturi būti šilumą sugeriančių paviršių (t. y. santykinai šaltų paviršių) arba jų poveikis turi būti nereikšmingas. Pastovi aukšta keraminių kūryklos sienelių temperatūra yra būtina tam, kad džiovinimo zona išliktų viršutinėje ardyno dalyje ir kad būtų užtikrintos geros sąlygos kuro užsilepsnojimui.

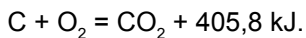
Deginant sausą kurą, kūryklos sienelių aušinimas gali būti reikalingas. Sausam kurui nereikia tiek daug šilumos džiovinimui, taigi dėl spinduliavimo nuo labai karštų paviršių ir liepsnos kuro sluoksnio temperatūra gali pakilti aukščiau pelenų minkštėjimo taško, dėl ko pelenai pasidarys lipnūs arba ims lydėtis. Dėl pelenų lydymosi vyksta ardyno šlakavimasis ir pro ardyną nebepraėina pirminis oras. Be to, keraminių paviršių temperatūra kūrykloje gali pakilti iki pavojingo lygio ir keramika gali pradėti lydėtis. Todėl kiekvienos kūryklos konstrukcijoje yra numatyta, kokio drėgnumo kuras joje bus deginamas.

Deginant biokurą ir durpes, dėl didelio lakiųjų medžiagų kiekio didžioji dalis šilumos išsiskiria degimo kameroje, o ne kuro sluoksnyje. Lakiųjų medžiagų (pirolizės produktų) degimas kūryklos tūryje prasideda, temperatūrai esant 500–600°C. Lakiosios medžiagos užsidega esant tam tikrai temperatūrai, be to, būtinas šviežias daug deguonies turintis oras. Oras, tiekiamas pro ardyno apačią, vadinamas pirminiu oru, o papildomas oras, reikalingas lakiųjų medžiagų degimui, vadinamas antriniu. Deginant kurą, kuriame yra didelis lakiųjų medžiagų kiekis (biokurą ir durpes), antrinio oro poreikis viršija pirminio oro poreikį.

4.1.2. Apie temperatūros reguliavimo kuro sluoksnyje galimybes

Lakiosios medžiagos ir sąveika tarp procesų, vykstančių kuro sluoksnyje ant ardyno ir degimo kameroje, tiesiogiai nulemia kūryklos temperatūros režimą.

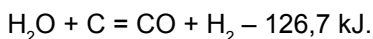
Pagrindinė egzoterminė reakcija ant ardyno yra anglies degimas:



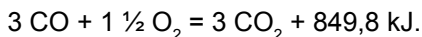
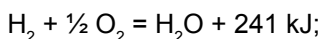
Šios reakcijos metu susidaręs karštas anglies dvideginis zonoje, kurioje yra sumažėjęs deguonies kiekis, gali reaguoti su įkaitusiomis anglies dalelėmis. Kadangi reakcija yra endoterminė, kuro sluoksnis aušta:



Antroji kuro sluoksnio aušimo reakcija gali vykti tarp vandens garų (esančių degimo ore) ir įkaitusių anglies dalelių:



Dviejų pastarųjų reakcijų metu susidaręs anglies viendeginis ir dujinis vandenilis (H_2) padidina šilumos išsiskyrimą kūryklos tūryje, kadangi, be lakiųjų medžiagų (angliavandenilių) degimo, čia dar dega ir anglies viendeginis bei vandenilis:



Išvada yra tokia, kad šiluma, sunaudota anglies viendeginio ir vandenilio susidarymui kuro sluoksnyje ant ardyno, išsiskiria degimo kameroje.

Endoterminių reakcijų, aušinančių kuro sluoksnį, dalį galima padidinti nukreipiant degimo produktus pro kuro sluoksnį. Šis metodas vadinamas degimo produktų recirkuliacijos metodu, jį galima taikyti, kai kūryklose, skirtose drėgno kuro deginimui, turi būti deginamas sausesnis kuras (arba didesnio šilumingumo kuras, turintis mažiau lakiųjų medžiagų).

Pagrindinis ardyno ir kuro sluoksnio, degančio ant ardyno, temperatūros kontrolės tikslas yra išvengti pelenų lydymosi ir ardyno šlakavimosi (taip pat žr. 4.1.1 skyrelį). Kai kūrykla naudojama skirtingų kuro rūšių, pvz., gabalinių durpių ir skiedrų deginimui pakaitomis, degimo produktų recirkuliacijos taikymas yra labai tinkama priemonė, kurios dėka durpių deginimo metu galima sumažinti ardyno temperatūrą ir išvengti pelenų lydymosi.

4.1.3. Šilumos nuostoliai ir deginimo efektyvumas

Katilo efektyvumas apibrėžiamas kaip gaunamosios ir tiekiamosios šiluminės galios santykis. Tiekiamąją šiluminę galią galima apskaičiuoti pagal kuro suvartojimo ir šilumingumo duomenis. Deginimo proceso tikslas yra kiek įmanoma pilniau panaudoti tiekiamąją šiluminę kuro galią. Degimo šilumos nuostolių skaičiavimas paremtas degimo produktų (išmetamųjų dujų) analize. Toliau šilumos nuostolių skaičiavimui aprašoma metodika, pagrįsta sausų degimo produktų analize. Ši metodika puikiai dera su šiuolaikiškais matavimo technologijomis ir leidžia išskirti vandens garų, išsiskiriančių iš drėgno kuro ir susidarančio degant kuro vandeniliui, vaidmenį nuostolių susidaryme [48].

Šilumos nuostoliai degimo metu yra tokie:

- šilumos nuostoliai su fizine sausų degimo produktų šiluma;
- šilumos nuostoliai dėl anglies viendeginio (CO), angliavandenilių ($C_m H_n$) ir kitų degiųjų dujinių komponentų sausose degimo produktuose. Šilumos nuostoliai susidaro dėl chemiškai nepilno kuro sudegimo;
- šilumos nuostoliai su dugno ir laikaisiais pelenais, sudaryti iš dviejų dalių – fizinės pelenų šilumos ir šilumos, prarastos dėl nesudegusios anglies pelenuose;
- šilumos nuostoliai dėl savitosios garų šilumos išmetamosiose dujose. Garų kiekis išmetamosiose dujose priklauso nuo kuro drėgnumo ir vandenilio kiekio.

Paprastai vandens garai degimo produktuose būna perkaitintos būklės, todėl ši nuostolių dalis – tai vandens garų energijos kiekis (tiksliau, garavimo ir perkaitimo šiluma); į šiuos nuostolius atsižvelgiama, kai deginimo efektyvumo skaičiavimo pagrindu imamas viršutinis (bruto) šilumingumas.

Deginimo efektyvumo apskaičiavimui dažniausiai naudojamas vadinamasis atvirkštinio šiluminio balanso metodas:

efektyvumas = 100 – bendrieji nuostoliai,
čia bendrieji nuostoliai ir efektyvumas išreiškiami procentais.

Šilumos nuostolių degimo metu negalima tapatinti su katilo ar katilinės nuostoliais, kadangi pastarieji apima ir daugiau papildomų nuostolių komponentų, pvz., nuostolius dėl išspinduliavimo ir konvekcijos nuo katilo išorinio paviršiaus, nuostolius dėl prapūtimo garo katilo atveju, nuostolius dėl oro pratekėjimo pro katilą, esantį rezerve, ir t. t.

4.1.4. Deginimo efektyvumo charakteristikos

Praktikoje šilumos nuostoliai degimo metu nustatomi analizuojant degimo produktus. Rezultatai, tarp jų ir šilumos nuostolių procentinė dalis, parodomi šiuolaikiškų matavimo prietaisų ekrane.

Analizuojant degimo produktus, matuojama degimo produktų temperatūra, CO₂, O₂ ir CO kiekis. Pasitelkus matavimo rezultatus ir duomenis apie kuro savybes, galima lengvai apskaičiuoti ir atvaizduoti pagrindinius šilumos nuostolius degimo metu. Paprastai praktikoje galima neatsižvelgti į kitus mažesnius šilumos nuostolius.

Ženkliausiais šilumos nuostoliais paprastai būna nuostoliai, susiję su fizine degimo produktų šiluma, kurie priklauso nuo temperatūros ir oro pertekliaus koeficiento λ. Pastarasis apibrėžiamas kaip santykis tarp tikrojo oro kiekio, sunaudoto deginimui, ir teoriškai reikalingo oro kiekio, kad kuras pilnai sudegtų. Perteklinio oro koeficientas λ naudojamas kaip viena svarbiausių charakteristikų, apibūdinančių degimo procesą.

Remiantis degimo produktų analize, oro pertekliaus koeficientą galima išreikšti šiuo supaprastintu santykiu

$$\lambda = \text{CO}_{2,\text{maks}} / \text{CO}_{2,\text{išmatuotasis}}$$

čia CO_{2,maks} – didžiausias galimas anglies dvideginio kiekis deginant tam tikrą kurą,

kurio reikšmė priklauso nuo kuro rūšies. Kai kurių kuro rūšių CO_{2,maks} reikšmės pateiktos 4.1 lent.

4.1 lentelė. Kai kurių kuro rūšių CO_{2,maks} reikšmės

Kuras	CO _{2,maks} , %
Akmens anglis	18,8
Skystasis kuras	15,9
Mediena	20,2
Durpės	19,6
Gamtinės dujos	12,1

Kai kurie dujų analizatoriai tiesiogiai nematuoja anglies dvideginio kiekio, bet jį apskaičiuoja pagal deguonies kiekį:

$$\text{CO}_{2,\text{išmatuotasis}} = \text{CO}_{2,\text{maks}} \cdot (1 - \text{O}_2 / 20,94)$$

Optimali oro pertekliaus koeficiento reikšmė labai priklauso ir nuo deginimo technologijos, ir nuo kuro rūšies, bet kad kuras pilnai sudegtų, jo reikšmė turi būti didesnė negu 1. Deginant medienos kurą ir durpes, gana sudėtinga vienodai paskirstyti degimo orą virš visos degimo zonos, todėl, norint užtikrinti pilną sudegimą, oro pertekliaus koeficiento reikšmė turi būti didesnė kaip 1,4. Deginant skystąjį arba dujinį kurą, optimalus oro pertekliaus koeficientas svyruoja 1,02–1,1 ribose.

Šilumos nuostolius dėl chemiškai nepilno sudegimo galima nustatyti labai tiksliai pagal CO kiekį degimo produktuose. Didelis CO kiekis (didesnis negu 0,5%) nurodo, kad degimo produktuose gali būti nesudegusios anglies dalelių, kurios lengvai nustatomos pagal tamsią dūmų spalvą.

Taigi, siekiant sumažinti šilumos nuostolius dėl chemiškai nepilno sudegimo, yra labai svarbu išmetamosiose dujose išlaikyti kaip įmanoma mažesnę CO kiekį. CO emisijos į atmosferą sumažinimas gali būti svarbus ir dėl sveikatos apsaugos bei aplinkosauginių apribojimų (žr. 6.2 skyrių).

4.2. Deginimo technologijos

Atsižvelgiant į didelę biokuro ir durpių savybių įvairovę, šių kuro rūšių deginimui gali būti taikomos įvairios skirtingos technologijos:

- dulkinio kuro deginimas – naudojamas retai, pvz., kai tuo pačiu metu deginamos medienos šlifavimo dulės su skystuoju kuru;
- sluoksninio deginimo ant ardynų technologijos – naudojami įvairių konstrukcijų ardynai, kuriuos galima suskirstyti į dvi grupes – stacionarieji ir judantys ardynai;
- deginimas verdančiame sluoksnyje – naudojamas verdantis arba cirkuliuojantis verdantis sluoksnis;
- kuro gazifikacija ir deginimas dujomis arba mazutu kūrenamame katile.

Kiekvienai deginimo technologijai susiformavo tam tikra katilų galingumų amplitudė, kuriai šios technologijos naudojimas yra techniškai ir ekonomiškai tikslingas. Suomijos sąlygomis katiluose, kurių galingumas iki 5 MW, paprastai naudojama sluoksninio deginimo ant ardynų technologija, o deginimo verdančiame sluoksnyje technologijos daugiausia taikomos stambiems katilams [49] (žr. 4.2 lent.).

Skirtingai nei Suomijoje ar kitose Skandinavijos šalyse, deginimo verdančiame sluoksnyje technologijos medienos kuro ir durpių deginimui neįgijo populiarumo nei Baltijos šalyse, nei Lenkijoje ar Rusijoje, nors ir galima būtų paminėti keletą teigiamų šios technologijos įdiegimo pavyzdžių, ir ateityje situacija gali pasikeisti.

Katilus galima skirstyti ir pagal jų panaudojimo sritį. Kiekvienoje srityje tikslinga naudoti tam tikros galios katilus, tinkamiausius technologinius sprendimus ir reikiamą automatizavimo lygį (žr. 4.3 lent.).

4.2 lentelė. Būdingi katilų galingumai esant skirtingoms deginimo technologijoms Suomijoje [49]

Deginimo technologija	Mažiausia galia, MW	Būdingoji galia, MW
Kūrykla su stacionariu ardynu	0,01	0,05–1
Mechaninė sluoksninė kūrykla	0,8	2–15
Deginimas verdančiame sluoksnyje	1	> 5
Deginimas cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje	7	> 20
Kuro gazifikacija	0,3	2–15

4.3 lentelė. Katilų klasifikacija pagal jų panaudojimo sritį [49]

Panaudojimo sritis	Būdingoji galia
Individualių namų katilai	15–40 kW
Katilai dideliuose pastatuose	40–400 kW
Centralizuoto šildymo katilai	0,4–20 MW
Pramoniniai katilai	1–80 MW
Katilai buitinių atliekų deginimui	10–30 MW

4.2.1. Sluoksninis deginimas ant ardyno

Sluoksninio deginimo ant ardyno technologijos yra plačiausiai paplitusios vidutinės ir mažos galios katilinėse. Istorškai sluoksninės kūryklos su ardynais skirstomos į kūryklas su rankiniu arba mechaniniu (automatiniu) kuro padavimu. Šiuo metu katilų, kuriems kuras paduodamas rankiniu būdu liko labai mažai ir net vienai šeimai skirtuose individualiuose namuose vis plačiau naudojami katilai su automatizuotomis padavimo sistemomis. Pelenų pašalinimą dėl mažo medienos kuro peleningumo galima atlikti ir rankiniu būdu, net ir ganėtinai dideliems katilams.

Šiame žinyne didžiausias dėmesys skiriamas centralizuoto šildymo (CŠ) katilinėms, tačiau trumpai aprašomi ir katilai, skirti nedideliams namams ar vietiniam šildymui.

Egzistuoja daugybė skirtingų rūšių ardynų, kuriuos galima būtų suskirstyti taip:

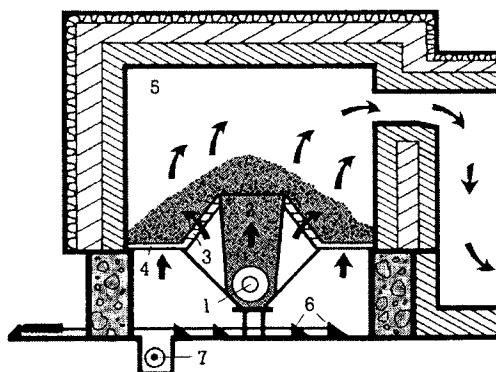
- stacionarieji;
- judamieji pasvirieji;
- grandininiai;
- specialūs ardynai specifinėmis sąlygomis pasižyminčiam kurui, pvz., komunalinėms atliekoms.

Kūryklos su specialiaisiais ardynais bei grandininiais ardynais šiame žinyne nėra išsamiai nagrinėjamos. Atliekų utilizavimui reikalingi sudėtingi technologiniai sprendimai deginimui ir kuro tvarkymui, taip pat išmetamųjų dujų valymui ir aplinkosauginių reikalavimų tenkinimui. Atliekų deginimo projektai turi būti rengiami ir vykdomi bendradarbiaujant su aplinkosaugos specialistais arba jiems prižiūrint.

4.2.1.1. Kūryklos su stacionariaisiais ardynais

Dažniausiai stacionarus pasvirasis ardynas įtaisomas kūrykloje tam tikru kampu, kad kuras kristų veikiant sunkio jėgai iš ardyno džiovinimo zonos į anglies (kokso) degimo zoną (žr. 4.2 pav.). Stacionaraus ardyno pasvirimo kampas apytiksliai lygus kuro kritimo kampui. Priklausomai nuo kuro tipo ir ardyno elementų konstrukcijos, ardynams rekomenduojami tokie nuolydžiai [50]:

- stacionariems pasviriesiems ardynams su strypais natūraliai išdžiovinėtų gabalinių durpių, pjuvenų ir drožlių deginimui – 32–36°;
- laiptuotiesiems ardynams pjuvenų deginimui – 38–40°;
- laiptuotiesiems ardynams gabalinių durpių deginimui – 30°.



4.3 pav. Prieškūrykla su kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios) labai drėgno kuro deginimui, SERMET, Suomija

1 – sraigtinis maitintuvas; 2 – kuro piltuvas; 3 – pasvirasis ardynas; 4 – horizontalusis ardynas; 5 – deginimo kamera; 6 – pelelių grandyklė; 7 – sraigtinis transporteris pelelių pašalinimui

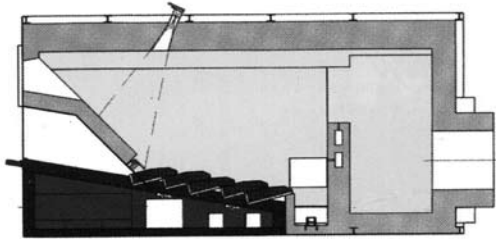
Stacionarūs pasvirieji ardynai sudaryti iš ardyno elementų ar strypų, įtaisytų kuro srauto kryptimi; laiptuotuosius ardynus sudaro pakopos, išdėstytos statmenai kuro srautui. Laiptuotieji ardynai puikiai tinka pjuvenų ir drėgno kuro deginimui.

Be plokščių pasvirųjų ardynų, taip pat naudojami kūginiai ardynai, kur kuras paduodamas sraigtinio maitintuvu iš apačios (žr. 4.3 pav.) arba iš viršaus [51].

4.2.1.2. Kūryklos su mechaniniais ardynais

Lyginant su kūryklomis su stacionariaisiais ardynais, judamojo ardyno privalumas yra tas, kad dėl judančių ardyno elementų galima geriau kontroliuoti kuro sluoksnio judėjimą, kuro sluoksnis vienodžiau pasiskirsto ant ardyno, dėl to degimo procesas tampa efektyvesnis, o degimo produktuose sumažėja kenksmingų komponentų. Egzistuoja kombinuotas sprendimas – dvigubo ardyno konstrukcija su stacionaria

viršutine dalimi džiovinimo ir pirolizės zonomis bei mažiau pasvirusiu judamuoju ardynu degimo zonai.

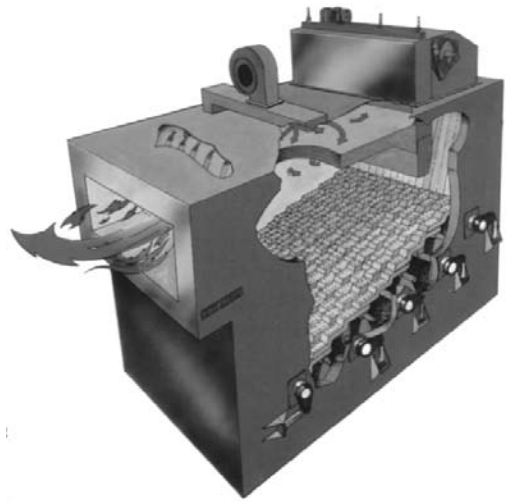


4.4 pav. Švedijos bendrovės Hotab kūrykla su ardynu, sudarytu iš stacionarios dalies ir judamosios pasvirusios dalies

Būdingas kūryklos su mechaniniu ardynu pavyzdys yra Švedijos bendrovės KMW kūrykla TRF, kur stacionarūs ardyno elementai išdėstyti pakaitomis su judamaisiais elementais. Šachmatinis ardyno elementų judėjimas užtikrina vienodą kuro sluoksnio storį ir tolygų judėjimą.

4.5 paveiksle pavaizduota kūrykla yra prieškūrykla, komplektuojama su atskiru katilu. Prieškūryklos sienelės neturi šildymo paviršių, todėl tokio tipo kūryklos puikiai tinka drėgno kuro deginimui (35–55%). Keraminės kūryklos sienelės aušinamos degimui tiekiamu oru, tokiu būdu oras pašildomas ir todėl pagerėja degimo sąlygos.

Labai drėgno kuro deginimui kūryklos sienelės turi būti neušinamos, todėl paprastai būna padengtos keramine danga (taip pat žr. 4.3 pav.). Šios dangos darbinė temperatūra yra pakankamai aukšta, kad nuo sienelių išspinduliuojamos šilumos pakaktų kuro išdžiovinimui, lakiųjų medžiagų išsiskyrimui ir tinkamų degimo sąlygų susidarymui ant ardyno ir degimo zonoje. Jeigu neušinamoje kūrykloje bus deginamas sausas kuras, ir kuro sluoksnio, ir liepsnos temperatūra pradės greitai kilti. To pasekmė gali būti pelenų lydymasis, ardyno šlakavimasis ir oro angų užsikimšimas, taip pat kūryklos vidinės dangos pažeidimas ar net lydymasis.

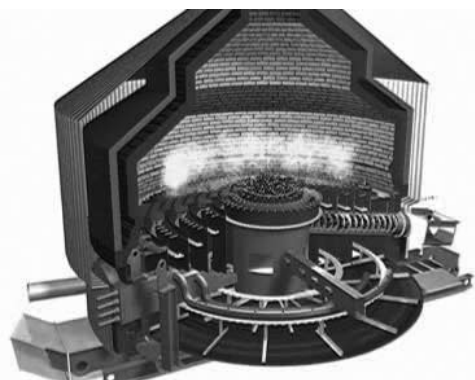


4.5 pav. Švedijos bendrovės KMW ENERGI AB kūrykla TRF su šachmatine tvarka judančiais ardyno elementais

Bendrovės Wärtsilä užpatentuotoje degimo kameroje BioGrate (žr. 4.6 pav.), į kurią kuras paduodamas iš apačios besisukančiu kūginiu ardynu, galima deginti įvairaus drėgnumo kurą, taip pat ir ypatingai mažo arba ypatingai didelio drėgnumo (iki 65%).

BioGrate kūryklos atveju kuras paduodamas sraigtiniu maitintuvu iš apačios į kūgio formos ardyno vidurį, po to paskirstomas po visą kūgio paviršių. Naudojant sraigtinį maitintuvą, galima kurenti praktiškai bet kokį biokurą.

Kūginį ardyną sudaro koncentriniai žiedai. Stacionarūs bei besisukantys žiedai yra įtaisyti pakaitomis ir kas antras besisukantis žiedas juda priešinga kryptimi, t. y. vienas žiedas juda laikrodžio rodyklės kryptimi, o kitas – prieš laikrodžio rodyklę. BioGrate



4.6 pav. Bendrovės Wärtsilä užpatentuota kūrykla BioGrate su besisukančiu kūginiu ardynu (kuras paduodamas iš apačios)

kūrykloje vieno ardyno apsisukimo metu kuras paskirstomas labai tolygiu sluoksniu po visą ardyno paviršių ir palei jo kraštą. Ardyno žiedai varomi hidraulinėmis pavaromis.

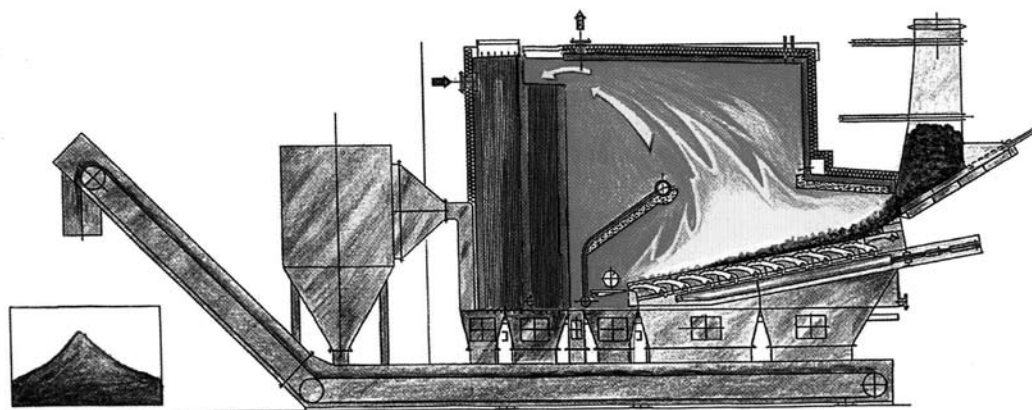
Siekiant aukšto deginimo efektyvumo bei minimalaus emisijų lygio, ypač svarbi yra optimalaus oro paskirstymo ir valdymo sistema, į kurią įeina orpūtės su reguliuojamu sukimosi greičiu. Be to, naudojama kontroliuojama degimo produktų recirkuliacija, leidžianti vartotojui kontroliuoti šilumos

išsiskyrimą ardyne ir užtikrinanti švarų įvairių kuro rūšių deginimą su mažomis NO_x ir CO emisijomis.

Išorinis kūginio ardyno skersmuo priklauso nuo kūryklos galios – mažiausios 3,5 MW galios atveju skersmuo lygus 4,15 m, o didžiausios 20 MW galios atveju – 9,5 m.

Jeigu kūrykla biokuro ir durpių deginimui sukonstruota kaip prieškūrykla, katilinėje ji turi būti sujungta su tinkamu katilu. Nemažai gamintojų konstruoja ir tiekia kūryklas bei katilus gamykloje pagamintą vientisą agregatą, ypač esant mažos galios įrenginiams. Tokiu atveju pelenų šalinimą paprasčiau atlikti iš po ardyno, iš po vertikalių dūmavamzdžių, ir iš po degimo produktų valymo įrenginių (žr. 4.7 pav.).

Kai katilė deginamas sausas kuras, kūryklos sienelės būtina aušinti joje įrengtais šildymo paviršiais. Nuo kūryklos vidinės dangos aušinimo sąlygų tiesiogiai priklauso tai, kokios rūšies ir kokio drėgnumo kurą galima deginti. Deginant sausą kurą, pvz., granules, staliaus darbų arba baldų pramonės atliekas, temperatūra palaikoma reikiamame diapazone pirmiausia aušinamųjų kūryklos sienelių dėka. Be to, gali iškilti būtinybė suformuoti lakiųjų medžiagų degimo tūrį taip, kad visiškai nevyktų liepsnos spinduliavimas į kuro sluoksnį.



4.7 pav. Kompleksinė Suomijos bendrovės Putkimaa OY 1-10 MW galingumo PMA tipo katilinė kietojo biokuro deginimui

Kai aušinamoje kūrykloje deginamas drėgnas kuras, temperatūra ant ardyno sumažėja, kadangi sąlygos kuro džiovinimui būna nepakankamos. Dėl to pelenuose atsiranda nesudegusių kuro dalelių, ne pilnai sudega lakiosios medžiagos, todėl greitai sumažėja deginimo efektyvumas. Be to, nesudegusios dujos ir suodžiai gali patekti į dūmtraukį, o šildymo paviršiai bei dūmavamzdžiai gali apsinešti derva.

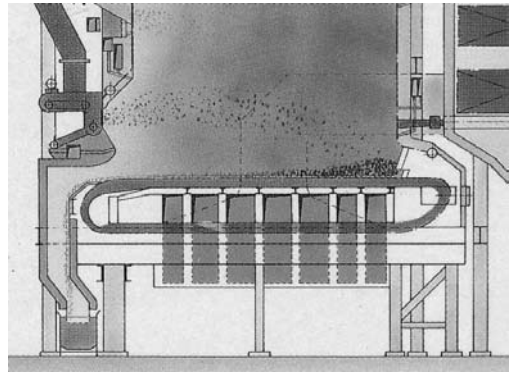
Kūryklos sienelių aušinimui jose gali būti įrengti oro kanalai. Kartu oras tiekiamas deginimui pašildomas, taip pagerėja drėgno kuro deginimo sąlygos. Tokio tipo kūryklos yra plačiai naudojamos, jos puikiai tinka vidutinio drėgnumo kurui, pvz., skiedroms, kurių būdingasis drėgnumas svyruoja nuo 35 iki 55%.

Papildoma galimybė kontroliuoti temperatūrą kūrykloje yra degimo produktų recirkuliacijos metodas (žr. 4.1.2 skyrelį). Šis metodas leidžia sumažinti šilumos išsiskyrimą ir temperatūrą ant ardyno. Atitinkamai padidėja šilumos išsiskyrimas lakiųjų medžiagų degimo zonoje.

4.2.1.3. Grandininis ardymas

Didelės galios katiluose grandininis ardymas puikiai tinka keleto rūšių kuro deginimui toje pačioje kūrykloje. Pvz., 1984 m. Borås mieste (Švedijoje) buvo rekonstruoti du garo katilai su kūryklomis, turinčiomis grandinius ardymus. Kiekvieno katilo našumas – 60–90 t garo per valandą. Skersinis katilo kūryklos pjūvis parodytas 4.8 pav. Pagrindinis kuras yra skiedros, tačiau galima naudoti ir durpes bei akmens anglis.

Keičiant grandininio ardymo judėjimo greitį, galima lanksčiai reguliuoti kuro judėjimą, tokiu būdu įmanoma pasiekti, kad anglis visiškai sudegtų, o pelenuose, krintančiuose nuo ardyno, nebūtų degiųjų medžiagų. Deginimo operacijų metu, kai pereinama nuo vienos rūšies kuro prie kitos, pvz., nuo skiedrų prie akmens anglių, būtina keisti ardymo judėjimo greitį, taip pat pirminio bei antrinio oro kiekius ir proporcijas.

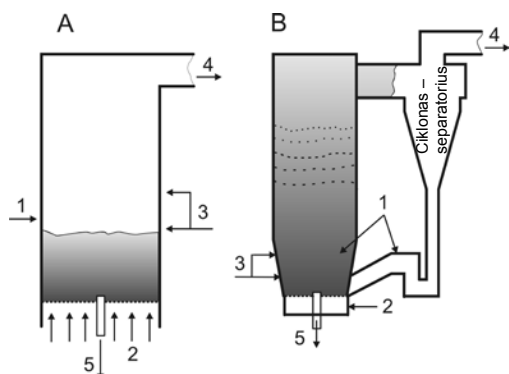


4.8 pav. Grandininis ardymas Borås termofikacinės elektrinės katile (Švedija)

Priežastis, kodėl Borås jėgainėje naudojamos akmens anglis, yra gana įdomi. Kad du didelės galios katilai, daugiausia kūrenami skiedromis, būtų aprūpinti šiuo kuru, per dieną reikėtų pristatyti dešimtis sunkvežimių su kuru. Vairuotojų darbo užmokesčiai ir transportavimo kaštai švenčių dienomis yra daug didesni nei darbo dienomis. Tačiau tokio didelio mechanizuoto skiedrų sandėlio, kuriame būtų galima laikyti atsargas kelioms savaitgalio dienoms, statyba yra ekonomiškai netikslinga. Todėl tuo atveju, kai iš eilės susidaro kelios šventinės dienos, pvz., per Kalėdų, Naujųjų metų ir Velykų šventes, transporto kaštų optimizavimui katilai kūrenami akmens anglimis.

4.2.2. Verdančio sluoksnio kūryklos

Vis didėjant deginimui paduodamo oro srauto greičiui, gali būti pasiekta būseną, kai oras pakelia kuro sluoksnį ir kuro dalelės pakimba oro sraute. Atrodo, kad kuro sluoksnis pradeda virti, iš čia ir atsirado terminas „verdantis sluoksnis“. Aprašytasis verdantis sluoksnis vadinamas stacionariuoju verdančiu sluoksniu. Drėgmė, išsiskyrusios lakiosios medžiagos, pelenai ir smulkios kuro dalelės iš kuro sluoksnio išnešami. Smulkios kuro dalelės ir lakiosios medžiagos dega degimo kameroje virš verdančio sluoksnio (žr. 4.9 pav.).



4.9 pav. Principinė kūryklų su stacionariuoju (A) ir cirkuliuojančiuoju (B) verdančiu sluoksniu

1 – kuras; 2 – pirminis oras; 3 – antrinis oras; 4 – degimo produktai; 5 – dugno pelenai

Kai oro srauto greitis išauga daugiau negu reikia stacionariam verdančiam sluoksniui susidaryti, degančios kuro dalelės išnešamos kartu su oro srautu. Ciklone – separatoriuje kietosios dalelės atskiriamos nuo oro bei dujų srauto ir sugrąžinamos atgal į kūryklą. Kadangi degantis kuras cirkuliuoja tarp kūryklos ir separatoriaus, šiai deginimo technologijai apibrėžti vartojamas terminas „cirkuliuojantis verdantis sluoksniu“.

Deginimo technologijos ir stacionarijame, ir cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje puikiai tinka biokuro, durpių ir atliekų deginimui. Skalūno ir akmens anglių deginimui labiau tinka deginimas cirkuliuojančiame verdančiame sluoksnyje.

Vienas iš verdančio sluoksniu technologijos privalumų yra galimybė deginti skirtingų rūšių prastos kokybės kurą, kartu sumažinant pavojingų oro teršalų išmetimą. Verdančiame sluoksnyje temperatūra būna santykinai žema (apie 850°C), todėl mažai tikėtina, kad vyks pelenų lydymasis ir ardyno šlakavimasis. Esant tokiai temperatūrai sumažėja azoto junginių išmetimai, o kure su dideliu sieros kiekiu ją galima surišti su pelenais, įdėjus sorbento (kalkių).

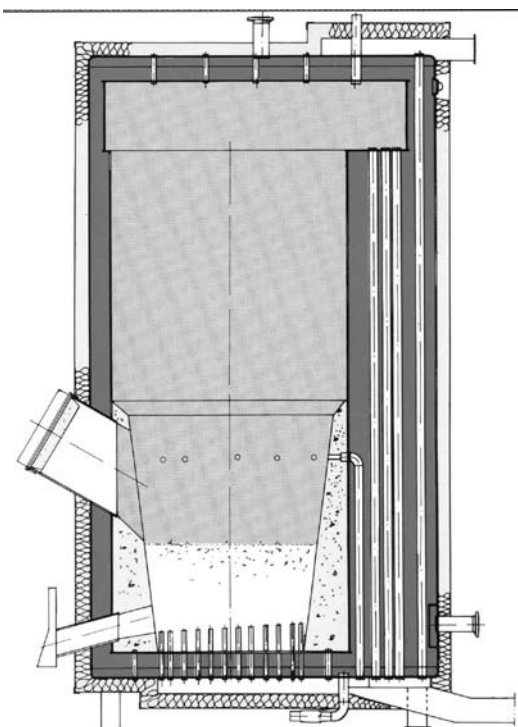
Bendrasis reikalavimas, keliamas kurui, kai deginama verdančiame sluoksnyje, – kuras turi būti granulometriškai tolygus. Deginant biokurą ir durpes, stacionarus verdantis sluoksniu formuojamas iš inertiškos medžiagos – paprastai kvarcinio smėlio. Aktyvuojant verdantį sluoksniu, sluoksniu medžiaga dujomis arba mazutu kūrenamais degikliais pakaitinama iki 600°C. Po to į sluoksniu paduodamas pagrindinis kuras užsiliepsnoja, sluoksniu temperatūra pakyla, o degikliai, naudojami verdančio sluoksniu aktyvavimui, išjungiami.

Egzistuoja keli kuro padavimo į stacionarųjį verdantį sluoksniu būdai:

- kuro padavimas vertikaliu vamzdžiu ant verdančio sluoksniu;
- kuro padavimas į visą skersinį degimo kameros pjūvį, naudojant metiklį;
- kuro padavimas į verdantį sluoksniu horizontaliu kanalu, naudojant pneumatinį arba sraigtinį transporterį.

Kitaip nei kūryklų su ardynais atveju, kurių darbas esant mažiems galingumams yra komplikuoatas, kūryklų su stacionariu verdančiu smėlio sluoksniu galima eksploatuoti esant įvairiems galingumams. Dėl sukauptos smėlio sluoksnyje šilumos katilas trumpą laiką gali būti ir be kuro.

Verdančio sluoksniu technologijos praktinio įdiegimo pavyzdys parodytas 4.10 pav. Suomių bendrovėje *Putkimaa OY* pagamintas katilas su verdančiu sluoksniu – tai vertikalus dūmavamzdis katilas su verdančiu sluoksniu dūmavamzdžio apačioje. Tokios kompaktiškos konstrukcijos dėka galima sukonstruoti ypatingai mažos galios (nuo 1 MW) katilų. Vidutinės ir didelės galios katilai su verdančiu sluoksniu paprastai turi lygiagretų, kūryklos kamerasi vertikalių dūmavamzdžių vandens vamzdžių šildymo paviršių.



4.10 pav. PML tipo 1–5 MW galios katilas su verdančiu sluoksniu ir dūmavamzdžiais (Putkimaa OY, Suomija)

4.2.3. Kuro gazifikacija

Biomosės gazifikacijos principai yra žinomi nuo XVIII a. pabaigos [52], tačiau iš pradžių ši technologija buvo naudojama dujų tiekimui į dujinius šviestuvus. Antrojo pasaulinio karo metu biomasės gazifikacijos įranga buvo naudota dujų gamybai, kurios turėjo pakeisti automobilių variklių skystąjį kurą. Praeiti šimtmečio 8-ajame ir 9-ajame dešimtmėčiuose biomasės gazifikacija buvo laikoma alternatyva pabrangusiam dyzelinui ar benzinui, be to atsirado gazifikacijos įranga energijos gamybai.

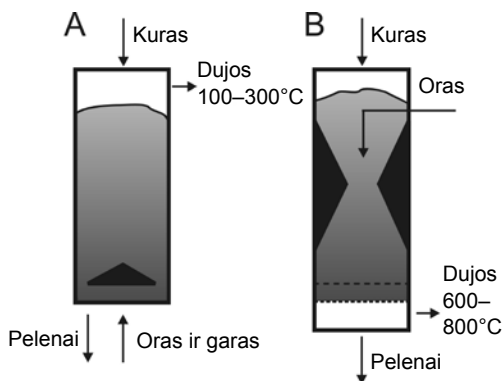
Prastos kokybės mažo šilumingumo kietojo kuro gazifikacija buvo naudojama dėl trijų priežasčių [53]:

- kad prastos kokybės kietąjį kurą būtų galima naudoti pramonėje, ypač chemijos;
- kad būtų gautas švarus kuras ypatingiesiems poreikiams;
- kad būtų galima pertvarkyti paprastą katilą probleminio kuro deginimui.

CŠ katilinėse gazifikacijos technologija pradėta naudoti palyginti neseniai, pvz., Suomijoje – prieš 20 metų. Dėl didelės įrangos kainos biomasės gazifikacijos įrenginiai nėra plačiai naudojami. Kai kurių ekspertų nuomone, perspektyviausia sritis gazifikacijos reaktorių naudojimui yra biokuro gazifikacija kombinuotai elektros energijos ir šilumos gamybai vidaus degimo varikliais [54].

Į biomasės gazifikacijos reaktorių su stacionariu sluoksniu (žr. 4.11 pav.) kuras paduodamas iš viršaus, o susidariusios dujos juda arba priešinga kuro srautui kryptimi (vadinama priešsrovinė sistema), arba ta pačia kryptimi (vadinama pasrovinė sistema).

Priesrovinės sistemos atveju, į dujų sudėtį įeina suodžiai, pelenai ir pirolizės produktai, tokie kaip dervos, tačiau naudojant šį technologinį metodą galima gazifikuoti prastos kokybės kurą, t. y. didelio drėgnumo ir peleningumo kurą [54]. Susidariusias dujas galima deginti, tačiau dujų vamzdžiai



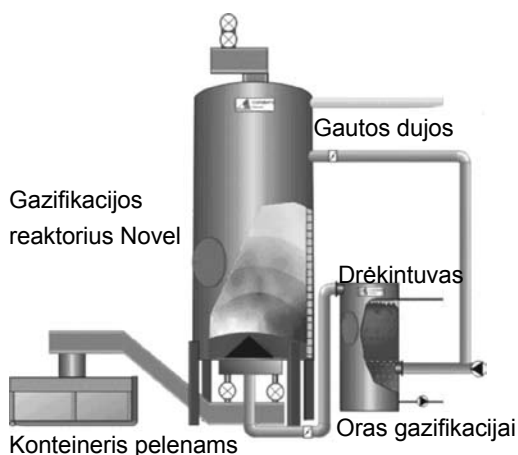
4.11 pav. Principinės gazifikacijos reaktorių schemas: priešsrovinė sistema (A) ir pasrovinė sistema (B)

turi būti reguliariai (kartą per savaitę) valomi. Po ataušinimo ir valymo dujos tampa tokios švarios, kad jas galima naudoti net kaip vidaus degimo variklių kurą.

Pasroviniuose gazifikacijos reaktoriuose gaunamos karštosios dujos dervų nėra, tačiau ir šiuo atveju iš dujų reikia pašalinti suodžius ir pelenus. Be to, šiam gazifikacijos metodui reikalingas santykinai sausas ir itin mažo peleningumo kuras.

Gazifikacijos reaktorių su stacionariu sluoksniu¹ galia dažniausiai viršija 1 MW ir siekia apie 10 MW (pasrovinė sistema) ar 20 MW (priešsrovinė sistema). Didelių galingumų atveju (apie 7–100 MW) naudojama gazifikacijos verdančiame sluoksnyje technologija.

4.12 pav. pateikta principinė gazifikacijos reaktoriaus *Novel* schema (*Condens OY*, Suomija). Reaktoriaus galia 1–10 MW, naudojamo kuro dalelių dydis 0–50 mm (skiedros, pjuvenos, žievė arba atliekos), kuro drėgnumas gali svyruoti 0–60% ribose [55].



4.12 pav. Suomijos bendrovės *Condens OY* 1-10 MW galios gazifikacijos reaktoriaus *Novel*

¹ Gazifikacijos reaktoriaus galia nustatoma pagal kuro, paduodamo į įrenginį, energijos kiekį.

4.2.4. Šiaudų deginimas

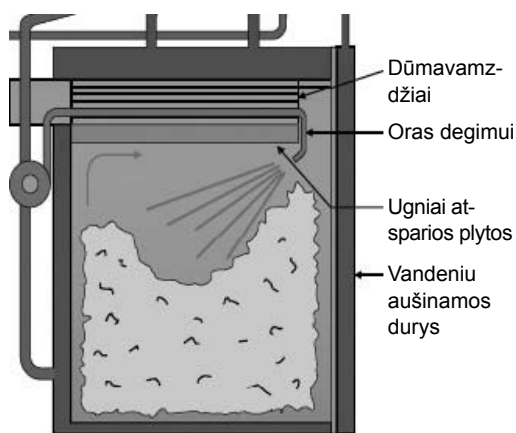
Šiaudų deginimui reikalingi specialios konstrukcijos katilai, kuriuose turi būti atsižvelgta į šio kuro ypatybes. Toliau nagrinėjama Danijos patirtis šiaudų, kaip kuro, naudojimo srityje [44].

Kadangi šiaudai yra grūdinių kultūrų auginimo atliekos, jie tinka ūkių šildymui. Viena iš paprasčiausių galimybių yra visų šiaudų ryšulių deginimas periodinio deginimo katiluose ([44] ir 4.13 pav.). Tai cikliškas procesas: pirmiausia šiaudų ryšulys traktoriumi įkraunamas į kūryklą pro atviras kūryklos duris, tada durys uždaromos ir kuras uždegamas. Oras degimui į degimo zoną paduodamas iš viršaus.

Dėl cikliško deginimo sunku kontroliuoti oro kiekius, paduodamus degimui, ir neįmanoma pasiekti aukšto deginimo efektyvumo.

Kai šiaudų ryšuliai prieš paduodant į kūryklą susmulkinami, kurą galima tiekti automatiškai, tada lengviau reguliuoti degimo režimą (žr. 4.15 pav.). Tokie katilai pradėti sėkmingai eksploatuoti ne tik Danijoje, bet ir Lietuvoje bei Latvijoje.

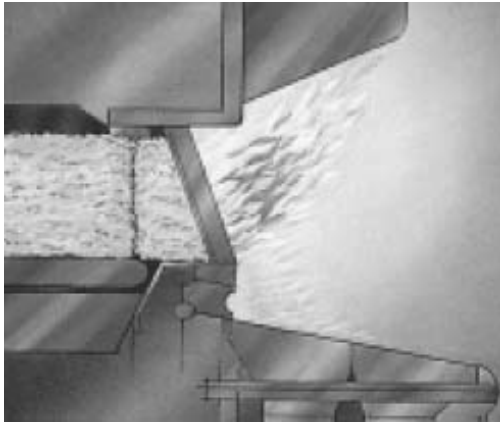
Šiaudais kūrenamų katilų efektyvumas priklauso ne tik nuo technologinių ypatybių, bet ir nuo įrenginio apkrovos bei galios. Pvz., aukščiau paminėto katilo cikliniam



4.13 pav. Principinė periodinio veikimo kūryklos šiaudų ryšulių deginimo schema [44]

šiaudų deginimui efektyvumas yra apie 10% mažesnis negu katilo su automatinio susmulkintų šiaudų padavimu, be to, abiem atvejais, didėjant katilų apkrovai, didėja ir efektyvumas.

Šiaudų ryšuliai gali būti paduodami į kūryklą nuosekliai be smulkinimo. Principinė tokio vadinamojo „cigaro tipo“ deginimo metodo schema pateikta 4.14 pav.



4.14 pav. „Cigaro tipo“ deginimo metodas su nepertraukiamu šiaudų ryšulių padavimu [44]

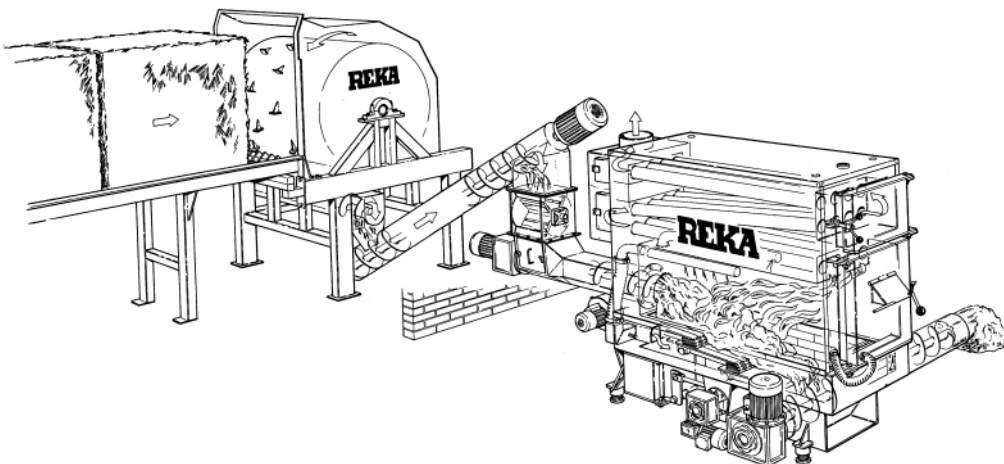
4.2.5. Granulių deginimas ir degikliai kietajam kurui

Granulės yra aukštos kokybės homogeniškas kuras, kurio gabenimą, saugojimą, pristatymą ir net deginimą galima kontroliuoti automatiškai taip pat lengvai, kaip ir atitinkamas krosnių kuro deginimo operacijas. Granulių deginimo sistemą (žr. 4.16 pav.) sudaro tokios pagrindinės dalys:

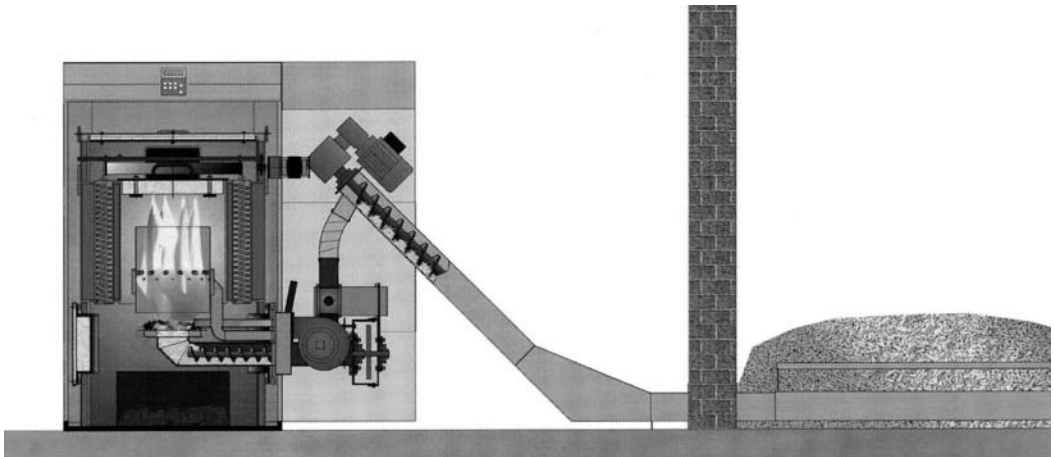
- kuro sandėlis arba talpykla;
- transporteris kuro pristatymui iš sandėlio į degiklį;
- granulių degiklis;
- katilas.

Granulių pristatymą iš sandėlio į katilą galima lengvai organizuoti sraigtiniu transporteriu, nuo kurio granulės krinta ant degiklio sraigtinio maitintuvo. Paprastai lakiosios medžiagos, išsiskyrusios degiklio įėjime, sudega katilo degimo kameroje.

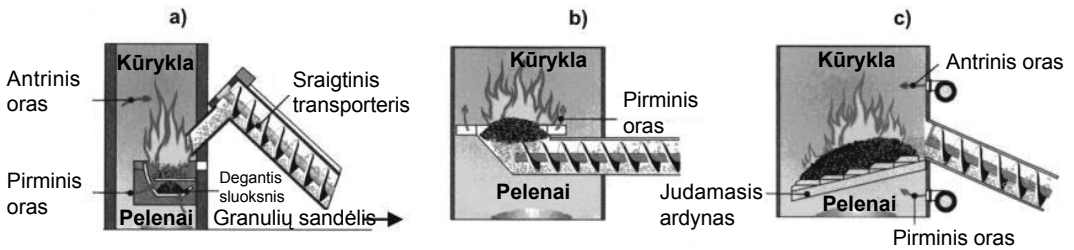
Granulių deginimui gali būti naudojamas specialus katilas, sujungtas su degikliu ir granulių padavimo sistema. Kita galimybė yra pakeisti mazuto ar dujų degiklį granulių degikliu. Granulių degiklį galima prijungti prie katilo per techninio aptarnavimo liuką.



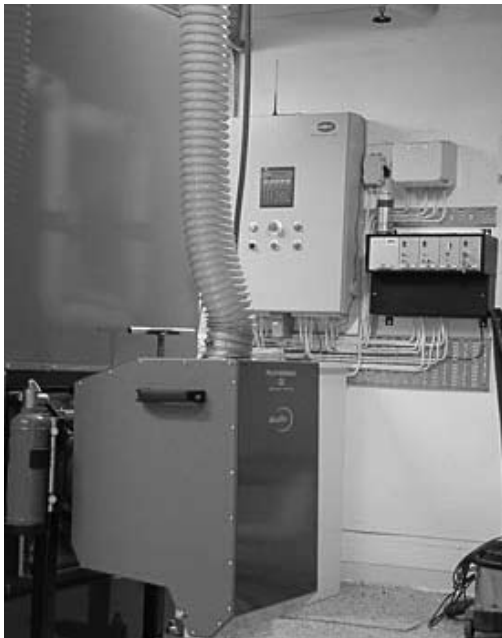
4.15 pav. Automatizuota šiaudų deginimo sistema su šiaudų ryšulių smulkinimo įrenginiu [44]



4.16 pav. Principinė granulių deginimo sistemos schema [56]



4.17 pav. Technologiniai sprendimai granulių padavimo ir deginimo sistemoms



4.18 pav. 300 kW granulių degiklis EcoTec (Švedija)

Medžio granulės yra sausas kuras su dideliu lakiųjų medžiagų kiekiu, todėl granulės lengvai užsidega, o degimo procesą galima lengvai automatizuoti. Tai įrodo, kad dėl perėjimo nuo skystojo krosnių kuro deginimo prie granulių deginimo nesusidaro praktiškai jokių eksploatacijos nepatogumų. Tačiau deginant granules, kartais reikia pašalinti pelenus, bet pakanka tą padaryti vieną ar du kartus per savaitę.

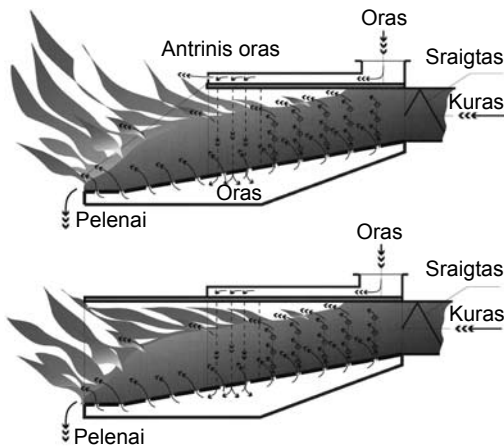
Degikliuose, panašiuose į skirtuosius granulių deginimui, gali būti deginamas ir kitų rūšių kuras, pvz., skiedros ar net gabalinės durpės (žr. 4.19 pav.). Paprastai kurui, deginamam tokiuose degikliuose, keliamas reikalavimas, kad jis būtų homogeniškas ir santykinai sausas.

Talino technologijos universitete buvo sukurti ir paruošti gamybai dviejų modifikacijų degikliai (žr. 4.20 pav.). Vienas iš degiklių skirtas sauso kuro deginimui, o



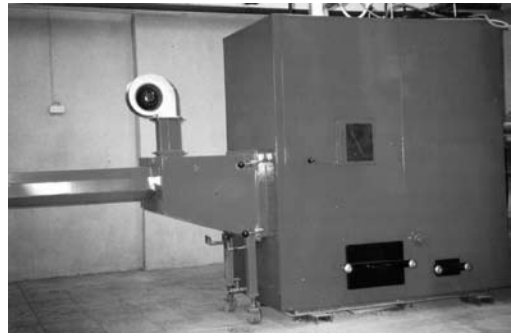
4.19 pav. Vandeniui aušinama 60–500 kW galios degiklio Arimax BioJet deginimo galvutė (Suomija)

1 – keraminė deginimo kamera; 2 – laiptuotasis ardymas iš ketaus; 3 – vandeniui aušinamas korpusas



4.20 pav. Degiklio sausam (viršutinis pav.) ir drėgnam (apatinis pav.) kurui schema (Talino technologijos universitetas)

kitas – drėgno. Šiems degikliams tinkamiausias kuras yra gabalinės durpės ir skiedros. Didžiausias rekomenduojamas drėgnumas – 35%. Deginant didesnio drėgnumo kurą, smarkiai sumažėja našumas (ypač gabalinių durpių atveju), degimas tampa nestabilus, sparčiai didėja nuostoliai.



4.21 pav. Talino technologijos universitete sukurtas kietojo kuro degiklis su 240 kW galios universaliu katilu

4.2.6. Katilų pertvarkymas kitų kuro rūšių deginimui

Ankstesniuose deginimo technologijų aprašymuose daugiausia buvo nagrinėjami kūryklose vykstantys procesai ir tik nedidelis dėmesys buvo skiriamas katilams, t. y. šilumokaičio paviršiams, kuriais degimo šiluma perduodama vandeniui. Naujose biokuro kūrenamose katilinėse kūrykla ir šildymo paviršiai sudaro neatskiriama visumą. Deginimo technologijos ir emisijų lygio požiūriu paprastai pirmenybė teikiama tokiam kompleksiniam sprendimui, o ne daliniam ar pilnam esamų katilinių pertvarkymui.

Pereinant prie biokuro ar durpių deginimo anksčiau iškastiniu kuru kūrenamose katilinėse, egzistuoja keletas katilo pertvarkymo galimybių:

- akmens anglimis kūrenamų katilų pritaikymas biokuro ar durpių deginimui;
- prieškūryklos įrengimas esamam iškastiniu kuru kūrenamam katilui;
- ardyno arba verdančio sluoksnio sistemos įrengimas esamame katile;
- mazuto ar dujų degiklio pakeitimas kietojo biokuro degikliu;
- naujo biokuro katilo statymas senojo katilo vietoje arba katilinėje esančioje laisvoje erdvėje.

Akmens anglimis kūrenamų katilų pertvarkymas į katilus, kūrenamus biokuru ar durpėmis, kur lakiųjų medžiagų kiekis yra daug didesnis, bet šilumingumas mažesnis, paprastai negali duoti patenkinamų rezultatų. Šis akmens anglimis kūrenamų katilų pakeitimas gali būti tik trumpalaikis sprendimas iškilus ypatingai būtinybei.

Senojo katilo pakeitimas nauju katilu, kūrenamu biokuru, praktiškai yra lygiavertis naujos katilinės statybai, tačiau gali būti pigesnis, kadangi galima panaudoti esamos katilinės patalpas, vamzdynų ir elektros energijos tiekimo sistemas. Tačiau ankstesniosios katilinės sandėlių ir kuro transporterių pritaikymas yra labiau komplikotas negu naujos katilinės statyba.

Kadangi kietojo kuro degiklių galia paprastai neviršija keleto šimtų kilovatų, šis sprendimas gali būti pritaikytas tik mažesnės galios vietinių šildymo katilų ir mažesnių CŠ katilų pertvarkymui (žr. 4.2.4 skyrelį). Šis sprendimas taip pat tinka mažų individualių namų katilams.

Prieškūryklą galima įrengti beveik bet kokio tipo katilui, bet reikia nepamiršti, kad nuo katilo šildymo paviršių reikės valyti lakiuosius pelenus. Į tai ypatingai reikia atsižvelgti, įrengiant prieškūryklą dūmavamzdžiams katilams, kadangi prieškūrykla gali trukdyti prieiti prie horizontalių dūmavamzdžių ir apsunkinti periodišką valymą.

Biokuro ir durpių deginimo metu susidariusiuose degimo produktuose neišvengiamai būna lakiųjų pelenų. Norint sumažinti jų nusėdimą ant šildymo paviršių ir palengvinti pastarųjų valymą, tikslingiau yra įrengti šildymo paviršius su vertikaliais dūmavamzdžiais.

4.2.7. Mažieji katilai

Katilų skirstymas, priklausomai nuo jų galios, galima teigti, yra sutartinis. Šiame žinyne mažais katilais laikomi katilai, pirmiausia naudojami individualių namų šildymui (žr. 4.2 lent.). Tačiau būdingi mažiesiems katilams techniniai sprendimai galėtų tikti ir gana dideliame įrenginių galingumų diapazonui.

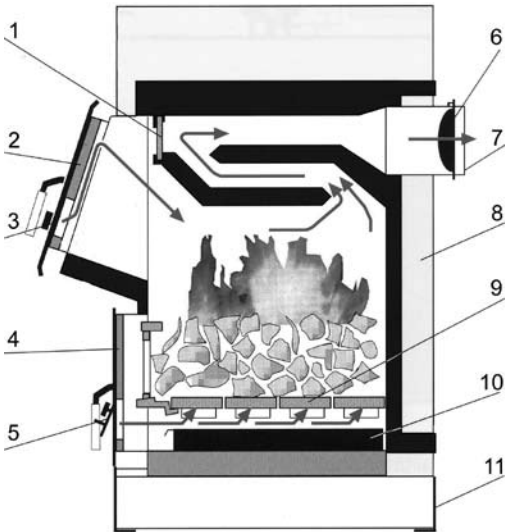
Žinyne didžiausias dėmesys skiriamas įrangai, skirtai malkų ir perdirbto medienos kuro deginimui. Paprastai mažieji katilai būna suprojektuoti aukštesnės kokybės perdirbto kuro deginimui.

4.2.7.1. Katilai su viršutiniu degimu

Dauguma senesnių katilų individualių namų šildymui, vadinamųjų katilų su viršutiniu degimu, iš pradžių buvo skirti antracito ir kokso, t. y. kuro su mažu lakiųjų medžiagų kiekiu, deginimui. Tokį kurą galima deginti ant ardyno storu sluoksniu, kur kuras žioruodamas dega praktiškai be liepsnos. Didžioji dalis išsiskyrusios šilumos perduodama kūryklos sienelėms. Poreikis antriniam orui nedidelis. Taip pat degimo produktų šilumos panaudojimui nereikia didelio šilumos mainų paviršiaus, kadangi pagrindinė išsiskyrusios šilumos dalis perduodama degimo kameroje.

Katiluose su viršutiniu degimu, skirtuose kurui su dideliu lakiųjų medžiagų kiekiu (malkinei medienai, medžio ar durpių briketams bei gabalinėms durpėms) deginti, virš kuro sluoksniu yra palikta pakankamai erdvės lakiųjų medžiagų degimui, čia paduodamas antrinis oras (žr. 4.22 pav.). Šiluma daugiausia išsiskiria iš liepsnos viršutinėje kūryklos dalyje ir dėl aukštesnės degimo produktų, išmestų iš kūryklos, temperatūros šilumos mainų paviršius (konvektyvinis šilumos perdavimo paviršius) turi būti didesnis negu katiluose, kūrenamuose mažai lakiųjų medžiagų turinčiu kuru (akmens anglimis).

Pagrindinis kūryklos su viršutiniu degimu trūkumas, kai deginamos malkos reikia dažnai pridėti kuro. Visas kuras kūrykloje būna degimo zonoje, o degimo intensyvumą galima tik šiek tiek reguliuoti, kontroliuojant pirminio oro padavimą. Ir pirminio, ir antrinio oro įtekėjimo kontrolė yra netiksli, todėl pasiekti didelio deginimo efektyvumo yra sudėtinga. Norint išvengti dažno medienos įkrovimo, paprastai pasirenkamas didesnės negu maksimali vartotojo apkrova galios katilas, kuris prijungiamas prie akumulatoriaus – talpyklos.



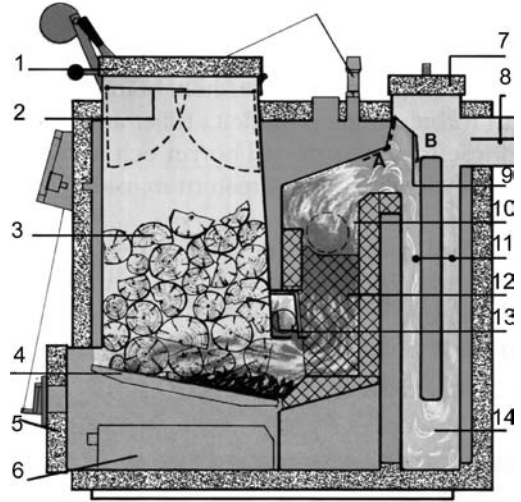
4.22 pav. Austrijos bendrovės Eder Ltd katilas su viršutiniu degimu

1 – nuimamas ekranas; 2 – pakrovimo liukas; 3 – antrinio oro sklendė; 4 – apatinis (pelenų) liukas; 5 – pirminio oro sklendė; 6 – sukamoji sklendė; 7 – dūmavamzdis; 8 – izoliacija; 9 – ardynas; 10 – padėklas pelenams; 11 – pagrindas

4.2.7.2. Katilai su apatiniu degimu

Lyginant katilus su viršutiniu degimu ir katilus su apatiniu degimu (žr. 4.23 pav.) pastarieji užtikrina daug ilgesnį degimo ciklą, kadangi iš talpaus kuro bunkerio kuras pastoviai krinta ant ardyno. Tam tikru laiko momentu tik dalis į kuro bunkerį sukrauto kuro dalyvauja degimo procese.

Slinkdamas žemyn kuras džiūsta ir šyla. Arčiau ardyno vyksta kuro gazifikacija (išsiskiria lakiosios medžiagos), o ant ardyno – susidariusio kokso degimas. Gazifikuotos kuro dalies (lakiųjų medžiagų) degimui tūryje šalia degimo kameros sudaromos sąlygos lakiųjų medžiagų užsiliepsnojimui ir degimui. Tam reikia paduoti antrinio oro ir šiame tūryje užtikrinti pakankamai aukštą temperatūrą. Kad būtų patenkintas pastarasis reikalavi-



4.23 pav. Suomijos bendrovės Högfors Lämpö OY katilas su apatiniu degimu Arimax

1 – pakrovimo liukas; 2 – ekranai; 3 – kuro bunkeris; 4 – ardynas; 5 – apatinis techninio aptarnavimo liukas su pirminio oro sklende; 6 – padėklas pelenams; 7 – liukas valymui; 8 – sukamoji sklendė; 9 – sklendė užsidegimo palengvinimui; 10 – degimo kamera; 11 – dūmavamzdžiai; 12 – keraminė danga; 13 – antrinis oras; 14 – valymui skirta liuko vieta katilo paviršiuje

mas, viena ar kelios antrinio degimo kameros sienelės padengiamos keramine danga.

Katilo su apatiniu degimu darbo ciklas gali trukti pakankamai ilgai, dažnai nuo penkių iki aštuonių valandų. Kūrenant malkomis arba medžio briketais, kuras kuro bunkeryje degs greičiau nei kūrenant durpių briketus arba gabalines durpes. Katilų su apatiniu degimu taip dažnai užkrauti nereikia kaip katilų su viršutiniu degimu. Tačiau malkos ir briketai turi būti sausesni ir vienodesnio dydžio.

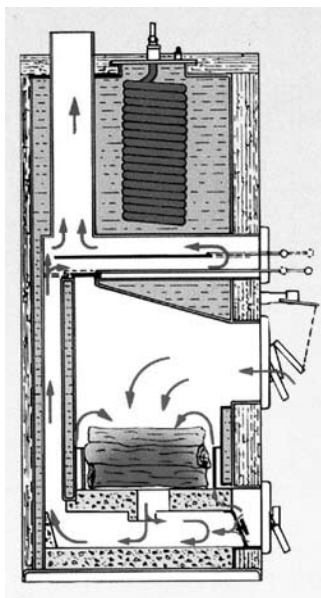
Degimo intensyvumą galima reguliuoti rankiniu būdu pirminio oro sklende arba automatiškai, naudojant degimo oro valdiklį. Automatinis valdiklis reguliuoja oro padavimą iš po ardyno taip, kad katilė būtų palaikoma reikiama vandens temperatūra.

Katiluose su apatiniu degimu deginimo efektyvumas labai priklauso nuo pirminio bei antrinio oro santykio, tačiau reikiamą santykį palaikyti nėra lengva. Kad katilo efektyvumas būtų pastoviai aukštas, rekomenduojama katilą prijungti prie sistemos per akumuliatorių – talpyklą. Tokiu būdu sistema nebus eksploatuojama mažo efektyvumo režimu ir bus išvengta anglies viendeginio kiekio degimo produktuose padidėjimo iki nepageidaujamo lygio.

4.2.7.3. Katilai su atvirkštiniu degimu

Plėtojant katilų su apatiniu degimu technologijas, buvo sukurti vadinamieji katilai su atvirkštiniu degimu (žr. 4.24 ir 4.25 pav.), kuriuose degimo stabilizavimui paprastai naudojami keraminiai arba metalokeraminiai ardynai.

Karščiui atsparaus ardyno, kurio darbinė temperatūra labai aukšta, dėka užtikrinamos puikios degimo sąlygos, net ir svyruo-



4.24 pav. Švedijos bendrovės EURONOM gaminamas katilas su atvirkštiniu degimu EXONOM A25 BX MILJÖ su vandens tūryje įtaisytu spiraliu šilumokačiu

jant katilo apkrovai, išlaikomas aukštas katilo efektyvumas ir maži kenksmingų emisijų lygiai išmetamuose degimo produktuose.

Reikalavimai ardynui yra itin dideli: jis turi išlaikyti atsparumą karščiui ir smūgiams per visą katilo eksploatacijos laiką, nes pakraunant kūryklą malkos gali kristi ant ardyno. Savaimė suprantama, toks ardynas yra nepigus.

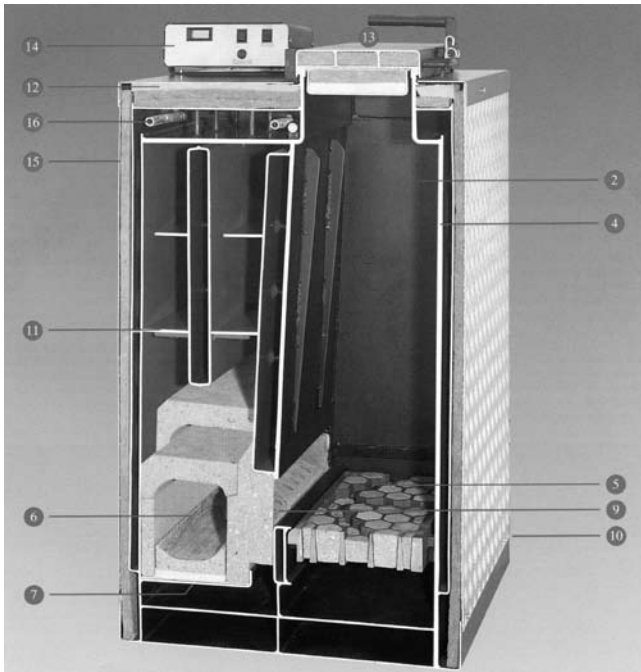
Katilė DRAGON (žr. 4.25 pav.) galima deginti kelių rūšių kurą. 1 liukas naudojamas malkų krovimui, skiedroms naudojamas 13 liukas. Kuro kameros plotis leidžia krauti 0,5–1 m ilgio malkas, šių katilų galia svyruoja 15–70 kW ribose.

4.2.7.4. Dvigubieji ir universalieji katilai

Katilą, kūrenamą mediena, galima pertvarkyti į universalų katilą keliais būdais. Viena iš paprasčiausių galimybių yra elektrinių šildytuvų montavimas katilo vandens tūryje, kuriuos galima įjungti, kai tik katilo vandens temperatūra nukrinta žemiau nurodytos minimalios temperatūros. Kadangi elektriniai šildytuvai ir jų valdymo automatika nėra brangūs, tokią galimybę galima numatyti bet kokio mažojo katilo konstravimo metu.

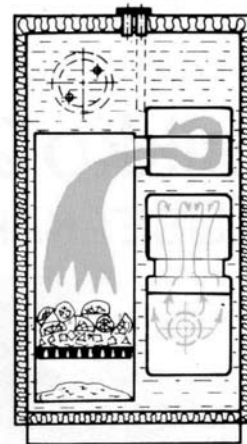
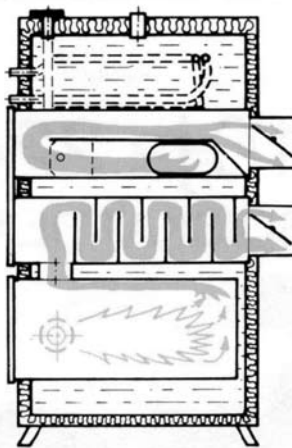
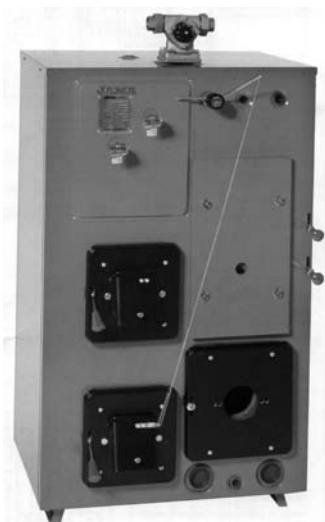
Kita galimybė – keičiamų kūryklos durelių naudojimas. Katilų su viršutiniu arba apatiniu degimu dureles arba techninio aptarnavimo liuką galima pakeisti durelėmis ar liuku su anga, prie kurios galima prijungti skystojo kuro degiklį. Šiuo atveju, atlikus nesudėtingą reguliavimą, mediena kūrenamą katilą galima pertvarkyti į skystu kuru kūrenamą katilą arba atvirkščiai.

Taip pat yra galimi tokie techniniai sprendimai, kur degiklį skystajam kurui galima eksploatuoti nepriklausomai nuo mediena kūrenamos katilo dalies; degiklis automatiškai įsijungia, kai mediena kūrykloje išdega ir vandens temperatūra pradeda kristi. Kartais bendrame katilo vandens gaubte sukonstruojamos dvi visiškai atskirtos kūryklos su degimo kameromis ir degimo produktų traktais; tokie katilai vadinami dvigubaisiais katilais (žr. 4.26 pav.).



1, 3, 8, 13 – kuro pakrovimo ir techninio aptarnavimo liukai; 2 – kuro kamera su padidinama apatine dalimi; 4 – kameros aušinama sienelė; 5 – keraminis ardymas; 6 – keraminė antrinio degimo kamera; 7 – oro paskirstymo ir kontrolės sistema po antrinio degimo kamera; 9 – degimo produktų išleidimo angos; 10 – degimo produktų temperatūros kontrolės sklendė (užpakalinėje katilo pusėje); 11 – degimo produktų srauto kreipikliai; 12 – izoliacija; 14 – valdymo pultas; 15, 17 – išorinė sienelė; 16 – šilumokaitis

4.25 pav. Austrijos bendrovės GRIM GmbH gaminamas katilas su atvirkštiniu degimu DRAGON



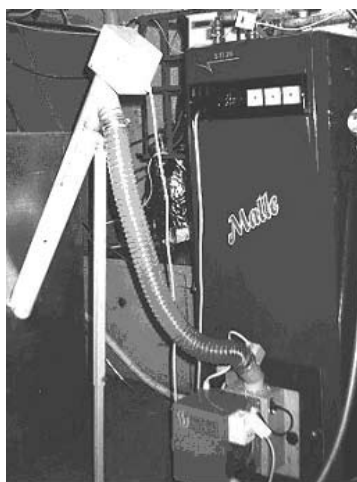
4.26 pav. Dvigubas katilas Jämä Kaksikko, JÄMÄTEK Oy, Suomija

Kairėje: vaizdas iš priekio; viduryje: katilo dalies, kūrenamos skystuoju kuru, skersinis pjūvis; dešinėje: katilo dalies, kūrenamos kietuoju kuru viršutinio degimo principu, skersinis pjūvis

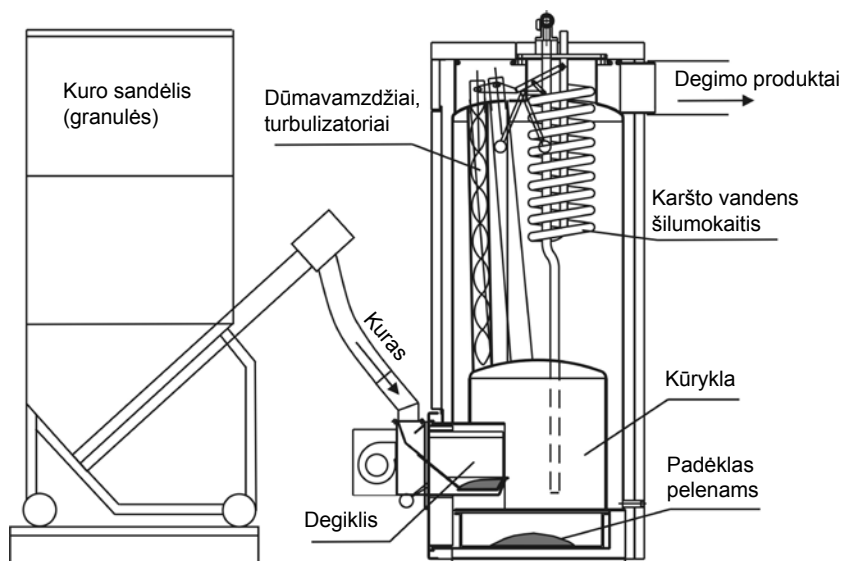
4.2.7.5. Katilai granulių deginimui ir židiniai

Granulės puikiai tinka individualių namų šildymui, be katilų, jos taip pat gali būti naudojamos židiniuose. Aukščiau aprašyti granulių deginimo metodai (žr. 4.2.4 skyrelį) gali būti įdiegti ir individualių namų, ir stambesniuose katiluose.

Žemiau pateikiamuose paveiksluose (žr. 4.27 ir 4.28 pav.) pavaizduotas degiklio granulėms su mažu katilu naudojimo metodas. Kadangi degiklį granulėms (žr. 4.29 pav.) galima pritaikyti ir katilui, kūrenamam skystuoju kuru, todėl nereikia keisti katilo pereinant nuo skystojo kuro deginimo prie granulių. Reikia tik pakeisti degiklį skystajam kurui granulėms skirtu degikliu.



4.27 pav. 20 kW galios katilas Malle (AS Viljandi Metall, Estija) su degikliu granulėms Iwabo VillaS bei granuliu padavimo sistema



4.28 pav. Mažasis katilas Pelle su granulių bunkeriu, maitintuvu ir degikliu Iwabo VillaS, sukurtu Talino technologijos universitete



4.29 pav. Degiklis granulėms Iwabo VillaS

5. KURO SANDĖLIAI IR TRANSPORTERIAI

5.1. Bendrieji reikalavimai kietojo biokuro sandėliavimui

Šiame skyriuje daugiausia aptariami sandėliai ir transporteriai skiedroms, trupininėms durpėms, gabalinėms durpėms ir degiosioms biologinėms (buitinėms) atliekoms. Mažiau dėmesio bus skiriama malkų ir kuro granuliu sandėliavimui, kadangi šių rūšių kuras daugiausia naudojamas mažesniuose vietiniuose šildymo įrenginiuose, kurių galia neviršija 300 kW. Granulės yra homogeniškas kuras, jų saugojimo ir deginimo galimybės pavaizduotos kituose skyriuose pateiktose deginimo įrangos schemose (žr. 4.16 pav.).

Kai kuriose šalyse (pvz., Švedijoje) granulės plačiai naudojamos ir stambiose katilinėse, tačiau daugeliu atveju prieš paduodant į dulkinio kuro deginimo kūryklą kuras yra sumalamas, tokiu atveju kuro paruošimas ženkliai nesiskiria nuo iškastinio kuro paruošimo.

Tipiška katilinė, kūrenama biokuru, konstruojama taip, kad kietuoju biokuru kūrenamas katilas būtų centre. Tokią 1–10 MW galios katilinę sudaro šie pagrindiniai įrenginiai:

- kuro sandėlis;
- kuro tvarkymo įranga;
- tarpinis kuro bunkeris;
- kuro padavimo į katilą sistema (kuro padavimui į kūryklą);
- deginimo įrenginys – katilas;
- degimo produktų valymo įranga;
- pelenų pašalinimo sistema.

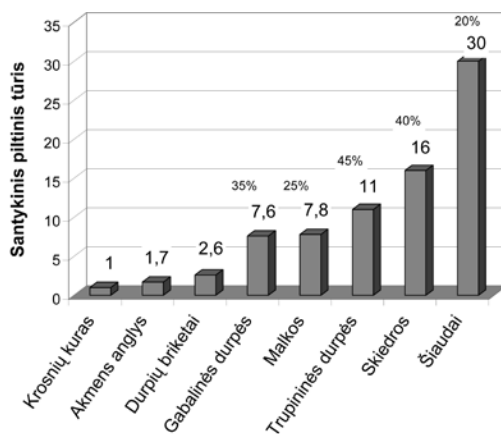
Norint nustatyti reikalingą naujosios katilinės galią, reikia žinoti metinį prijungtos šildymo sistemos šilumos poreikį. Taip pat turi būti žinomas šilumos poreikio dienos ir metų svyravimas (žr. 7.2 skyrių, apkrovos kreivę). Remiantis šiais duomenimis, nustatomas reikalingų kuro atsargų sandėlyje kiekis.

Saugomo katilinėje kuro kiekis, taigi ir kuro sandėlio talpa priklauso nuo keleto faktorių, įskaitant ir sutartį su kuro tiekėju. Paprastai 5 dienų kuro atsargos laikomos minimaliu rezervu, esant didžiausiai apkrovai. Toks rezervas užtikrina sklandžią katilinės eksploataciją savaitgaliais ir švenčių dienomis, esant ypač prastoms orų sąlygoms. Priešgaisrinės saugos užtikrinimui nerekomenduojama saugoti kuro aukštesnėse negu 8 m krūvose.

Skiedrų saugyklose visada yra pavojus įkvėpti alergizuojančių dulkių arba mikroorganizmų, todėl sandėlis turi būti gerai vėdinamas ir nerekomenduojama sandėlyje dirbti vienam.

Skirtingų rūšių biokuro piltinis tankis labai skiriasi, į tai turi būti atsižvelgiama projektuojant sandėlius. 5.1 pav. pateikti kai kurių kietojo kuro rūšių piltiniai tankiai, kurie visiško sudegimo atveju išskirtų tiek pat šilumos kiekį skystasis kuras, t. y. palyginimo pagrindu buvo paimtas skystojo krosnių kuro tūris.

Saugyklos ir padavimo sistemos skiedroms, gabalinėms durpėms ir trupininėms durpėms nedaug kuo skiriasi (daugiausia transporterių konstrukcija), tačiau kurui naudojamų šiaudų savybės taip skiriasi,



5.1 pav. Santykiniai kuro piltiniai tankiai (taip pat parodytas vidutinis drėgnumas)

kad jų sandėliavimui reikia ypatingų sąlygų, o padavimui į kūryklą būtina naudoti specialiai šiam kurui sukurtus technologinius sprendimus.

Biokuro sandėlis turi tenkinti šiuos pagrindinius reikalavimus:

- turi apsaugoti kurą nuo orų poveikio, paviršinio ir gruntinio vandens;
- turi būti mechanizuotas; didelių galimų atveju – automatizuotas;
- turi būti užtikrinta galimybė kurą pristatančioms transporto priemonėms jį iškrauti tiesiogiai sandėlyje arba mechanizuotame priėmimo įrenginyje.

Pagrindiniai sutrikimai eksploatuojant biokuro kūrenamas katilines atsiranda gabenant kurą iš sandėlio į katilo kuro sistemą. Todėl pristatymo iš sandėlio į katilą sistema yra ypač svarbi. Katilinės eksploatacija nutrūks, jeigu kokia nors grandis kuro pristatymo grandinėje neveiks. Katilinių biokuro (skiedrų) sandėliuose prieš paduodant kurą į katilą dažnai naudojami kuro trupintuvai (dažniausiai sušalusio kuro trupinimui).

5.2. Sandėlių tipai

Sąlyginai sandėlius galima skirstyti į:

- apytiksliai 5 dienų kuro atsargas talpinančius laikinuosius sandėlius (kuro sandėlius);
- pagrindinį sandėlį, skirtą talpinti 1 dienos kuro atsargas ir automatiškai paduoti kurą į katilą.

Laikinis kuro sandėlis ir pagrindinis sandėlis paprastai būna tame pačiame pastate, pvz., metaliniame sandėlyje su betoninėmis grindimis (žr. 5.2 pav.). Laikinis sandėlis gali būti įrengtas ir atskirai. Laikinajam skiedrų saugojimui gali būti naudojama atvira betoninė arba asfaltuota aikštelė, tačiau šiuo atveju kuras neapsaugomas nuo orų poveikio.



5.2 pav. Laikinis kuro sandėlis. Ū. Kask nuotrauka

Didesnės galios automatizuotose katilinėse sandėlio užpildymui naudojamas kranas su automatinio iešikliu (žr. 5.4 pav.). Mažesnėse katilinėse kuras gabenamas iš laikinojo sandėlio į pagrindinį sandėlį buldozeriu arba priekiniu krautuvu (žr. 5.3 pav.).



5.3 pav. Priekinis krautuvai. Ū. Kask nuotrauka

Mechanizuotas sandėlis gabalinėms durpėms – tai atitinkamos konstrukcijos sandėlis su kuro priėmimo ir iškrovimo įrenginiais. Sandėliai gali būti pastato arba bunkerio tipo.

Bunkeriai gali būti dalinai atviri krovimo mašinų įvažiavimui; tam, kad būtų galima į juos patekti, viena bunkerio siena

arba stogas turi būti suprojektuoti atidromi. Sunkvežimiai iškraunami nuo estakadų arba naudojami papildomi priėmimo įrenginiai. Pirmuoju atveju sunkvežimis užvažiuoja ant estakados arba pakylos ir kuras išverčiamas į bunkerį iš viršaus. Dažniausiai ši modifikacija naudojama, kai transporto priemonė būna su šoniniu išvertimu. Antruoju atveju transporto priemonė gali būti su galiniu išpylimu arba kėbule gali būti įrengtas iškrovimo įrenginys. Trečia galimybė yra transporto priemonės iškrovimas žemės lygyje į požeminį bunkerį arba ant pagalbinių transporterio, sujungto su žemės lygyje esančiu bunkeriu.

Kitaip tariant, bunkeris privalo turėti vertikalias arba žemyn plėtėjančias sienas. Priešingu atveju akivaizdu, kad virš bunkerį iškraunančio įrenginio susidarys kuro skliautas. Siekiant išvengti bunkerio sienų ir grindų apledėjimo, bunkerio pakraščiai padengiami vandeniu atsparia fanera. Švarioms ir sausoms gabalinėms durpėms (kuriose mažiau negu 5% dalelių yra mažesnės negu 20 mm, o drėgnumas mažesnis negu 33%) skliauto susidarymo rizika nedidelė, todėl bunkeris gali būti ir su į apačią siaurėjančiomis sienomis. Jo esančio už katilinės ribų, sienos turi būti apšiltintos ir dalinai šildomos. Tokio sandėlio dydis yra ribotas, be to, reikia apriboti ir atsargų dydį priklausomai nuo užsakymo (pvz., vietoje 3 dienų atsargų laikyti 1 dienos atsargas).

5.3. Kuro tvarkymo įranga

Kaip jau buvo minėta anksčiau, pagrindinio sandėlio užpildymui naudojami buldozeriai, priekiniai krautuvai arba kranai su automatiniais ieškikliais. Priekiniai krautuvai naudojami, kai laikinasis sandėlis būna įrengtas tame pačiame pastate kartu su pagrindiniu sandėliu arba šalimais. Kraną galima naudoti tik tada, kai laikinasis sandėlis ir pagrindinis sandėlis yra įrengti tame pačiame pastate. Kartais kuras į kūryklą paduodamas tiesiogiai kranu.

Greiferinis kranas (žr. 5.4 pav.). Šis kranas yra didelio našumo kuro transportavimo priemonė, kurią galima naudoti ir prastos kokybės kuro pristatymui, tačiau būtina pasitelkti dantytąjį greiferį. Naudojant lygųjį greiferį, sunku užpildyti kaušą. Jeigu stambioms katilinėms greiferinis kranas yra santykinai pigus sprendimas, tai labai mažoms katilinėms šis įrenginys per brangus.

Pagrindiniame kuro sandėlyje taip pat būna bunkerio iškrovimo įranga. Pagrindiniai šiai sandėlio įrangai keliami reikalavimai yra tokie:

- įrenginiai privalo užtikrinti reikiamą našumą ir turi būti numatyta galimybė jį kontroliuoti;
- anga, per kurią iškraunamas kuras, turi neužsikimšti;
- iškrautas bunkeris turi atlaikyti dinaminį krintančio kuro smūgį;
- kuro padavimas turi būti iškart sustabdytas, kai sustoja iškrovimo įranga;
- turi būti užtikrintas pilnas bunkerio ištuštinimas;
- iškrovimo įrenginio ir bunkerio konstrukcija turi būti tokia, kad būtų išvengta kuro skliauto susidarymo;
- konstrukcija turi būti atspari ugniai;



5.4 pav. Greiferinis kranas. Ū. Kask nuotrauka

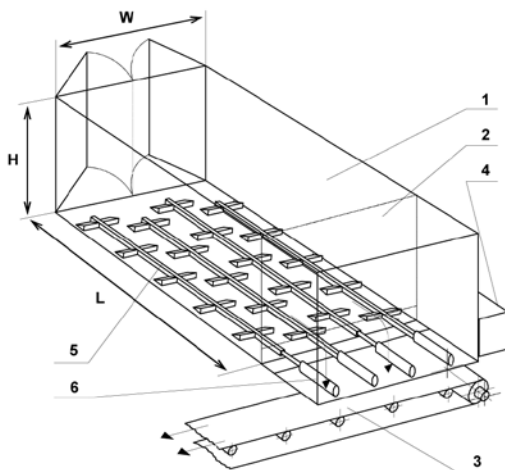
- neturi susidaryti dulkės;
- pasirenkant medžiagas reikia atsižvelgti į jų nusidėvėjimą.

Plačiausiai naudojami sandėlio iškrovimo įrenginiai yra šie:

- stumtuvai (stumiamosios grindys);
- grandikliniai transporteriai;
- šnekiniai transporteriai su stacionaria ašimi;
- šnekiniai skersinio ir sukamojo judėjimo transporteriai;
- hidraulinis rotorius.

Toliau aptarsime kai kuriuos labiausiai paplitusius sandėlio iškrovimo įrenginius.

Hidrauliniai stumtuvai arba stumiamosios grindys (žr. 5.5 pav.). Bunkerio dugne ant laikančiųjų sijų įtaisomi trikampio formos stumtuvai, judantys visu bunkerio ilgiu. Sijų ir stumtuvų sistemą traukia ir stumia hidrauliniai cilindrai (žr. 5.6 pav.). Stumtuvo formos ir greta esančių stumtuvų priešpriešinio ju-



5.5 pav. Kietojo kuro sandėlis su stūmikliais

1 – sandėlis; 2 – priekinė sandėlio siena; 3 – juostinis transporteris; 4 – elektros energijos tiekimo modulis; 5 – stūmiklis; 6 – hidraulinis cilindras

dėjimo dėka užtikrinamas kryptingas kuro judėjimas. Kai kuro sluoksnis plonas, dalis kuro juda priešpriešais. Šio efekto sumažinimui naudojama speciali bunkerio dugno konstrukcija. Anga, per kurią iškraunamas kuras, turi būti per visą bunkerio dugno plotį, o po ja esantis transporteris turi užtikrinti viso nustumto kuro iškrovimą. Tokie įrenginiai naudojami stačiakampių bunkerių su plokščiu dugnu iškrovimui.

Sandėlių su stumiamosiomis grindimis privalumai yra tokie:

- sandėlio pagrindas įrengiamas žemės lygyje;
- patikima ir paprasta konstrukcija, akmenys ir kelmai netrikdo normalios sandėlio eksploatacijos;
- kuro krūvos aukštis gali siekti 10 m;
- įranga, kuriai reikia atlikti techninį aptarnavimą (hidrauliką), lieka kuro saugojimo zonos išorėje.

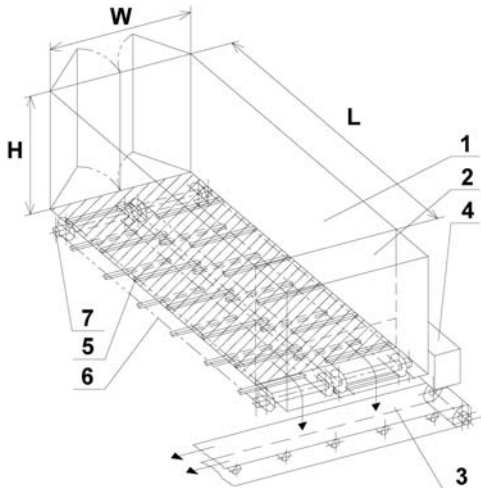
Sandėlio su stumiamosiomis grindimis trūkumai:

- santykinai didelis elektros energijos suvartojimas;
- sandėlio neįmanoma pilnai ir tolygiai ištuštinti;
- pastato konstrukcijos atsparumui ir stabilumui keliami griežtesni reikalavimai.



5.6 pav. Hidrauliniai cilindrai, varantys stumiamųjų grindų elementus (Saxlund)

Grandikliniai transporteriai (žr. 5.7 pav.). Smauresniuose sandėliuose įrengiamos dvi grandinės, tvirtinamos prie žvaigždučių, platesniuose – keturios. Tarp grandinių pritvirtinama viena arba dvi eilės grandiklių, pagamintų iš plokščio plieno arba kampučio. Grandines varanti pavara yra sandėlio iškrovimo gale, viršutinė grandinės atšaka yra vedančioji. Kadangi grandiklių judėjimo greitis labai mažas (1–25 cm/s), naudoja-



5.7 pav. Kietojo kuro bunkeris su grandikliniu transporteriu, viršuje Ū. Kask nuotrauka

1 – bunkeris; 2 – priekinė bunkerio siena; 3 – juostinis transporteris; 4 – elektros energijos tiekimo įrenginys arba elektros pavara; 5 – grandiklis; 6 – grandinė; 7 – varomasis velenas

mas strektės – reketo mechanizmas, varomas hidro- arba elektrine pavara, kartais gali būti varomas hidrovarkliu. Grandikliai juda tik viena kryptimi. Šią sistemą galima naudoti stačiakampių sandėlių su plokščiu dugnu iškrovimui. Grandiklių transporterių privalumai:

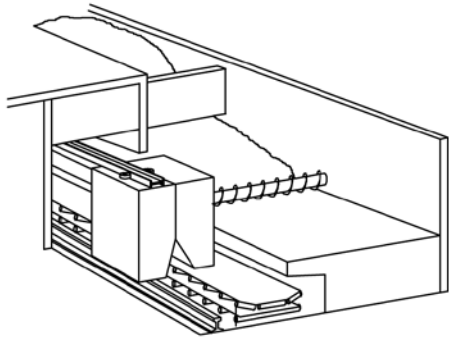
- kuro iškrovimo iš sandėlio procesas vyksta tolygiai ir yra lengvai kontroliuojamas;
- elektros energijos suvartojimas yra mažesnis nei stumiamųjų grindų naudojimo atveju;
- sandėlį galima visiškai ištuštinti.

Grandiklių transporterių trūkumai:

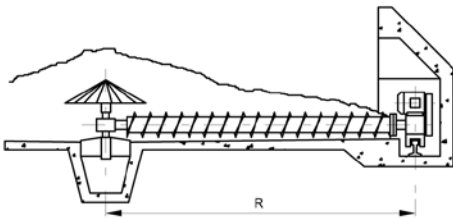
- sudėtingesnė konstrukcija, todėl mažesnis patikimumas negu stumiamųjų grindų atveju;
- po sandėliu turi būti tuščias tūris apatinės grandinės atšakos grįžtamajam judėjimui;
- sandėlio plotis ir kuro sluoksnio storis ribotas (storis iki 5 m).

Šnekiniai transporteriai (žr. 5.8 pav.).

Šnekiniai transporteriai gali būti su judama arba stacionariąja ašimi. Pirmieji skirti į transporterius, kurių šneko ašies judėjimas slenkamasis arba sukamasis. Šnekiniai transporteriai su slenkamuju ašies judėjimu naudojami bunkeriuose su stačiakampiais plokščiais dugnais. Šnekas bunkerio dugnu juda atgal ir pirmyn, išstumdamas kurą iš bunkerio ant statmenai bunkerio krašte įrengto transporterio. Šnekiniai transporteriai su besisukančia ašimi naudojami bunkeriuose su kūginiu arba plokščiu apvaliu dugnu. Besisukantis šnekas perkelia kurą prie angos bunkerio dugno centre, kur kuras krinta ant kito transporterio. Bunkerio dugne gali būti įrengta vienas arba keli šnekiniai transporteriai su stacionaria ašimi. Pirmuoju atveju bunkeris siaurėja į apačią, tokio bunkerio naudojimo sritis ribota. Tokios formos bunkeris gali būti naudojamas tik sijotoms ir sausoms gabalinėms durtėms.



a)



b)

5.8 pav. Šnekiniai transporteriai bunkerio dugne:

a) transporteris su slenkamuju ašies judėjimu;

b) transporteris su sukamuoju ašies judėjimu.

Pagrindiniai šnekinių transporterių privalumai:

- galimas didelis ilgis;
- tolygus našumas;
- tikslus našumo reguliavimas.

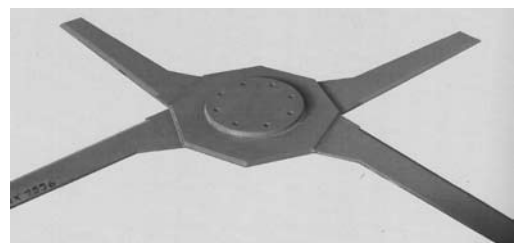
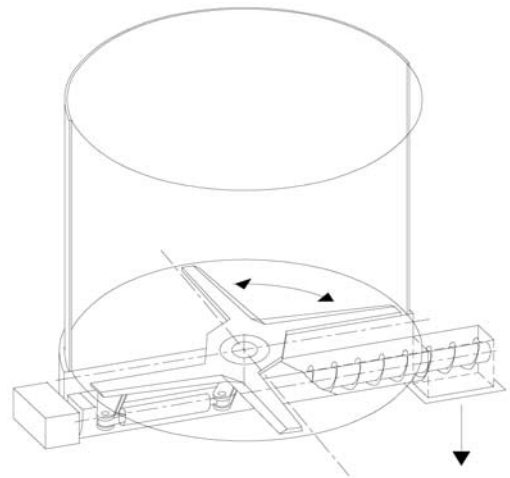
Trūkumai:

- didelis nusidėvėjimas;
- jautrumas metalui, akmenims, medžių šakoms, kelmams ir t. t.;
- didelis paleidimo momentas;
- gabenamas kuras yra traiškomas (o tai svarbu gabalinėms durpėms).

Hidraulinis rotorius (žr. 5.9 pav.).

Cilindrinio bunkerio dugne įrengiamas daugiamentis rotorius, kurio mentės sukamuoju-grįžtamuoju judesiu suka hidrauliniai cilindrai, sumontuoti po bunkerio dugnu. Profiliuotos rotoriaus mentės stumia kurą prie angų, esančių virš transporterio, bunkerio dugne. Hidrauliniai rotorai naudojami kuro iškrovimui iš cilindrinė bunkerio, kurių skersmuo neviršija 10 m, o aukštis – 25 m.

Atsižvelgiant į sandėlio iškrovimo įrenginių privalumus ir trūkumus, nustatomas jų tinkamumas vienos ar kitos rūšies kurui. 5.1 lent. ir 5.2 lent. įvertintas įvairių sandėlio iškrovimo įrenginių bei transporterių tinkamumas gabalinėms durpėms ir skiedroms. Skiedros dažnai naudojamos kaip rezervinis kuras durpėmis kūrenamiems katilams. Duomenys paimti iš [51] šaltinio.



5.9 pav. Bunkeris su hidrorotoriumi (Saxlund)

5.1 lentelė. Sandėlio iškrovimo įrangos tinkamumas kietajam biokurui

Įrenginys	Gabalinės durpės	Skiedros
Grandikliniai transporteriai	++	+++
Stumiamosios grindys	+++	+++
Plokščias dugnas su šnekiniais transporteriais	++	+++
Grandikliniai transporteriai	+	++
Hidrorotorius	+	+++

+ tinka su tam tikrais apribojimais

++ tinka

+++ puikiai tinka

5.2 lentelė. Transporterių tinkamumas kietajam biokurui

Įrenginys	Gabalinės durpės	Skiedros
Šnekinis transporteris	+	++
Juostinis transporteris	+++	+++
Elevatorius	+	+++
Grandikliniai transporteriai	+++	+++

+ tinka su tam tikrais apribojimais

++ tinka

+++ puikiai tinka

6. BIOKURU KŪRENAMŲ KATILINIŲ APLINKAI SUKELIAMO POVEIKIO MAŽINIMAS

Nors ir laikoma, kad biokuru kūrenamos katilinės yra ekologiškos, tačiau bet kokia technologija daro tam tikrą poveikį ir gamtinei aplinkai, ir regiono gyventojams. Tiesioginį biokuru kūrenamų katilinių daromą poveikį aplinkai galima apibendrinti taip:

- dujiniai ir kietųjų dalelių išmetimai į atmosferą;
- pelenai, kuriuos reikia utilizuoti;
- triukšmas;
- kuro gabenimas sunkiosiomis transporto priemonėmis.

Tinkamai planuojant ir teisingai pasirinkus aikštelę katilinei, triukšmą ir nepageidautiną sunkiųjų transporto priemonių eismo poveikį galima sumažinti. Kovoiant su kietųjų dalelių ir dujiniais išmetimais, daug daugiau dėmesio reikia skirti deginimo ir dujų valymo technologijų tobulinimui, dėl ko turėtų susidaryti sąlygos vis griežtėjančių aplinkosauginių reikalavimų tenkinimui.

6.1. Kietųjų dalelių ir dujiniai išmetimai

Kietųjų dalelių išmetimai iš katilų, kūrenamų kietuoju kuru, sąlyginai gali būti skirstomi į dugno pelenus ir lakiuosius pelenus. Deginant biokurą, pelenai krin-ta ant kūryklos dugno, kur jie surenkami ir transportuojami sraigtiniu transporteriu arba grandikliniu transporteriu į surinkimo konteinerį. Lakieji pelenai – tai pelenų dalis, dūmų kanalais išnešta su degimo produktais į kaminą.

Bendras dujinių išmetimų kiekis tiesiogiai priklauso nuo deginamo kuro pelenin-gumo. Paprastai skiedrų ir pjuvenų granu-

lių peleningumas neviršija 1%. Švarių (be žievės) skiedrų peleningumas gali nesiekti 0,3%. Kai naudojama prastesnės kokybės žaliava (daugiau žievės, užteršta dirvože-miu), peleningumas gali būti didesnis (net-gi daugiau negu 5%).

Būdingas durpių peleningumas 4–6%, šis rodiklis kiekybiškai apie 10 kartų dides-nis už atitinkamą švaraus medienos kuro rodiklį. Šiaudų peleningumas svyruoja 3–5% ribose.

Sandėliavimo ir utilizavimo metu reikia atsižvelgti ne tik į pelenų kiekius, bet ir į jų sudėtį.

Kenksmingi dujiniai išmetimai – visų pir-ma tai sieros emisijos (SO_2), azoto emisijos (NO_x^1), anglies viendeginis (CO), nesudegę angliavandeniliai ir anglies dvideginis (CO_2).

Anglies dvideginio išmetimą reikėtų na-grinėti atskirai, kadangi jo padidėjęs kiekis atmosferoje yra globalinio atšilimo ir klima-to kaitos priežastis. Biomasės augimo metu anglies dvideginio kiekis, sugertas iš atmosferos vykstant fotosintezai, yra lygus degimo metu išsiskyrusio į atmosferą ang-lies dvideginio kiekiui. Be to, reikėtų pa-minėti, kad biomasės irimo metu gamtoje CO_2 taip pat išmetamas į atmosferą. Jeigu biomasės sudeginama tiek, kiek jos priauga, anglies dvideginis, išmestas biomasės deginimo metu į atmosferą, nedaro įtakos CO_2 kiekiui atmosferoje ir pagal tarptauti-nius susitarimus nėra laikomas šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis.

Anglies viendeginio ir nesudegusių ang-liavandenilių koncentracija degimo produktuose praktiškai priklauso tik nuo degimo sąlygų ir tinkamo tolygaus degimo oro pakirstymo.

Sieros ir azoto emisijos priklauso ir nuo jų kiekio kure, ir nuo deginimo proceso. Daugelio rūšių biokure bei durpėse azoto ir sieros kiekis nedidelis, todėl šių junginių sulaikymo įrenginiai biokuru kūrenamose katilinėse naudojami retai.

¹ Simbolis NO_x naudojamas azoto oksidams NO ir NO_2 žymėti, tačiau azotas išmetimuose gali būti randamas ir linksminančių dujų pavidalo (N_2O).

6.2. Galiojantys teršalų išmetimus ribojantys norminiai aktai

Direktyvos 2001/80/EB dėl tam tikrų teršalų, išmetamų į orą iš didelių kurų deginančių įrenginių, paskirtis yra smarkiai apriboti į orą išmetamų teršalų kiekius. Šiam tikslui tam tikriems teršalams yra nustatytos ribinės reikšmės. Remiantis šia direktyva, dideliu kurų deginančiu įrenginiu laikomas ne mažiau 50 MW šiluminės galios įrenginys, nepriklausomai nuo jame deginamo kuro rūšies.

Direktyvoje biomasė – tai miškų ūkio arba žemės ūkio produktas, pilnai arba iš dalies sudarytas iš augalinės medžiagos, kurį galima naudoti kurui. Be to, biomase galima laikyti ir šias kurui naudojamas atliekas:

- žemės ūkio arba miškų ūkio augalines atliekas;
- medienos perdirbimo pramonės augalines atliekas, jeigu pagaminta šiluma sunaudojama toje pačioje gamyboje;
- celiuliozės ir popieriaus pramonės šviežias organines pluoštines atliekas, jeigu jos deginamos vietoje, o pagaminta šiluma sunaudojama toje pačioje gamyboje;
- kamščiamedžio atliekas;
- medienos atliekas, pirmiausia statybinės ir griautinės medienos atliekas, išskyrus impregnuotas arba padengtas apsaugine danga atliekas, kuriose gali būti organinių halogeninių junginių arba sunkiųjų metalų.

Išmetamo teršalo ribinė vertė – tai leistinas išmetamo iš deginančio įrenginio į aplinkos orą teršalo kiekis viename normaliam sausų degimo produktų kubiniame metre (esant temperatūrai 273 K bei slėgiui 101,3 kPa). Kietajam kurui, įskaitant biomasę, ribinės vertės pateikiamos laikant, kad deguonies kiekis degimo produkte yra 6 tūrio procentai.

Estijos aplinkos ministro nutarimu Nr. 112 buvo nustatytos išmetamų teršalų kiekių iš didelių kurų deginančių įrenginių ribinės vertės, užtikrinančios reikalavimus bendriesiems išmetimams ir vietinio oro kokybei tenkinimą.

Siekiant užtikrinti jau veikiančių įrenginių darbo resursų išnaudojimą be didesnių investicijų į aplinkos apsaugą, naujieji ir esamieji deginantys įrenginiai nagrinėjami atskirai.

6.1 lentelė. Sieros dvideginio emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiesiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
50 ≤ P ≤ 100	2000
100 < P < 500	2000... 400*
P > 500	400

* – linijinis mažėjimas didėjant šiluminei galiai.

6.2 lentelė. Sieros dvideginio emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiesiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
P > 500	200

6.3 lentelė. Azoto dvideginio emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiesiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
50 ≤ P ≤ 500	600
P > 500, iki 2015-12-31	500
P > 500, nuo 2016-01-01	200 (450*)

* – deginančiam įrenginiui, eksploatuojamam mažiau nei 1500 valandų per metus (vidutiniškai per penkerius metus).

6.4 lentelė. Azoto dvideginio emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
50 ≤ P ≤ 100	400
100 < P ≤ 300	200
P > 300	200

6.5 lentelė. Kietųjų dalelių emisijų ribinės vertės esamiems kietą kurą deginantiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
50 ≤ P ≤ 500	100
P ≥ 500	50

6.6 lentelė. Kietųjų dalelių emisijų ribinės vertės naujiems biokurą deginantiems įrenginiams

Deginančio įrenginio šiluminė galia, P, MW	Ribinė išmetamų teršalų kiekio vertė, mg/Nm ³
50 ≤ P ≤ 500	50
P > 100	30

Pastaba: lentelėse sąlyginis terminas „esamieji“ be jau šiuo metu eksploatuojamųjų katilinių, apima ir įrenginius, gavusius leidimą statybai ne vėliau kaip iki 2002 m. lapkričio 27 d. ir priimtus eksploatuoti ne vėliau kaip iki 2003 m. lapkričio 27 d. Terminas „naujieji“ apima deginančius įrenginius, kuriems statybos leidimas buvo išduotas po 2002 m. lapkričio 27 d. arba, kurie buvo priimti eksploatuoti po 2003 m. lapkričio 27 d.

Kalbant bendrai, Europos Sąjungoje emisijų iš mažesnių deginančių įrenginių (< 50 MW) teisės aktai tiesiogiai neregla-

mentuoja. Kai kuriose šalyse atitinkami reikalavimai yra įvesti, tačiau iš esmės juos palyginti yra sudėtinga, kadangi skiriasi ribinėms vertėms ir atitinkamiems matavimams nustatytos sąlygos. Pvz., Austrijoje, kurioje vienoje iš pirmųjų buvo įvesti aplinkosauginiai reikalavimai, emisijų ribinės vertės buvo nustatytos remiantis į katilą paduodamo kuro energijos kiekiu.

6.7 lentelė. Emisijų ribinės vertės, taikomos mediana kūrenamiems katilams Austrijoje

Katilo tipas	Emisijų ribinės vertės, mg/MJ			
	CO	NO _x	ODJ ²	Dalelės
Rankinis padavimas	1100	150	80	60
Automatinis padavimas	500	150	40	60

Ribinių verčių į katilą paduodamo kuro energijos kiekio vienetui neįmanoma palyginti su teršalų kiekiu degimo produktuose, neatsižvelgiant į degimo proceso ypatybes. Pvz., CO kiekis 1100 mg/MJ apytiksliai atitinka 1700 mg/Nm³ arba 1400 ppm, kai deguonies kiekis 13%. Esant tokioms pačioms degimo sąlygoms ribinę vertę 150 mg/MJ atitiktų apytiksliai 230 mg/Nm³ arba 110 ppm, o angliavandenilių kiekį 80 mg/MJ – apie 120 mg/Nm³.

Kai kuriose šalyse buvo įvesti specialūs savanoriški aplinkosaugos standartai, pvz., „Blauer Engel“ Vokietijoje ir aplinkosaugos ženklas („Gulbė“) Šiaurės šalyse.

Kai kuriose šalyse mažųjų katilų darbo vertinimas paremtas geriausios turimos praktikos (GTP) principu. Šis principas yra taikomas Suomijoje, Didžiojoje Britanijoje ir Danijoje.

² Organiniai dujiniai junginiai.

6.8 lentelė. Savanoriško aplinkosaugos standarto „Gulbė“ reikalavimai kietojo kuro katilams Šiaurės šalyse (mg/m^3)

Katilo galia	CO	ODJ	Dalelės
< 100 kW	1000* (2000**)	70	70
100–300 kW	500* (1000**)	50	70

Pastaba: kai O_2 kiekis degimo produktuose 10%.

* – automatinis kuro padavimas

** – rankinis kuro padavimas

Aplinkosaugos problemoms tampant vis aktualesnėms, pradėta koordinuoti ir reikalavimus mažųjų katilų įrangai, įskaitant biomase kūrenamus katilus. Europos standartizacijos komitetas (CEN) standartu EN 303-5 nustatė reikalavimus iki 300 kW nominaliosios galios kietu kuru kūrenamiems katilams.

6.9 lentelė. Emisijų ribinės vertės (g/m^3 , kai O_2 kiekis 10%) iki 300 kW galios katilams (pagal standartą EN 303-5)

Nominalioji galia, kW	Rankinis kuro padavimas			Automatinis kuro padavimas		
	< 50	50–150	150–300	< 50	50–150	150–300
CO						
1 klasė	25,00	12,50	12,50	15,00	12,50	12,50
2 klasė	8,00	5,00	2,00	5,00	4,50	2,00
3 klasė	5,00	2,50	1,20	12,50	2,50	1,20
ODJ						
1 klasė	2,00	1,50	1,50	1,75	1,25	1,25
2 klasė	0,30	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
3 klasė	0,15	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08
Kietosios dalelės						
1 klasė	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
2 klasė	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
3 klasė	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

6.10 lentelė. Emisijų ribinės vertės mažiesiems mediena kūrenamiems katilams (< 50 kW), remiantis geriausia turima technologija Suomijoje

Įrenginio galia, kW	NO_x		SO_2	
	mg/MJ	mg/m ³	mg/MJ	mg/m ³
1–5	100–130	250–325		
5–10	50–100	125–50		
10–50	20–50	50–125		
1–50			100–150	250–375

ES nėra direktyvos nustatančios, kad standarto EN 303-5 reikalavimai yra privalomi. Kadangi standartas yra patvirtintas CEN³, CEN valstybių narių standartizacijos organizacijos yra įpareigotos priimti jį kaip nacionalinį standartą. Standartas EN 303-5 yra bendras katilų gamybos standartas visose ES šalyse. CEN Techninis komitetas (CEN/TC 295) parengė standartų mažiems (<50 kW) buitiniams šildymo įrenginiams ir kūrykloms – EN 13229:2001, EN 13240:2000, EN 12815: 2001 ir EN 12809:2001.

6.3. Kietųjų dalelių sugaudymas degimo produktuose

Degimo produktai turi būti išvalyti iki reikiamo lygio, kad per kaminą išmetamose dujose sumažėtų pelenų kiekis. Pelenų kiekis degimo produktuose nustatomas emisijų standartais.

Lakiųjų pelenų atskyrimui nuo degimo produktų egzistuoja skirtingų rūšių prietaisai ir metodai: multiciklonai, rankoviniai filtrai, elektrostatiniai nusodintuvai bei skruberiai. Nauja tendencija lakiųjų pelenų šalinimo iš degimo produktų bei biokuru kūrenamų katilų energetinio efektyvumo gerinimo srityje – degimo produktų aušinimas, apimantis vandens garų kondensavimą ir kietųjų dalelių sugaudymą.

Visi išvardinti įrenginiai turi savų trūkumų ir privalumų, todėl jų naudojimas konkretaus katilo degimo produktų valymui priklauso nuo kelių aplinkybių, tarp jų – ir katilo dydžio (galios).

Norint pasiekti aukštą valymo įrangos efektyvumą, įrenginį reikia tinkamai pasirinkti ir apskaičiuoti. Ciklono ir elektrostatinio nusodintuvo skaičiavimuose dujų srautas per įrenginį nustatomas pagal pelenų dalelių dydį.

Pagrindiniai rodikliai, apibūdinantys dujų valymo įrangos darbą, pateikti 6.11 lent.

6.11 lentelė. Dujų valymo įrangos darbo rodikliai

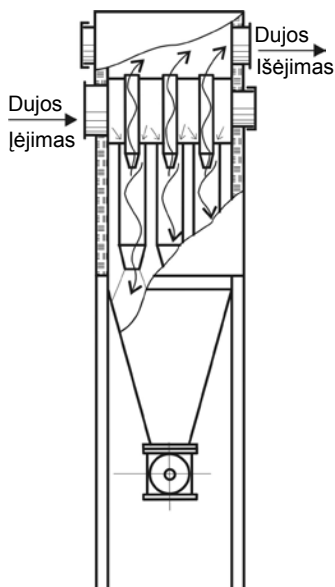
Įrenginys	Pelenų kiekis dujose, mg/Nm ³	Darbo temperatūra, °C
Multiciklonas	150–500	< 500
Rankovinis filtras	10–50	< 150
Elektrostatinis nusodintuvas	99,9%*	< 300
Skruberis	50–100	< 70–80

* Elektrostatinio nusodintuvo darbą nusako jo valymo efektyvumas.

6.3.1. Multiciklonai

Ciklonas – tai įrenginys, kuriame kietosios dalelės atskiriamos nuo dujų vertikaliame vamzdyje veikiant išcentrinei jėgai.

Multicikloną (žr. 6.1 pav.) sudaro keletas įprastinių arba pasrovininių ciklonų, kolektooriumi ir bunkeriu sujungtų į bendrą sistemą. Naudojant multicikloną, gaunamas mažesnių matmenų įrenginys, be to, dujų trakte sumažėja pasipriešinimas.



Gamintojas
Justsen
Energiteknik
A/S (Danija)
Tipas JU-EM
Efektyvumas
80–90 %
(priklausomai
nuo pelenų
dalelių dydžio)
Pelenų kiekis
degimo
produktuose
150–300
mg/Nm³
(priklausomai
nuo kuro
kokybės)

6.1 pav. Multiciklonas

³ Europos standartizacijos komitetas.

Medienos deginimo metu išsiskyrusių lakiųjų pelenų dalelės yra santykinai didelės, todėl jas galima lengvai atskirti multiciklonuose. Šiuose įrenginiuose degimo produktų pelenų kiekis gali būti sumažintas iki $\sim 150 \text{ mg/Nm}^3$. Multiciklonas yra palyginti nebrangus, paprastos konstrukcijos ir nereikalauja ypatingo techninio aptarnavimo. Todėl multiciklonai yra ganėtinai plačiai paplitę katilinėse. Taip pat svarbu, kad multiciklonas nėra ypatingai jautrus temperatūrai.

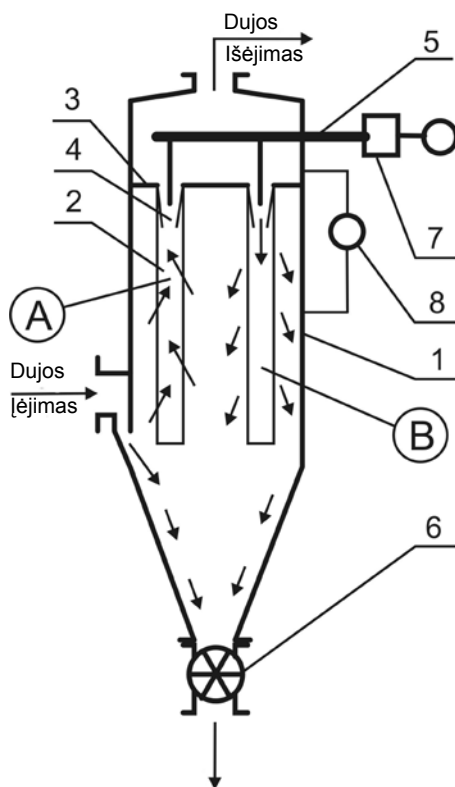
6.3.2. Rankoviniai filtrai

Rankoviniuose filtruose (žr. 6.2 pav.) kietosios dalelės iš degimo produktų srauto išgaudomos su tankaus audeklo arba poringosios keramikos pagalba.

Rankoviniai filtrai yra daug efektyvesni degimo produktų valymo įrenginiai negu multiciklonai, jais degimo produktuose pasiekiamas $10\text{--}50 \text{ mg/Nm}^3$ pelenų kiekis. Paprastai rankovinių filtrų darbinė temperatūra neviršija $\sim 180^\circ\text{C}$. Dažniausiai šiems filtrams naudojamas poliesterio audinys. Tefloninis audinys pasižymi daug geresniu cheminiu atsparumu ir atsparumu temperatūrai, tačiau, lyginant su poliesterio audiniu, jis yra dešimtis kartų brangesnis.

Siekiant užkirsti kelią žiežirbų pakliuvimui į filtrą, priešais filtrą įrengiamas ciklonas arba nusodinimo kamera. Rankovinio filtro aukšto efektyvumo užtikrinimui bei paties filtro aerodinaminio pasipriešinimo sumažinimui būtina reguliariai atlikti jo regeneraciją – valymą. Plačiausiai paplitę rankovinio filtro valymo metodai yra tokie: mechaninis purtymas, valymas priešingu dujų srautu ir impulsinis valymas. Taip pat naudojama keletas kombinuočių valymo metodų, pvz., po priešingo dujų srauto seka mechaninis purtymas.

Dėl užsiliepsnojimo pavojaus rankovinis filtras turi būti apsaugotas nuo aukštos temperatūros ir didelio deguonies kiekio degimo produktuose. Paprastai naudojama automatinė apsaugos sistema, nukreipianti dujas šalia filtro.



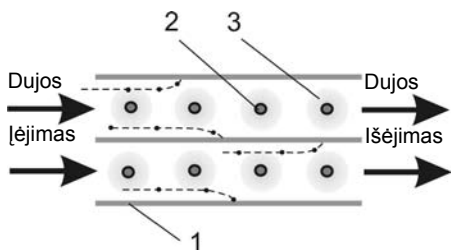
6.2 pav. Rankovinis filtras su impulsiniu valymu

A – filtravimas; B – regeneracija; 1 – korpusas; 2 – filtruojantis elementas; 3 – Venturi plokštė; 4 – Venturi tūta; 5 – suslėgto oro kolektorius; 6 – besisukantis vožtuvas; 7 – elektromagnetinis vožtuvas; 8 – manometras

Biokuru kūrenamuose įrenginiuose rankoviniai filtrai naudojami rečiau negu multiciklonai. Stambesnėse katilinėse rankoviniai filtrai naudojami kaip antriniai įrenginiai po multiciklonų.

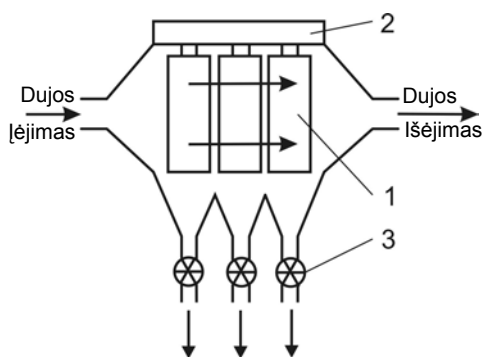
6.3.3. Elektrostatiniai nusodintuvai

Elektrostatiniuose nusodintuvuose (žr. 6.3 pav.) valomos dujos teka pro elektrinį lauką ir kietosios dalelės nusėda ant elektrodų.



A. Veikimo principas

1 – nusodinantis elektrodas; 2 – vainikinis elektrodas; 3 – jonų laukas arba vainikas



B. Išilginis pjūvis

1 – nusodinantys elektrodai; 2 – aukštos įtampos įranga ir elektrodų purtytuvai; 3 – besisukantis vožtuvas

6.3 pav. Elektrostatiniai nusodintuvai

Veikimo principas. Nusodintuvo elektrodams tiekama pastovi aukštos įtampos srovė, be to, vainikinis elektrodas paprastai būna neigiamas. Aukšta įtampa tarp elektrodų sukuria vainikinį išlydį ir dauguma dujų tarp elektrodų įgauna neigiamą krūvį. Neigiami jonai veikiant elektros laukui juda prie nusodinančių elektrodų. Judėdami jonai susiduria su dujose esančiomis kietosiomis dalelėmis ir jų paviršiuje yra absorbuojami. Tokiu būdu dulkių dalelės įgauna neigiamą krūvį ir pradeda judėti nusodinančių elektrodų link. Nusėdusios medžiagos nuo elektrodų pašalinamos, šiuos periodiškai nupurtant.

Elektrostatinis nusodintuvas yra efektyvus, bet palyginti brangus dujų valymo įrenginys. Dėl šios priežasties jo naudojimas mažose biokuru kūrenamose katilinėse yra ribotas.

6.3.4. Degimo produktų kondensacija

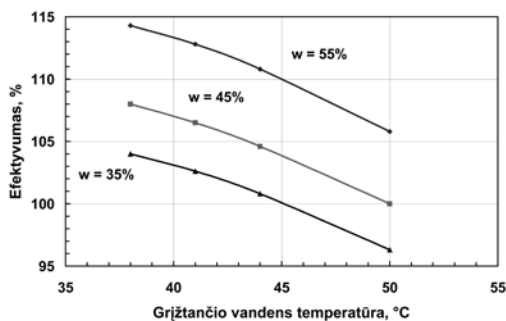
Degimo produktų kondensacijos (tiksliau vandens garų iš degimo produktų kondensacijos) dėka galima pasiekti dviejų tikslų: visų pirma, pelenų dalelių kiekis degimo produktuose sumažės iki tokio lygio, kokio pasiekama valant rankoviniu filtru, ir antra, dėl kondensacijos metu išsiskyrusios šilumos padidėja energetinis efektyvumas.

Biokuru kūrenamų katilų degimo produktuose vandens garų būna dėl dviejų priežasčių: vandens garai susidaro dėl kuro esančio vandenilio reakcijos su oro deguonimi degimo procese; kuro drėgmė (įprastas skiedrų drėgnumas 35–55%) taip pat paverčiama vandens garais.

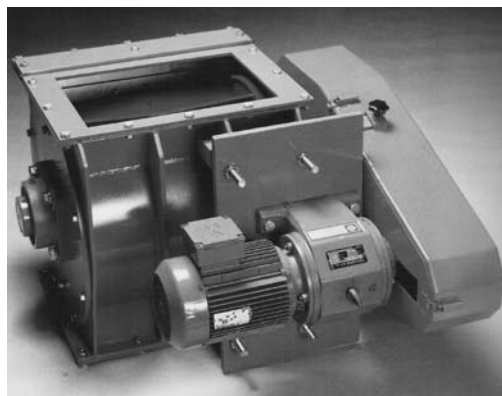
Vandens garai, esantys degimo produktuose, pirmiausia kelia susidomėjimą, kadangi tai yra nepanaudojama energija, išsiskirianti kondensacijos metu (taip pat žr. 4.1.3 skyrelį). Teoriškai išsiskyrusi kondensacijos energija yra lygi vandens garavimo šilumos ir aušimo metu gautos šilumos sumai. Kai degimo produktų temperatūra nukrinta žemiau rasos taško, vandens garai pradeda kondensuotis. Kuo labiau atvėsta degimo produktai, tuo daugiau vandens garų kondensuojasi ir tuo daugiau šilumos gaunama. Degimo produktų aušinimui naudojamas grįžtantis centralizuoto šildymo sistemos vanduo (žr. 6.4 pav. [57]).

Degimo produktų aušintuvas yra pirmasis katilinės įrenginys, pro kurį prateka grįžtantis vanduo.

Degimo produktų kondensacijos liekamasis produktas yra kondensatas, sudarytas iš vandens, kuriame yra nedideli dulkių dalelių bei organinių medžiagų (dėl nepilno kuro sudegimo) kiekiai. Kondensate gali būti sunkiųjų metalų, chloro bei sieros. Kondensato pH, priklausomai nuo sistemos



6.4 pav. Degimo produktų kondensacijos poveikis katilinės efektyvumui



6.5 pav. Besisukantis vožtuvas (Saxlund)

struktūros, gali labai svyruoti, bet paprastai pH būna 6–7. Sunkiųjų metalų, pirmiausia kadmio, gali būti randama kietosiose dalelėse, šie metalai netirpsta vandenyje. Todėl prieš išleidžiant kondensatą į aplinką, jį būtina atitinkamai apdoroti. Paprastai tai būna atliekama išfiltruojant kietąsias daleles ir neutralizuojant vandenį iki atitinkamus aplinkosaugos reikalavimus tenkinančio lygio [22].

Kad vandens lašai nepakliūtų į degimo produktų traktą ir kamina, po degimo produktų aušintuvu montuojamas efektyvus pusrslų gaudiklis. Mažose katilinėse, kur taikoma degimo produktų kondensacija, korozijos pavojaus sumažinimui degimo produktų trakte ir kamine tikslinga naudoti korozijai atsparias medžiagas.

6.4. Pelenų šalinimas ir utilizavimas

6.4.1. Pelenų šalinimas

Kaip jau buvo minėta anksčiau, medžio skiedrų ir granuliu peleningumas paprastai būna ~1%, grūdinių kultūrų šiaudų – 3–5%, o durpių kuro – 4–6%. Ši nedegusių mineralinių medžiagų dalis degimo procese tampa pelenais, kuriuos reikia pašalinti iš katilo.

Pelenų šalinimas gali būti sausasis arba drėgnasis ir atitinkamai yra naudoja-

mos sauso arba drėgno pelenų šalinimo sistemos.

Sausajam pelenų šalinimui katile ir degimo produktų trakte turi būti įrengti specialūs prietaisai pelenų išmetimui, užtikrinantys sistemos sandarumą (besisukantys vožtuvai, kūginiai išmetimo vožtuvai). 6.5 pav. parodytas bendrovės Saxlund gaminamas besisukantis vožtuvas.

Toliau pelenai gabenami šnekiniu arba grandikliniu transporteriu (žr. 6.6 pav.) į surinkimo bunkerį. Didelėse katilinėse naudojamas ir pneumatinis transportas.

Šlapio pelenų šalinimo sistemoje sandarumo užtikrinimui paprastai nereikia ypatingų įrenginių, kadangi hidrauliniai užtvairai neleidžia įsiurbti oro į katilą. Drėgnajam pelenų šalinimo trūkumas – sunkūs šlapi pelenai pelenų konteineriye ir korozija.

Konteinerio ištuštinimo dažnis priklauso nuo kuro sunaudojimo ir konteinerio talpos; galima laikyti, kad šildymo laikotarpiu tą yra tikslinga atlikti vieną arba du kartus per mėnesį. 6.7 pav. parodyta keletas pelenų konteinerių biokuru kūrenamai katilinei.

6.4.2. Pelenų utilizavimas

Medienos pelenuose yra augalams būtinų maisto medžiagų, pvz., kalio, magnio ir fosforo. Todėl medienos pelenus galima



6.6 pav. Grandiklinis transporteris (Saxlund)

naudoti miškų tręšimui tuo atveju, kai kurio nors iš komponentų kiekis nėra per didelis ir neviršija aplinkosaugos normų.

Deginant medieną arba šiaudus, pelenuose kaupiasi ir sunkieji metalai. Tačiau gražinant pelenus į kirtavietes arba javų auginimo vietą nedideliais kiekiais, situacija nelabai skiriasi nuo tos, kai kirtimo atliekos paliekamos kirtavietėje arba šiaudai – laukuose. Vis dėlto medienos pelenus reikėtų utilizuoti miške, o šiaudų pelenus – laukuose.

Durpių pelenai dėl savo cheminės sudėties netinka miškų ar laukų tręšimui, todėl durpių pelenų naudojimas yra ribotas. Šiuos pelenus galima naudoti, pvz., kaip medžiagą kelių statyboje. Jeigu pelenų nėra kaip suvartoti, jie turi būti saugomi pagal reikalavimus. Durpių pelenų utilizavimas turi vykti laikantis vietinių įstatymų.



A. Pelenų konteineris su šnekiniu transporteriu



B. Konteineris po pelenų bunkeriu. Tarp bunkerio ir konteinerio matomas besisukantis vožtuvas.

6.7 pav. Pelenų konteineriai. Ū. Kask nuotraukos

Tarp deginimo kokybės ir poliaromatinių angliavandenilių (PAA) kiekio pelenuose egzistuoja tam tikras ryšys. Todėl, be sunkiųjų metalų kiekio, pelenuose taip pat būtina nustatyti ir nesudegusios anglies kiekį. Kai likutinės anglies kiekis pelenuose neviršija 5%, PAA kiekį pakanka matuoti kas antrus metus, bet jei nesudegusios anglies kiekis yra didesnis negu 5%, PAA analizę reikia atlikti kasmet [22].

6.5. Nuosėdų šalinimas nuo katilo šildymo paviršių

Biokuru kūrenamo katilo kūrykla ir šildymo paviršiai degimo produktų pusėje laikui bėgant pasidengia pelenais ir suodžiais. Tokių kietųjų deginimo liekanų nusėdimas vadinamas išoriniu šildymo paviršių užteršimu. Šildymo paviršiai užsiteršia ir vandens pusėje, šis reiškinys vadinamas vidiniu užteršimu.

Išorinis šildymo paviršių užteršimas kietojo kuro katile vyksta daug intensyviau negu dujomis ar lengvuju krosnių kuru kūrenamuose katiluose. Dėl užsiteršimo dujos katile aušinamos ne taip efektyviai, todėl mažėja katilo efektyvumas ir galia. Išorinės biokuru kūrenamo katilo nuosėdos paprastai būna trupios arba šiek tiek sutankėjusios, pakankamai nestipriai prilipę prie šildymo paviršiaus. Nuosėdų savybės priklauso nuo katilo šildymo paviršiaus temperatūros režimo bei kuro deginimo režimo.

Siekiant palaikyti kaip įmanoma aukštesnę katilo šiluminę galią, būtina periodiškai valyti šildymo paviršius. Valymas priklauso nuo užsiteršimo intensyvumo bei pasirinkto valymo metodo.

Biokuru kūrenamų katilų valymui naudojami tokie metodai: pneumatinis valymas, vibracinis valymas ir akustinis valymas. Taip pat žinomas valymas garų čiurkšle arba vandens čiurkšle, bet šie metodai naudojami sunkiai pašalinamoms nuosėdoms, todėl jie neaktualūs biokuru kūrenamų katilų valymo būdai.

Pneumatinis valymas. Katilo dujų traktuose sumontuojamos suslėgto oro tūtos arba pūstuvai su tūtomis. Valomos srities padidinimui pūstuvai atlieka ir linijinį, ir sukamąjį judesį. Laikotarpiui tarp valymų pūstuvai išimami iš dujų trakto. Valymas atliekamas katilo eksploatavimo metu. Valymo procesas pilnai automatinis. Šiam metodui būtinas suslėgtas oras.

Vibracinis valymas. Šildymo paviršiai yra purtomi mechaniniais vibratoriais. Vibruojantis judesys vamzdžiais perduodamas ant vamzdžių paviršiaus esančioms nuosėdoms, jas padeda veikti inercinė jėga. Nuosėdų pašalinimo laipsnį nusako nuosėdų prikibimo ir inercinės jėgos santykis. Šis metodas naudojamas radiacinių-konvekcinų šildymo paviršių valymui.

Plaktukinis valymas. Mechaninis smūgis plaktuku per šildymo paviršių jį supurto ir tokiu būdu nuosėdos atšoka nuo paviršiaus. Smūgių dažnumas – nuo keleto minučių iki kelių dešimčių minučių – pasirenkamas priklausomai nuo užsiteršimo intensyvumo. Šis metodas naudojamas minkštų, nesurištų nuosėdų šalinimui nuo radiacinių-konvekcinų šildymo paviršių.

Akustinis valymas. Valymo įrenginys (Nirafon, Primasonic) pašalina daleles nuo šildymo paviršių akustiniu hidrauliniu smūgiu. Smūgis kartojamas tol, kol pasiekiamas pageidaujamas valymo rezultatas.

Mažiems katilams naudojami paprasti valymo būdai. Katilų naudojimo instrukcijose paprastai nurodomas rankinis šildymo paviršių ir kūryklos valymas, naudojant priedamus reikmenis (semtuvą ir šepetį).

7. KIETAJŲ BOKURŲ NAUDOJANČIŲ ŠILUMOS TIEKIMO SISTEMŲ PLANAVIMAS

7.1. Šilumos poreikio nustatymas

Planuojant šilumos tiekimą centralizuoto ir vietinio šildymo sistemose, labai svarbu tinkamai nustatyti šilumos poreikį – visos sistemos dydis turi būti parinktas pagal jį. Šilumos poreikis priklauso nuo daugelio faktorių, iš kurių svarbiausi yra šie:

- šildomi pastatų plotai ir (arba) tūriai;
- pastatų naudojimo paskirtis;
- eksploatacijos laikas;
- ventiliacijos sistemos charakteristikos ir eksploatavimo laikas;
- vandentiekio karšto vandens naudojimo ypatybės;
- šilumos tiekimo sistemos techninės sąlygos;
- vartojimo įpročiai.

Poreikio įvertinimui yra tikslinga vartotojus suskirstyti į grupes, priklausomai nuo jų veiklos pobūdžio. Atskirai aptariamoms vartotojų grupėms galėtų būti tokios:

- gyvenamieji namai;
- biurų pastatai;
- parduotuvės;
- mokyklos ir vaikų darželiai;
- ligoninės;
- viešbučiai ir t. t.

Pramonės įmonės, kur šiluma yra reikalinga technologiniam procesui, nebus nagrinėjamos šiame žinyne. Paprastai kiekvienos grupės vartotojų šilumos sunaudojimas pasižymi tam tikromis ypatybėmis, į kurias reikia atsižvelgti. Jeigu šių grupių tipišku vartotojų poreikis patalpų šildymui labai nesiskiria, tai karšto vandentiekio vandens poreikio skirtumas yra reikšmin-

gas. Be abejo, ir ventiliacijos sistemos charakteristikos bei darbas gali skirtis.

Šilumos poreikį galima nustatyti keliais būdais. Kalbant apie vartotojų įrenginius, prijungtus prie centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemos, kuriai šiluma jau daug metų buvo tiekama matuojant faktinį šilumos suvartojimą, kaip pagrindą galima priimti ankstesnių metų šilumos poreikį. Rekomenduojama vadovautis mažiausiai trejų pastarųjų metų duomenimis. Be to, šilumos sunaudotos šildymui, kiekį reikėtų normalizuoti, taikant vadinamuosius atitinkamų metų laipsniadienius. Kartu taip pat netikslinga remtis labai ilgo laikotarpio duomenimis, kadangi šiuo atveju šilumos poreikį gali lemti (paprastai sumažinti) renovacijos (izoliacijos) darbai, atlikti pastate per tą laiką.

Reikėtų pabrėžti, kad vertinant numatomą poreikį pagal ankstesnį sunaudojimo lygį, reikia atsižvelgti į akivaizdų šiluminės apkrovos sumažėjimą ateityje. Šio sumažėjimo priežastis gali būti papildoma šiluminė pastato izoliacija, lankstesnis šilumos sunaudojimo valdymas, energiją taupančių įrenginių naudojimas, vartojimo įpročių pokyčiai ir t. t. Suvartojimo mažėjimą gali veikti ir augančios kainos (ir šilumos, ir vandens) bei, pvz., vandens skaitiklių įrengimas kiekviename bute.

Numatomo šilumos poreikio nustatymui nepakanka remtis tik preliminariai nurodytu vartotojų poreikiu ir esama katilo galia. Pastarųjų metų patirtis, ypač pereinamosios ekonomikos šalyse, parodė, kad CŠT sistemose ir gamybos, ir perdavimo pajėgumai yra per dideli dėl smarkaus vartojimo sumažėjimo.

Norint teisingai nustatyti šilumos poreikį, reikia įvertinti ir galimą naujų vartotojų atsiradimą. Atitinkamą informaciją galima rasti regiono detaliuosiuose planuose, jeigu vietinės valdžios įstaigos tokius yra parengusios. Situacija dar geresnė, jeigu yra parengtas energijos tiekimo plėtros planas.

Vartotojų, kurių įrenginius rengiamasi prijungti prie CŠT sistemos artimiausiu metu, šilumos poreikį galima nustatyti

iš projektinės dokumentacijos, susijusios su šilumos tiekimu, tačiau tik naujo pastato atveju. Jeigu naujasis vartotojas anksčiau naudojosi vietinio šildymo sistema, galima remtis ankstesnio suvartojimo duomenimis. Vartotojų, kurių įrenginiai bus prijungti prie sistemos vėliau, poreikį galima įvertinti paprasčiau, remiantis pastatų tūriu, gyventojų skaičiumi ir t. t.

Kai kuriuose regionuose reikėtų atsižvelgti į tai, kad kai kurių vartotojų įrenginiai gali būti atjungti nuo CŠT sistemos. Toks atvejis gali būti, jeigu vietinės valdžios įstaigos nereguliuoja šilumos tiekimo arba, jeigu nacionaliniai įstatymai šilumos tiekimui nenumato zonavimo galimybes. Perėjimas prie vietinio šildymo, keliantis grėsmę esamai centralizuoto šildymo sistemai, yra labiau paplitęs regionuose, kur CŠT kokybė prasta, kaina santykinai didelė ir netoliese yra gamtinių dujų skirstymo vamzdynas. Tokiu atveju CŠT tiekimo įmonė turėtų glaudžiai bendradarbiauti su vietos valdžios įstaigomis ir rasti sprendimą, palankų ir individualiems vartotojams, ir visam regionui.

Gyvenamiesiems namams ir biurų pastatams šiluma reikalinga patalpų šildymui ir karšto vandens paruošimui. Energija, suvartojama ventiliacijai, dažniausiai laikoma patalpų šildymo dalimi.

Energijos poreikis karšto vandens paruošimui yra nustatomas pagal gyventojų skaičių, apskaičiuotą karšto vandens dienos poreikį vienam gyventojui bei šalto ir karšto vandens temperatūrą. Daugeliu atvejų karšto vandens paruošimui temperatūrą reikia padidinti apie 50 laipsnių, pvz., nuo 5°C iki 55°C.

Karšto vandens dienos poreikis labai priklauso nuo vartotojų vartojimo įpročių, todėl karšto vandens suvartojimo nustatymo metodas labai svarbus. Estijos patirtis rodo, kad įrengus karšto buitinio vandens skaitiklius ir nustačius šių skaitiklių rodmenimis paremtą mokėjimo metodą, vidutinis suvartojimas labai sumažėja, kartais net 2–3 kartus.

Nors karštas vanduo nėra vartojamas tolygiai per visą dieną, reikalinga šilumos galia

vandens pašildymui paprastai apskaičiuojama remiantis vidutiniu dienos suvartojimu. Kadangi karšto vandens paruošimui reikia apytiksliai tik penktadalio patalpų šildymui suvartojamos energijos, reikiamą katilo galią galima apskaičiuoti neatsižvelgiant į ribines apkrovas dėl vandens pašildymo.

Energijos kaštų patalpų šildymui apskaičiavimui naudojamas arba bendras nagrinėjamo laikotarpio laipsniadienių skaičius, arba skirtumas tarp vidutinės lauko temperatūros ir projektinės vidaus temperatūros, tačiau šie metodai mažai skiriasi.

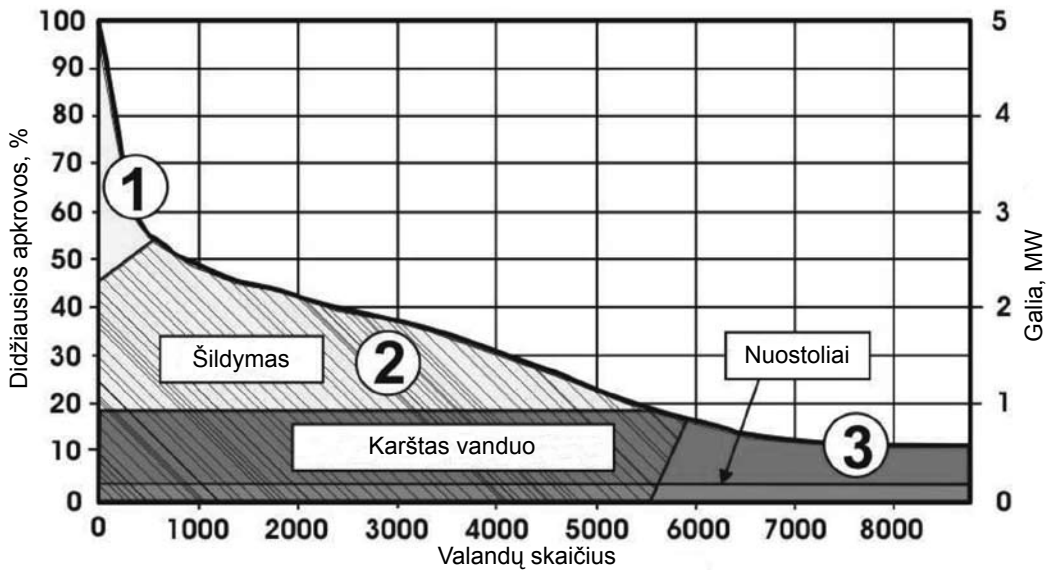
Norint nustatyti didžiausią reikalingą šilumos galią patalpų šildymui, paprastai imama fiksuota lauko temperatūra patalpų šildymo skaičiavimams regione¹. Pvz., ši temperatūra Estijai yra –19...–23°C, Stokholmui –18°C, šiaurinei Suomijos ir Švedijos daliai net –29...–32°C. Kuo žemesnė temperatūra nurodoma skaičiavimuose, tuo didesnė šiluminė galia yra reikalinga.

Tokiu būdu apskaičiuota šilumos galia kartu su galia, reikalinga karšto vandens paruošimui, apibūdina bendrąjį galutinių vartotojų šilumos poreikį, tačiau tai nėra galia, reikalinga šilumos gamybai katilinėje. Skaičiuojant bendrąją katilo galią, reikia atsižvelgti į nuostolius šildymo skirstymo vamzdynuose, o skaičiuojant kuro poreikį, reikia atkreipti dėmesį ir į katilo efektyvumą.

7.2. Apkrovos trukmės grafikas

Kaip jau buvo minėta, šiluminė apkrova svyruoja – ir per metus, ir per dieną. Todėl apkrovos pokyčių, atsižvelgiant į laiką, nustatymas yra gana sudėtingas uždavinys. Supaprastinimui rekomenduojama naudoti specialų šilumos apkrovos grafiką (arba apkrovos trukmės grafiką). Apkrovos trukmės grafiko sudarymas ypač tikslingas tuo atveju, kai katilinėje yra daugiau nei vienas katilas. Grafiko sudarymui reikia surinkti duomenis

¹ Fiksuota lauko temperatūra patalpų šildymo skaičiavimams paprastai būna vidutinė regiono šalčiausio penkių dienų laikotarpio temperatūra.



7.1 pav. Būdingasis CŠT katilinės apkrovos trukmės grafikas

apie katilo (ar katilų) apkrovą tam tikru dažnumu (rekomenduojama kas valandą). Po to reikia sudėlioti duomenis apie apkrovą mažėjančia tvarka ir pažymėti šias reikšmes grafike, kur horizontalioji ašis nurodo valandų skaičių metuose (8760), o vertikalioji – apkrovą (galios vienetais). Tokiu būdu gausime reikiamą grafiką, kuris parodys apkrovos trukmę per metus. Grafiko plotas po kreive rodo per laikotarpį pagamintą energijos kiekį (energijos vienetais). Apkrovos grafiko forma gali labai skirtis, priklausomai nuo vietos klimato sąlygų, šilumos poreikio charakteristikų ir kai kurių kitų faktorių.

Laipsniadienių sąvoka, taikoma šilumos tiekimo skaičiavimams, nusako 1°C skirtumą tarp vidutinės projektinės pastato vidaus temperatūros (vadinamosios pusiausvyros temperatūros) ir paros vidutinės lauko temperatūros. Pvz., jeigu paros vidutinė lauko temperatūra lygi 2°C , tada 1 paros (24 valandų laikotarpio) laipsniadienių skaičius lygus 16 ($18-2=16$, čia pusiausvyros temperatūra laikoma 18°C). Kol kas šilumos tiekimo analizės srityje tarp šalių nėra bendros laipsniadienių są-

vokos taikymo praktikos. Pvz., skiriasi vidutinės projektinės patalpos temperatūros naudojimas, taip pat skiriasi skaičiavimų metodai. Todėl skirtingų šalių duomenis ne visada galima palyginti, tačiau tai netrukdo laipsniadienių naudoti šilumos poreikio kitimų analizei, pvz., rajonuose, kuriuos aptarnauja viena katilinė. Šiam tikslui rekomenduojama atlikti vadinamąją šilumos suvartojimo atskirais metais normalizaciją. Normalizacijos koeficientą reikėtų apskaičiuoti dalinant kiekvienų metų bendrą laipsniadienių skaičių iš ilgalaikio metinio laipsniadienių skaičiaus vidurkio. Normalizuoto metinio šilumos suvartojimo palyginimas leidžia nustatyti, ar skirtumus lėmė orų sąlygos, ar įdiegtos taupymo priemonės.

7.3. Katilo pasirinkimas

Kadangi biomasės katilai yra palyginti brangūs, prieš investuojant reikia pasirinkti tokį, kurio metinis eksploatacijos laikas būtų kiek įmanoma ilgesnis. Toliau pateikiami kai kurie bendrieji katilų pasirinkimo principai ir kriterijai.

Metinę šilumos apkrovą galima nagrinėti, naudojant apkrovos trukmės grafiką. Matome, kad žiemos maksimumo padengimui reikia pagaminti apie 8–15% metinio šilumos poreikio. Būdingoje CŠT sistemoje vasaros energijos suvartojimas sudaro apie 10% metinio poreikio, į tai būtina atsižvelgti, pasirenkant katilus.

Taip pat reikia atkreipti dėmesį į keletą kitų faktorių. Būtina nepamiršti, kad biomasės katilo negalima eksploatuoti, esant labai mažai apkrovai, kadangi tokiu atveju labai mažėja katilo efektyvumas. Aukšto efektyvumo ir mažo emisijų lygio galima pasiekti tik esant stabiliai eksploatacinei apkrovai. Investiciniai kaštai biomasę deginantiesiems katilams yra daug didesni nei iškastinį kurą deginantiesiems, tačiau biokuro kaina yra gerokai mažesnė. Todėl biomasę deginantis katilas per metus turėtų būti eksploatuojamas mažiausiai 3000–5000 valandų, priklausomai nuo klimato zonos. Pvz., esant Estijos klimato sąlygoms ir kuro kainoms, tokį katilą statyti yra ekonomiškai tikslinga, tik jeigu jis bus eksploatuojamas daugiau nei 4000 val. per metus².

Daugumai kietojo kuro katilų žemiausia eksploatacinė apkrova sudaro apie 30% nominaliosios galios. Taigi biokuro katilo galią reikėtų pasirinkti 40–50% mažesnę negu didžiausia apkrova. Išvada – biokuro katilai turėtų būti eksploatuojami, kad būtų padengta bazinė apkrova. Bazinė apkrova yra tolygi, ji užtikrina pakankamai ilgą eksploataciją, esant nominaliajai galiai. Katilas, kurio galia sudaro 50–60% didžiausios šilumos apkrovos, paprastai pagamina šilumos kiekį, atitinkantį 80–90% metinio šilumos poreikio.

Didžiausios apkrovos padengimui tikslinga pasirinkti skystąjį krosnių kurą arba dujas deginantį katilą, kurio galia sudarytų 50–60% didžiausios apkrovos. Kai vasarą apkrova maža (šiluma reikalinga tik karš-

to vandens paruošimui), galima naudoti tą patį katilą ir išvengti biomasę deginančio katilo eksploatavimo.

Reikėtų pažymėti, kad katilus, skirtus perdirbto medienos kuro (granulių, briketų) deginimui, galima kontroliuoti lengviau ir platesniame diapazone. Todėl galima pasirinkti granules deginantį katilą, kurio galia sudarytų 65–70% didžiausios apkrovos, ir tokiu atveju būtų padengta 90–95% metinio energijos poreikio. Galima paanalizuoti ir granules deginančio katilo naudojimą didžiausios apkrovos padengimui.

Mažose ir vidutinėse biomasę deginančiose katilinėse dažnai naudojami trys katilai: biomasę deginantis katilas bazinei apkrovai ir du krosnių kurą deginantys katilai, iš kurių vienas padengia didžiausią ir mažą vasaros apkrovą, o kitas yra atsarginis katilas.

Paprastai atsarginio katilo galia turi būti lygi didžiausio katilo galiai. Daugeliu atvejų, kaip atsarginis naudojamas koks nors senas katilas, kurį vis dar galima eksploatuoti, tačiau jo efektyvumas mažesnis.

Renkantis katilo galią, patartina atsižvelgti ir į galimą šilumos akumuliaciją (karšto vandens talpyklos įrengimą). Šią galimybę verta nagrinėti tada, kai dienos metu labai stipriai svyruoja šilumos poreikis. Šilumą būtų galima akumuliuoti esant mažam poreikiui, o sukauptą šilumą panaudoti didelės apkrovos metu. Taip būtų galima sumažinti didžiausią katilo apkrovą. Šilumos akumuliatorių taip pat galima numatyti, jeigu planuojama įrengti vandens šildytuvą, naudojantį saulės energiją. Be abejonės, tokio sprendimo tikslingumas priklauso nuo vietovės klimato juostos ir geografinės platumos.

7.4. Katilinės infrastruktūra

Biomasę naudojančiai katilinei reikia daugiau ploto, negu tokios pačios galios skystąjį kurą arba dujas naudojančiai katilinei. Be to, reikalingas plotas biokuro sandėliui ir kuro transporto priemonės.

² Katilo eksploatavimo laikas apskaičiuojamas, padalinus metinį pagamintą šilumos kiekį iš katilo nominaliosios galios.

Kai biokurą pradeda naudoti jau įrengtoje katilinėje, daugeliu atvejų katilus galima pastatyti esamose patalpose, tačiau kuro sandėliui ir tvarkymui reikia papildomo ploto. Sprendžiant ploto problemą, reikės atsižvelgti į pelenų šalinimo, sandėliavimo bei periodinio katilo valymo klausimus.

Statant biokuro katilinę, reikia labai kruopščiai pasirinkti aikštelę. Be techninių ir erdvių aspektų, turi būti įvertinti ir aplinkosauginiai apribojimai. Ir priešgaisriniai, ir aplinkosauginiai apribojimai yra labai svarbūs, ypač kai katilinę reikia įrengti tankiai apgyvendintoje vietoje. Vis dėlto kai kurių šalių praktika rodo, kad tokie sprendimai yra įmanomi. Tačiau konkrečios sąlygos priklauso nuo šalies statybą reglamentuojančių įstatymų ir atitinkamų vietinės valdžios teisės aktų, kurių būtina kruopščiai laikytis, renkantis aikštelę. Aplinkosaugos reikalavimų srityje neįmanoma pateikti universalių rekomendacijų, tačiau būtina tenkinti vietinius reikalavimus, nustatančius teršalų išmetimų ribines vertes, kamino aukštį, triukšmo lygį ir t. t.

Apribojimai, taikomi galimai biomasės sandėlio vietai, dažnai gali būti lemiami, renkantis aikštelę katilinei. Renkantis aikštelę didesnei katilinei, būtina įvertinti transporto keliamus reikalavimus: turi būti numatytas reikiamo dydžio plotas sunkvežimių privažiavimui. Šias problemas paprasčiau išspręsti statant naują katilinę. Katilinėms, kurių galia nesiekia 1 MW, reikalingi biokuro kiekiai tokie maži, kad paprastai transportas nesudaro didelių problemų.

Nustatant statomas biomasę naudojančios katilinės teritorijos dydį, galima remtis tokiu apytikslu vertinimu (žr. 7.1 lent.).

7.1 lentelė. Preliminarus biomasę naudojančios katilinės teritorijos dydis [58]

Galia, MW	Teritorija, m ²
2	2500
5	3000
10	7000

Pačios katilinės dydis daugiausia priklauso nuo katilo dydžio. Negalima ignoruoti ir ploto, reikalingo atsarginiam katilui. Jeigu šilumos poreikio analizė rodo, kad ateityje apkrova gali išaugti, reikėtų numatyti papildomą plotą plėtimuisi, jeigu tai įmanoma.

Kuro sandėliai išsamiai nagrinėti 5 skirsnyje.

7.5. Kuras

Naudojant biomasę, reikia pasirinkti, ar bus deginamas neperdirbtas kuras (pvz., skiedros), ar perdirbtas (granulės). Granulių (taip pat ir medžio briketų) ir skiedrų savybės labai skiriasi (žr. 2.2 skyrių). Priklausomai nuo vietos sąlygų, kuro pasirinkimą labiau gali nulemti ne kuro savybės, bet jo prieinamumas ir kaina. 7.2 lentelėje pateikti keli faktoriai, į kuriuos reikėtų atsižvelgti renkantis medžio granules arba skiedras.

7.2. lentelė. Medienos kuro vartojimo aspektai

	Privalumai	Trūkumai
Medienos skiedros	<ul style="list-style-type: none"> • paprastai vietinis kuras • teigiamai veikia vietinį užimtumą • pigesnis kuras negu granulės 	<ul style="list-style-type: none"> • didesnės investicijos • reikalingi didesni sandėliai • netolygi kokybė • vartojimas imlus darbui
Medienos granulės	<ul style="list-style-type: none"> • aukštesnė kokybė • reikia mažesnio sandėlio • vartojimas neimlus darbui 	<ul style="list-style-type: none"> • brangesnės už skiedras • nedaro teigiamo poveikio vietiniam užimtumui

Panagrinėti galimybę tame pačiame katile deginti ir medžio skiedras, ir granules.

Renkantis kuro rūšį, be technologinių aspektų nagrinėjimo, reikėtų atlikti kuro rinkos

ir išteklių tyrimą. Skiedrų atveju ypatingai svarbu nustatyti, kiek aplinkiniame regione (pvz., iki 100 km spindulio zonoje) yra aktyvių medžio skiedrų gamintojų. Taip pat reikia atkreipti dėmesį į esamų skiedrų rūšį ir savybes, ypač į jų drėgnumą. Be to, siekiant išvengti tiekimo pertrūkių ateityje, turi būti atsižvelgta į skiedras gaminančios bendrovės dydį, tiekimo patikimumą ir įmonės plėtros perspektyvas. Reikėtų apsvarstyti galimybę sudaryti ilgalaikę tiekimo sutartį. Kadangi plėtros perspektyvos yra tiesiogiai susiję su atitinkamo regiono miškų ūkio vystymusi, statant stambią katilinę būtų naudinga išsiaiškinti planuojamas kirtimų apimtis aplinkiniuose miškuose.

Vienas iš svarbiausių projekto sėkmę lemiančių veiksnių yra ilgalaikė reikiamos kokybės ir palankios kainos kuro tiekimo sutartis. Tai ypač svarbu, kai naudojamos skiedros. Biokuro projektų analizė rodo, kad dažnai tokių projektų nesėkmės priežastimi tampa problemos, susijusios su skiedrų kokybe ir jų tiekimo saugumu. Normali katilinės eksploatacija sutrinka, jeigu kuro tiekimas nereguliarus (atsitiktiniai pristatymai), tačiau rimčiausios problemos susidaro, kai kuro savybės skiriasi nuo reikiamos nustatytosios kokybės klasės. Jau skiedras deginančios katilinės planavimo etape su tiekėjais turi būti suderintos pagrindinės kuro savybės (drėgnumas, dalelių dydis ir kt.). Derybos su tiekėjais turėtų būti labai išsamios ir abi sutarties šalys turi vienodai traktuoti sutarties detales. Tai ypač svarbu, kai sutartis sudaroma dėl kuro savybių (taip pat žr. 2.5 skyrių, kur aprašyti kietojo biokuro kokybės sertifikatai ir klasės). Taip pat turėtų būti susitarta dėl tiekimo grafikų ir sunkvežimių dydžio. Projekto sėkmei būtų naudinga sudaryti preliminarią tiekimo sutartį, nustatančią svarbiausias sąlygas.

Tiekimo saugumo požiūriu svarbu sudaryti sutartis su keliais tiekėjais, tačiau vieno tiekėjo atveju lengviau nustatyti medienos skiedrų kokybę, taip pat lengviau išvengti konfliktinių situacijų.

Reikėtų nepamiršti ir kainos rizikos. Atsižvelgiant į bendrąją kuro ir energijos kainų vystymosi tendenciją, galima numatyti, kad biokuro kainos taip pat augs. Be to, tarp šalių kai kurių veiksnių įtaka gali skirtis. Regioniniai veiksniai gana smarkiai veikia medienos kuro, kuris dažniausiai būna vietinės kilmės, kainas. Medžio granulės (ir briketai) pardavinėjamos tarptautinėse rinkose, ir kainų lygis kaimyninėse šalyse taip pat veikia šių kuro rūšių kainas. Tačiau iškastinio kuro apmokestinimas (ypač už CO₂ išmetimą) padidins biokuro konkurencingumą. Ekonominiam atsiperkamumui, be abejonės, įtakos turi kai kuriose šalyse skiriamos subsidijos biokuroi. Todėl daugumą sprendimų galima priimti tik atsižvelgus į tam tikros šalies specifines sąlygas.

7.6. Kuro sandėliavimas

Pagrindiniai kuro sandėlio dydį (tūrį) nulemiantys veiksniai yra kuro rūšis, tiekimo saugumas, turimos patalpos, kurą gabenančių sunkvežimių dydis ir t. t. Jeigu sandėlį galima įrengti jau turimame pastate, tai paprastai būna pigiau suderinti kuro tiekimo grafikus su sandėlio talpa negu statyti naują sandėlį. Statant naują sandėlį, reikia remtis nuostata, kad minimali sandėlio talpa turi būti bent jau 50% didesnė negu kuro sunkvežimio talpa. Neabejotinai reikia atsižvelgti ir į tai, kad sandėlyje turi būti tiek kuro atsargų, jog jų pakaktų mažiausiai dviejų parų laikotarpiui, kai atsiranda kuro tiekimo pertrūkis savaitgaliais ar švenčių dienomis.

Mažesnėje granules naudojančioje katilinėje galima panagrinėti galimybę pastatyti konteinerį, kuriame būtų galima laikyti kuro atsargą, tenkinančią visų metų poreikį. Tokiu atveju šildymo sezonui kurą galima pirkti vasarą. Tai ypač tikslinga, kai granulių kainos vasarą būna mažesnės negu žiemą. Granulių sandėliuose būtina ypač griežtai laikytis priešgaisrinės saugos reikalavimų ir kartu reikia vengti granulių sudrėkimo.

7.7. Biokuro naudojimo projektu ekonominis vertinimas ir analizė

7.7.1. CŠT įmonės pajamos ir išlaidos

CŠT bendrovės pajamos susidaro iš šilumos (kartais elektros energijos) pardavimų, šios pajamos turi pilnai padengti įmonės išlaidas. Išlaidas sudaro:

- kuro kaina; reikia atsižvelgti ir į biokuro, ir iškastinio kuro kainas;
- kapitaliniai (investicijų) kaštai, t. y. paskolų gražinimas ir paskolų palūkanų padengimas;
- eksploatacinės išlaidos, t. y. kasdieninės išlaidos, susidarančios veikloje;
- techninio aptarnavimo išlaidos, tarp jų planuoto techninio aptarnavimo kaštai ir galimų avarijų likvidavimo kaštai;
- pelnas.

Pelnas gali būti suprantamas ir nagrinėjamas skirtingai – daugelyje šalių pelnas yra finansinis investicijų, technologijos tobulinimo, poveikio aplinkai mažinimo ir darbo sąlygų gerinimo šaltinis. Savininko pelnas, gaunamas iš energetikos įmonės veiklos, t. y. iš akcijų gaunami dividendai, gali būti leidžiamas arba draudžiamas. Kai kuriose šalyse (pvz., Danijoje) CŠT įmonės paprastai priklauso vietinės valdžios įstaigoms ir joms, kaip savininkėms, draudžiama uždirbti pelną. Kitose šalyse (pvz., Estijoje) dauguma CŠT įmonių yra privačios, todėl savininko suinteresuotumas uždirbti pelną užtikrina geresnį valdymą.

Planuojant ateities investicijas, sudėtingiausia prognozuoti kainos pokyčius, kadangi planuojamų investicijų susigrąžinimas labai priklauso nuo kuro kainų padengimo laikotarpių. Iškastinio kuro kainos daugiausiai formuojasi tarptautinėje kuro rinkoje, biokuro atveju tarptautinė prekyba taip pat vis daugiau veikia jo kainą.

Kuro kainoms vis didesnį poveikį daro aplinkosauginiai mokesčiai, bet šie mokes-

čiai yra daugiausia susiję su iškastiniu kuru, o tai didina biokuro konkurencingumą.

Investicijos, gražinamos paskolos ir mokamos palūkanos sudaro kapitalines išlaidas. Skaičiuojant kapitalines išlaidas, reikia įvertinti palūkanų normą, paskolos gražinimo laikotarpį ir sąlygas bei katilinės eksploatacijos trukmę. Vertinant investicijas, neatsižvelgiama į finansavimo šaltinį, t. y. nėra svarbu ar projektas finansuojamas iš savininko kapitalo, ar iš banko paskolos (žr. 7.7.2 skyrelį).

Investicijų ekonominio atsiperkamumo įvertinimui naudinga pastoviasias ir kintamasias išlaidas nagrinėti atskirai. Pastoviasias išlaidas sudaro nuo pagaminamo šilumos kiekio nepriklausančios išlaidos (t. y. nepriklausančios nuo įrangos apkrovos), šios išlaidos apytiksliai proporcingos katilinės galiai. Pastoviosios išlaidos apima, pvz., kapitalines išlaidas ir darbuotojų darbo užmokestį. Kadangi šilumos nuostoliai CŠT vamzdynuose nepriklauso nuo tiekiamos šilumos kiekio, šiuos nuostolius galima laikyti pastoviosiomis išlaidomis.

Kintamasias išlaidas daugiausia sudaro išlaidos kurui, tačiau dalis eksploatacinių ir techninio aptarnavimo išlaidų taip pat gali būti kintamosios išlaidos.

7.7.2. Įplaukų iš investuoto kapitalo vertinimas

Įplaukų iš investuoto kapitalo vertinimui galima taikyti kelis metodus, tarp jų:

- atsipirkimo laiko metodu; čia paprastas atsipirkimo laikas atskiriamas nuo vadinamojo diskontuoto atsipirkimo laiko;
- grynosios dabartinės vertės metodu (NPV – *angl.* Net Present Value);
- vidinės pelno normos metodu (IRR – *angl.* Internal Rate of Return) ir kt.

Atliekant investicijų analizę, reikia įvertinti pinigų vertės pokytį laiko atžvilgiu, t. y. kad tam tikro pinigų kiekio (pvz., vieno milijono eurų) vertė šiandien ir po 10 metų

nebebus ta pati. Pinigų vertės pokyčio laiko atžvilgiu nereikėtų sieti su infliacija, bet pirmiausia su faktu, kad apyvartoje nesantys pinigai nesukuria naujos (pridėtinės) vertės, o į verslą investuoti pinigai sukuria pridėtinę vertę.

Tikroji kapitalo (pinigų) vertė laiko momentu, kada atliekamas skaičiavimas, yra vadinama esamąja arba diskontuota verte, o atitinkamų būsimųjų mokėjimų vertės perskaičiavimas dabartiniam laikui – diskontavimu. Pinigų vertės kitimo greitį (procentais per metus) parodo diskonto norma.

Atsipirkimo laikas – tai laikas, reikalingas investicinių kaštų susigrąžinimui normalios eksploatacijos metu. Atsipirkimo laikui išreikšti taikomi du metodai: paprastasis atsipirkimo laikas (nediskontuotas) ir diskontuotas atsipirkimo laikas.

Paprastąjį atsipirkimo laiką patogu skaičiuoti, kai metų pelnai (skirtumai tarp pajamų ir išlaidų) yra vienodi. Paprastąjį atsipirkimo laiką galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$T = \frac{I_0}{a},$$

čia T – paprastasis atsipirkimo laikas,
 I_0 – investicijų dydis,
 a – skirtumas tarp metinių pajamų ir išlaidų.

Skaičiavimas pagal pateiktą formulę yra labai paprastas, čia nereikia žinoti palūkanų normos bei kitų paskolos sąlygų. Paprastojo atsipirkimo laiko metodas dažniausiai naudojamas pirminiam projekto įgyvendinamumo vertinimui. Jeigu paprastasis atsipirkimo laikas yra ilgesnis negu projekto vadovo ir banko pageidaujamas, projektą būtina pakeisti taip, kad atsipirkimo laikas sutrumpėtų.

Paprastasis atsipirkimo laikas rodo atsipirkimo laiką, kai nemokamos palūkanos už paskolą, t. y. pinigų vertė nediskontuojama. Realiosios išmokos pagal paskolą apima ir paskolos palūkanų mokėjimą, todėl yra didesnės, o tikrasis atsipirkimo laikas (diskontuotasis atsipirkimo laikas) yra ilgesnis negu paprastasis.

Paprastai atsipirkimo laikas turi būti mažesnis negu 5–7 metai, o tai praktikoje yra visada trumpiau negu įrangos eksploatacijos laikas. Kadangi biokuro katilinės eksploatacijos trukmė paprastai būna ilgesnė negu 15 metų, vertinant atsipirkimo laiką neatsižvelgiama į katilinės įgyvendinamumą per visą eksploatacijos laikotarpį. Šio trūkumo kompensavimui ir išsamiam projekto bei investicijų įvertinimui papildomai pasitelkiama keletas kitų metodų. Dėl šių priežasčių paraiškoje dėl paskolos daugelis bankų reikalauja nurodyti atsipirkimo trukmę, grynąją dabartinę vertę ir vidinę pelno normą.

Grynoji dabartinė vertė parodo, koks pelnas uždirbamas per projekto laikotarpį. Kuo didesnė grynoji dabartinė vertė (NPV³), tuo daugiau pelno pagal šį projektą pastatyta katilinė uždirbs per savo eksploatacijos laiką. Neigiama NPV rodo, kad projektas yra nuostolingas.

NPV reikšmė priklauso nuo paskolos palūkanų dydžio (diskonto normos). Kadangi paskolos palūkanų dydis gali keistis bėgant laikui, taip pat reikėtų apskaičiuoti ir vidinę pelno normą (IRR⁴). IRR reikšmė išreiškiama procentais, ji parodo didžiausią palūkanų normą, kuriai esant projektas per savo eksploatacijos laikotarpį vis dar būtų pelningas. Jeigu apskaičiuotoji IRR reikšmė yra didesnė negu esama arba numatoma palūkanų norma, ji nurodo teigiamą NPV reikšmę ir parodo, kad projektas pelningas.

Šiuo metu daugelyje šalių palūkanų normos yra mažiausios, kokios yra buvę istorijoje. Mažai tikėtina, kad palūkanų norma ilgą laiką išsilaikys tokia maža, todėl vertinant projekto įgyvendinamumą, reikėtų atsižvelgti į didesnę palūkanų normą.

³ Santrumpa NPV (*angl.* Net Present Value) taip pat nurodo standartinę MS EXCEL funkciją, naudojamą vertės skaičiavimui.

⁴ Santrumpa IRR (*angl.* Internal Rate of Return) taip pat nurodo standartinę MS EXCEL funkciją, naudojamą vertės skaičiavimui.

7.8. Biokuro diegimo į vietinio šildymo sistemą planavimas

Centralizuoto ir vietinio šildymo sistemoje šilumos šaltinis pasirenkamas remiantis apkrova ir apkrovos trukmės grafiku (žr. 7.1 pav.). Vietinio šildymo sistemoje šilumos apkrova dažniausiai mažesnė negu CŠT tinkluose. Todėl reikalinga katilų (šilumos šaltinių) galia yra mažesnė, ir statyti daugiau negu vieną katilą yra nei techniškai, nei ekonomiškai netikslinga.

Jeigu biokurą planuojama pradėti deginti vietinio šildymo sistemoje, biokuro katilas turi būti suprojektuotas taip, kad padengtų bendrąją apkrovą per visus metus. Skaičiuojant pagal būdingąją apkrovos trukmės kreivę, kai nėra katilo, padengiančio didžiausią apkrovą, biokuro katilo eksploatacijos trukmė vietinio šildymo sistemoje perpus trumpesnė negu biokuro katilo, eksploatuojamo bazinė apkrova CŠT tinkle.

Kad vietinio šildymo sistemoje nereikėtų sudėtingos ir brangios įrangos, šiai sistemai tinkamiausiu kuru laikomas perdirbtas arba aukštos kokybės biokuras. Granulių naudojimas yra ypač patogus, kadangi šio kuro naudojimą galima automatizuoti taip pat, kaip ir skystojo ar dujinio kuro naudojimo atveju.

Kartais didžiausia apkrova eksploatuojamo katilo galios trūkumą bandoma kompensuoti įtaisant elektrinius šildymo elementus biokuro katile arba bet kur šildymo sistemoje. Trumpalaikę didžiausią apkrovą galima padengti elektros pagalba. Elektrinius šildymo elementus galima naudoti kaip papildomus šildytuvus privačiuose namuose, kur biokuro katilą galima išjungti, kai gyventojai būna ilgam išvykę (pvz., slidinėjimo atostogų žiemą), o minimalią temperatūrą šildymo sistemoje galima palaikyti, naudojant elektrą.

8. BIOKURO KATILINIŲ STATYBOS IR EKSPLOATACIJOS PATIRTIS

Šiame skirsnyje aprašoma biokuro diegimo patirtis Baltijos šalyse, remiantis konkrečiais Estijos pavyzdžiais. Mediena, kaip pagrindinis kuras pastatų šildymui, naudojama jau labai seniai. Žinoma, kad medieną kaip katilų kurą pradėta naudoti apytiksliai prieš 100 metų, iš pradžių katiluose, gaminančiuose garą garo varikliams.

Praeito amžiaus 8-ajame dešimtmetyje pradėjo sparčiai vystytis medienos ruošos ir perdirbimo pramonė, susidariusios medienos atliekos buvo sunaudojamos katilinėse. Kai kurios tuo metu pradėtos eksploatuoti medienos atliekas deginančios katilinės tebeveikia iki šiol.

Masinis akmens anglis ir skystąjį kurą deginančių katilų pertvarkymas į medieną ir durpes deginančius katilus prasidėjo apie 1993–1994 m. Laikoma, kad Baltijos šalyse pagrindinė šio pokyčio priežastis buvo staigus šių kuro rūšių kainų augimas ir gyventojų mokumo sumažėjimas didžiulių politinių ir ekonominių permainų metu. Įgyvendinti spartaus ir plataus masto biokuro įdiegimo renovuojamose katilinėse programą pražioje padėjo Pasaulio bankas, Europos rekonstrukcijos ir plėtros bankas (EBRD) ir ypač paskolos, Švedijos vyriausybės suteiktos per Švedijos verslo plėtros agentūrą NUTEK (šiuo metu STEM) bei Šiaurės šalių

specialistų teikiamos techninės konsultacijos. Danija taip pat suteikė negražintą pagalbą. Pirmoji naujos kartos biokuro katilinė Estijoje yra Danijos dovana (1993 m.).

8.1. Statistiniai pastebėjimai

Per 1993–2003 m. laikotarpį biomasės ir durpių, kaip katilų kuro, naudojimas labai išaugo. Pagal Estijos statistikos departamento duomenis (žr. 8.1 lent. [59]), lyginant su 1993 m., šilumos gamyba išaugo 3,5 karto, gamybos augimo pasiekta daugiausia medienos kuro dėka.

Estijos CŠT katilinėse, pramonės įmonėse ir vietinėse šildymo katilinėse 2003 m. buvo eksploatuojama daugiau kaip 900 biokurą ir durpes deginančių katilų, kurių bendra galia sudarė 850 MW. 2003 m. beveik 2 TWh šilumos buvo pagaminta durpes ir biokurą deginančiuose katiluose ir tai sudarė daugiau kaip 30% bendro pagamintos šilumos kiekio. Taip pat reikėtų paminėti, kad skystojo krosnių kuro naudojimas sumažėjo iki 22,5%, o akmens anglis praktiškai nebenaudojamos (jų dalis sudaro apie 0,01%).

Katilus, deginančius medienos kurą ir durpes, tikslinga būtų nagrinėti kartu, kadangi dažniausiai abiejų rūšių kurą galima deginti toje pačioje kūrykloje. Kai buvo planuojama, kad durpės bus pagrindinis kuras, po lietingos vasaros dėl durpių stokos tokiose kūryklose dažnai reikėdavo deginti medžio skiedras. Tačiau statistikoje toks katilas traktuojamas arba kaip durpes deginantis

8.1 lentelė. Pagrindiniai statistiniai duomenys apie medienos kurą ir durpes deginančius katilus Estijoje [59]

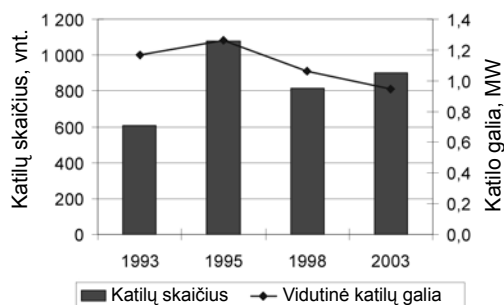
Rodiklis	Matavimo vienetas	Metai			
		1993	1995	1998	2003
Katilų skaičius	vnt.	609	1080	815	903
Galía	MW	712	1366	865	856
Pagaminama šiluma	GWh	527	1191	1456	1941
Sunaudojamas kuras	TJ	2790	6144	7099	8719

katilas, arba kaip medienos kūrą deginantis katilas, priklausomai nuo to, koks kuras daugiausiai buvo naudojamas atitinkamais metais. Todėl statistikoje tas pats katilas vienais metais gali būti laikomas durpes deginančiu katilu, o kitais – medieną deginančiu katilu.

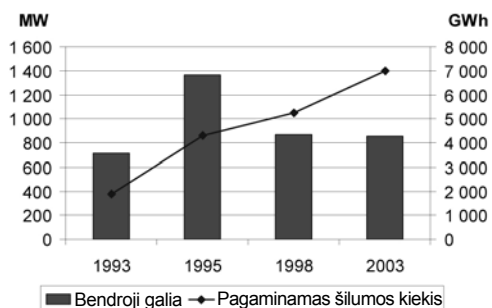
Remiantis statistiniais duomenimis, galima pastebėti keletą įdomių tendencijų (žr. 8.1 lent.). Pvz., katilų skaičius sparčiai augo katilų pertvarkymo į durpes ir medienos kūrą deginančius katilus laikotarpio pradžioje, po to šis skaičius sumažėjo, o vėliau vėl pradėjo augti, tačiau augimas buvo lėtesnis. Bendras tokių katilų skaičius pasiekė didžiausią – 1080 reikšmę 1995 m. Tuo pačiu metu šiek tiek pasikeitė vidutinė katilų galia (žr. 8.1 pav.), tačiau galia svyravo santykinai siaurose ribose apie 1 MW lygyje.

Kitaip nei katilų skaičius ir bendroji galia, pagaminamos šilumos kiekis nuo 1993 m. nuolat didėja (žr. 8.2 pav.). Taigi galima padaryti tiesioginę išvadą, kad ir katilų apkrova nuolat didėja. Tai įrodo grafikas, demonstruojantis eksploatacijos laiko pokytį (žr. 8.3 pav.), apskaičiuotą remiantis statistiniais duomenimis (žr. 8.1 lent.). Kaip jau buvo anksčiau paaiškinta (žr. 7.3 skyrių), ilgesnis katilų eksploatacijos laikas yra susijęs su jų geresniu ekonominiu atsiperkamumu.

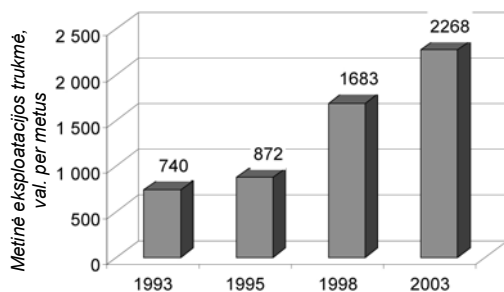
Remiantis statistiniais duomenimis (8.1 lent.) galima apskaičiuoti ir viduti-



8.1 pav. Medieną ir durpes deginančių katilų skaičiaus svyravimai



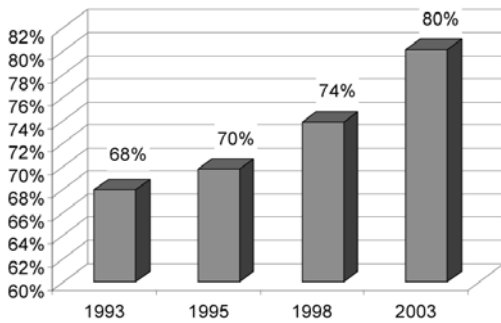
8.2. pav. Medieną ir durpes deginančių katilų bendrosios galios ir pagaminamo šilumos kiekio vystymasis



8.3 pav. Medieną ir durpes deginančių katilų metinės eksploatacijos trukmės pokyčiai

nį metinį katilų efektyvumą (žr. 8.4 pav.). Apskaičiuotąsias efektyvumo vertes galima palyginti su Talino technologijos universiteto Šiluminės inžinerijos fakulteto kelerių metų matavimų rezultatais, kurie rodo, kad esant optimaliam degimo režimui realiai išmatuotas daugumos biokuro katilų efektyvumas siekia 85–87%.

Tačiau būtina pažymėti, kad katilinėse kuro kiekis ir energijos kiekis kure nustatomas supaprastintai. Be to, kai kuriuose katiluose nėra šilumos skaitiklių, todėl ir naudojamo kuro energijos kiekis, ir pagaminamas šilumos kiekis yra apskaičiuojami. Nors efektyvumas, apskaičiuotas remiantis statistiniais duomenimis, nėra toks tikslus kaip eksperimentiškai nustatytas, kelerių metų statistiniai duomenys



8.4 pav. Medieną ir durpes deginančių katilų vidutinis metinis efektyvumas (pagal statistinius duomenis)

parodo įrangos efektyvumo augimą, todėl efektyvumo išaugimą iki 80% 2003 m. galima laikyti patikimu.

Kaip rodo spartus katilų skaičiaus sumažėjimas po 1995 m., kai kurie biokuro projektai buvo nesėkmingi. Dažniausios tokių nesėkmių priežastys buvo neteisingas planavimas ir statybos bei eksploatacijos klaidos, pvz.:

- nebuvo tiekiama pakankamai priimtinos kokybės kuro, kuro tiekimas vėlavo, todėl dėl kuro trūkumo katilo darbas buvo sustabdytas;
- buvo neteisingai pasirinkta katilo galia, t. y. kaip pagrindas katilo pasirinkimui buvo priimtas daug didesnis šilumos poreikis ir kai paaiškėjo, kad tikroji šilumos apkrova yra daug mažesnė, pasirodė, kad toks sprendimas buvo netinkamas;
- buvo naudojamos primityvios ir labai pigios technologijos, kurios buvo nepatikimos ir nepateisino lūkesčių;
- nepakankama personalo kvalifikacija, kartais nenorėjimas arba motyvacijos stoka mokytis eksploatuoti naują įrangą;
- mažesnė kaina (laikiniai) ir konkuruojančių iškastinio kuro rūšių (gamtinių dujų, skalūnų alyvos) naudojimo patogumas.

Praeito amžiaus 10-ojo dešimtmečio viduryje kai kurios įmonės, tiekiančios šilumą mažiems miesteliams kaimo vietovėse, bankrutavo dėl per didelės paskolų naštos ir valdymo patirties trūkumo. Svarbų vaidmenį suvaidino ir planavimo bei statybos klaidos. Pvz., jeigu prieškūrykla medienos ar gabalinių durpių deginimui buvo įrengiama priešais dūmavamzdį katilą, skirtą gamtinių dujų deginimui, paaiškėdavo, kad dūmavamzdžių valymas tapo labai nepatogus ir daug laiko reikalaujantis darbas.

Pirmųjų Estijoje pagamintų prieškūryklų patikimumas buvo mažas, kūryklos dangą suirdavo, ardymo elementai greitai sudegdavo ir t. t.; daugelyje katilinių nebuvo kreipiamas dėmesys į kuro kokybę. Netgi buvo bandymų kūryklose, skirtose akmens anglių deginimui, deginti drėgnus beveik 2 m ilgio storus rąstus. Tokios klaidos ir netinkamas kuras stipriai pakenkė medienos kuro įvaizdžiui.

Katilų skaičiaus sumažėjimą ir kai kurių katilinių uždarymą dalinai galima paaiškinti ir socialiniais pokyčiais. Dėl greito žemės ūkio žlugimo žmonės kaimo vietovėse prarado darbą ir pajamas. Kaimo gyvenvietėse daugiaaukščių namų gyventojai, anksčiau buvę žemės ūkio įmonių (kolektyvinių ar tarybinių ūkių) darbuotojai, nepajėgė apmokėti sąskaitų už šildymą ir karštą vandenį. Šilumą tiekiančios įmonės dėl neapmokamų sąskaitų paskendo skolose, todėl nebepajėgė gražinti paskolų ir pirkti kuro. Gyventojai pradėjo įsirenginėti individualius šildymo šaltinius savo namuose ir netgi butuose, o tai dar labiau pablogino ekonominę šilumos gamintojų situaciją, kadangi galutinių vartotojų skaičius CŠT tinkluose sumažėjo, todėl šilumos kaina likusiems vartotojams turėjo neišvengiamai augti. Tuo metu visose Baltijos šalyse tendencijos buvo panašios.

Naujojo tūkstantmečio pradžioje laikinasis nuosmukis buvo įveiktas, bendrasis medieną ir durpes deginančių katilų skaičius vėl augs. Medienos kuro ir durpių naudojimą paskatino iškastinio kuro

ir elektros energijos kainų augimas, be to, pagerėjo investicinis klimatas, išsiplėtė investavimo galimybės. Katilo pertvarkymo biokuro deginimui finansavimui galima naudoti vadinamuosius bendro įgyvendinimo projektus, pagal kuriuos pramoninės šalys (pvz., Suomija, Danija ir kt.), kurioms nepavyko sumažinti CO₂ išmetimų, padeda finansuoti kitų šalių (tarp jų ir Estijos) šiltnamio efektą sukeliančių dujų sumažinimo projektus.

Ekonominių medienos kuro naudojimo pagrindumą puikiai parodo faktas, kad dauguma medienos ruošos ir perdirbimo įmonių bei praktiškai visos bendrovės, eksportuojančios savo produkciją, yra įsirengusios katilines, kuriose degina savo atliekas, o pagamintą šilumą naudoja medienos džiovinimui.

8.2. Keletas sėkmingų biokuro projektų pavyzdžių

Planuojant biokuro įgyvendinimo projektus Baltijos šalyse ir Šiaurės–Vakarų Rusijoje buvo nagrinėjami trys skirtingi techniniai sprendimai:

- esamų akmens anglis deginančių katilų pritaikymas medienos kuro ir durpių deginimui;
- iškastinio kuro katilų pertvarkymas medienos kurui ir durpėms deginti;
- naujų biokuro kompleksinių katilų statymas vietoje iškastinio kuro katilų arba naujos atskiros biokuro katilinės statyba.

Šuolinio kuro kainų augimo laikotarpiu keliuose akmens anglis deginančiuose katiluose buvo pabandyta deginti pigesnę kurą. Paprastai tai būna tik sprendimas kritiniam atvejui. Deginant daug lakiųjų medžiagų turintį ir drėgną medienos arba durpių kurą akmens anglių kūrkyloje, deginimo kameros temperatūra likdavo neaukšta ir dėl nepilno sudegimo greitai išaugdavo šilumos nuostoliai. Problemų sudarė ne tik dideli

nuostoliai ir mažas efektyvumas, bet ir šildymo paviršių bei kamino užsiteršimas.

Nors kvalifikuotai kontroliuojant degimo procesą akmens anglis deginančiuose katiluose ir galima pasiekti patenkinamų rezultatų [60], toks deginimo būdas niekur nebuvo sėkmingas ilgą laiką.

Katilų pertvarkyti iš iškastinio kuro deginimo į biokuro deginimą galima dviem būdais:

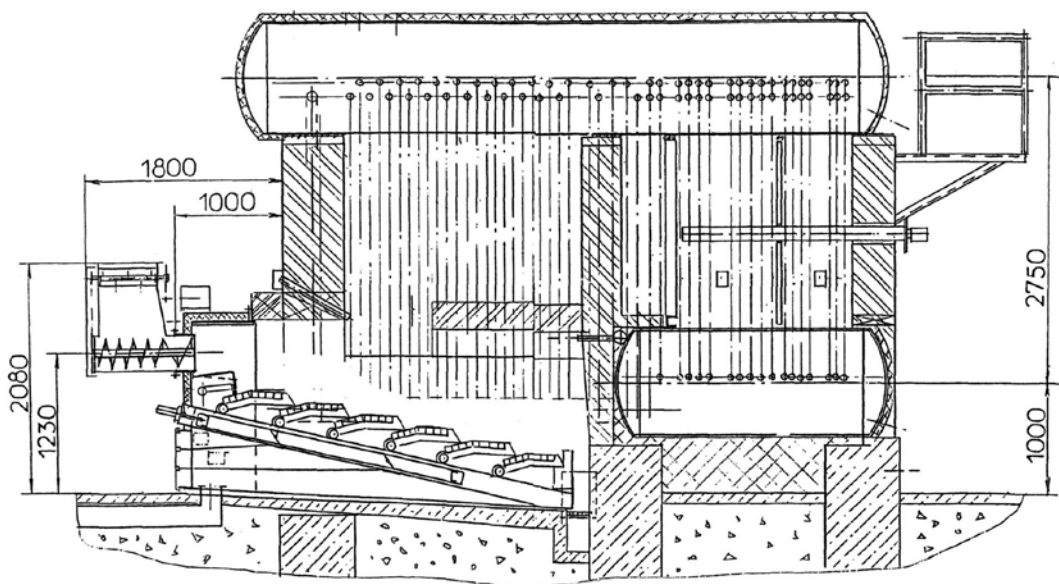
- ardyno pritaikymas biokuro deginimui kūrkyloje;
- atskiros prieškūrkylos įrengimas priešais katilą.

Ardyną galima įrengti kūrkyloje, jeigu jos talpa pakankamai didelė. Tai geras sprendimas plačiai naudojamiems rusiškiems katilams DKVR (žr. 8.5 pav.).

Kaip matome iš paveikslo, dalis ardyno lieka išsikišusi priešais iš DKVR tipo katilo kūrkylos. Šiame skyriuje keletas biokuro projektų su panašiu techniniu sprendimu aprašyti išsamiau (žr. 8.2.4 ir 8.2.5 skyrelius).

Prieškūrkyklą galima įrengti praktiškai prieš bet kokį katilą. Todėl prieškūrkykloms galima taikyti standartinius sprendimus, o katilui nereikia atlikti didelio pertvarkymo. Dažniausiai esamos kūrkylos talpa naudojama lakiųjų medžiagų, išeinančių iš prieškūrkylos, išdeginimui. Šiam tikslui būtina į kūrkyklą papildomai tiekti oro (antrinio oro). Sistemoms su prieškūrkyklomis taip pat išnagrinėtos pavyzdžiuose, aprašytuose 8.2.2 ir 8.2.3 skyreliuose.

Katilo pertvarkymo projektui labai svarbu, kad techninė katilo būklė po pertvarkymo biokuro deginimui leistų jį pakankamai ilgai eksploatuoti. Pertvarkant seną katilą, gali atsitikti, kad katilas nusidėvės anksčiau negu priešais jį įrengta prieškūrkykla arba įmontuotas ardynas. Tai paaiškina, kodėl iki praeito amžiaus 10-ojo dešimtmečio vidurio esami katilai buvo pertvarkomi plačiu mastu, bet vėliau paaiškėjo, kad yra tikslinga pakeisti senus katilus, t. y. pastatyti naujus biokuro katilus.



8.5 pav. Ardynas medžio skiedrų ir trupinių durpių deginimui, montuojamas anksčiau ma-
zutą deginančio DKVR-4-13 tipo katilo kūrykloje

Statydamos biokuro katilus vietinės įmonės paprastai būna linkusios esamoje katilinėje sumontuoti naują įrangą, pakeičiančią senąjį katilą. Tokiu būdu galima labai sumažinti išlaidas, lyginant su visiškai naujos katilinės statyba. Išlaidų sumažinimo galima pasiekti ir naudojant individualią techninę konstrukciją bei sumaniai derinant seną ir naują įrangą. Stambūs užsienio šalių katilų gamintojai ir jų vietinės dukterinės įmonės paprastai būna labiau linkę statyti naują katilinę, įdiegdami baigtinius sprendinius, sukurtus remiantis ilgamete patirtimi.

Pirmajame duomenų apie biokuro projektus ieškojimų etape mes surinkome informaciją apie 20 įgyvendintų projektų, išsiųsdami klausimynus. Remdamiesi gautais atsakymais, išsamesniam nagrinėjimui atrinkome 10 projektų, kurių katilų galios svyravo 4–8 MW ribose. Iš jų atrinkome penkis projektus, kuriuose buvo pertvarkyti esami iškastinio kuro katilai, ir penkis, kuriuose buvo pastatyti nauji biokuro katilai. Po to aplankėme atrinktus objektus, su-

sipažinome su įranga, pabendravome su katilinės vadovais, katilų operatoriais bei kitu aptarnaujančiu personalu, kai kuriais atvejais – ir su kuro tiekėjais.

Personalo paslaugumo dėka kai kuriais atvejais mes taip pat galėjome susipažinti su katilinės technine dokumentacija, pasinaudoti ankstesnių metų eksploatacijos bei techninio aptarnavimo duomenimis, padaryti nuotraukų.

Toliau pateikiame atrinktų sėkmingų perėjimo prie biokuro projektų, įgyvendintų 1993–2003 m., apžvalgą; taigi ilgiausia eksploatacijos ir techninio aptarnavimo patirtis siekia 12 metų (žr. 8.1 skyrių), o netgi naujausių nagrinėjamų projektų katilai buvo eksploatuojami bent jau metus (žr. 8.2.8 ir 8.2.9 skyrelius).

Eksploatacijos ir techninio aptarnavimo patirtis buvo perimta stebint katilinių darbuotojų darbą ir išnagrinėjus mūsų klausimyno atsakymus. Suprantama, darbuotojai pirmiausia prisimena sunkumus ir problemas, kurių sprendimas jiems padėjo įgyti patirties. Todėl klaidų ir problemų

sąrašo nereikėtų laikyti nesėkmių sąrašu. Visi nagrinėjami projektai buvo sėkmingi, šių katilinių darbuotojai yra labai patenkinti ir laimingi, kad gali iš vietinių atsinaujinančių energijos išteklių pagaminti pigesnės šilumos nei iš iškastinio kuro.

Jeigu buvo duomenų, stengėmės pateikti pastabų, susijusių su projekto rengimo ir katilinės statyba.

8.2.1. Katilinė Tehnika Tūri mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1993 m.

Katilinė: bendrovės OŪ Terme katilinė Tehnika Tūri mieste.

Įrangos tiekėjas: Vølund Energy Systems A/S, Danija.

Katilas: 4 MW galios katilas Danstoker, prieškūrykla su neaušinamu mechaniniu pasviruoju ardynu, vertikalus dūmavamzdis katilas.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, gabalinės durpės, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: uždaras sandėlis, kuriame įrengtas automatinis greiferinis kranas.

Kuro padavimo įranga: kuras iš sandėlio tiesiogiai paduodamas į kūryklą hidraulinio stumtuvu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: sausasis pelenų šalinimas šnekiniais transporteriais, katilinėje multiciklonas, senas plytų kaminas.

4 MW galios katilas pastatytas bendrovės OŪ Terme katilinėje Tehnika, buvo pirmasis naujos kartos biokuro katilas Estijoje. Kartu tai buvo pirmasis tarptautinis projektas po Estijos nepriklausomybės atkūrimo, užtikrinęs stabilų šilumos tiekimą mažo miestelio ČŠT tinklui.

Iš pradžių Danijos vyriausybė kaip finansinę paramą Estijai planavo pirkti mazuto šildymui. Kadangi energetinė krizė Estijoje buvo tik trumpalaikė problema, Danijos vyriausybė nusprendė paramai skirtas lėšas panaudoti katilinės, deginančios vietinį kurą, statybai. Nuo sprendimo priėmimo iki katilinės perdavimo eksploatuoti praėjo 7 mėnesiai.

Katilas

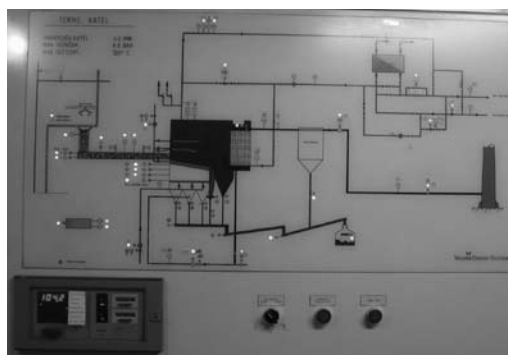
Katilas Danstoker buvo pastatytas vietoje senojo katilo, kuriame buvo deginamas tik mazutas. Kadangi vertikalus dūmavamzdis katilas buvo aukštesnis negu katilinė, reikėjo išardyti stogą ir padidinti katilinės aukštingumą, kad būtų galima pastatyti katilą (žr. 8.6 pav.).

Nors Danijos bendrovė ėmėsi įgyvendinti kruopščiai patikrintą techninį sprendimą, siekiant išvengti galimo sprogo pavojaus, kuris galėtų iškilti dėl neteisingo įrangos naudojimo, Tūri katile papildomai buvo sumontuotas elektroninis liepsnos jutiklis¹.



8.6 pav. Biokuro katilo montavimas Tehnika katilinėje Tūri mieste. V. Vares nuotrauka

¹ Latvijoje panašaus katilo paleidimo metu kūrykloje įvyko sprogoimas, kadangi per klaidą buvo įjungtas pirminio oro ventiliatorius, kai kūrykloje liepsna buvo užgesusi.



8.7 pav. Biokuro katilo Tehnika katilinėje valdymo pulto vaizdas. Ū. Kask nuotrauka

Biokuro katilo valdymo pulte pateiktoje technologinio proceso schemoje (žr. 8.7 pav.) parodytas katilo, pagalbinės įrangos ir jutiklių išdėstymas.

Kūrykloje vykstančių procesų stebėjimui katilė įrengta pakankamai stebėjimo angų. Tai leidžia aptarnaujantiems darbuotojams stebėti ant ardyno bei kūrykloje vykstančius procesus ir kontroliuoti katilo darbą. Buvo pastebėta, kad per darbo dieną ant virš ardyno esančios arkos susikauptė labai daug pelenų. Kuro degimo zona dažniausiai būna centrinėje ardyno dalyje, kur ardyno elementų galai apsilydo. Kiekvienais metais ardyno elementai keičiami taip, kad elementai su apsilydymo žymėmis būtų perkelti į mažesnės apkrovos vietas, o mažiau pažeisti elementai – į centrinę ardyno dalį, kur apkrova didesnė. Taip keičiant tik kelis elementus prireikė pakeisti visiškai naujais.

Katilo paleidimo metu operatoriai pastebėjo dėmesio vertų dalykų. Kai ardynas būdavo padengtas pelenais, nominaliajai apkrovai pasiekti reikėdavo dvigubai daugiau laiko, t. y. iki 8 valandų vietoje įprastinių 3–4 valandų, lyginant su situacija, kai ardynas būdavo švarus. Prastos kokybės kuro atveju (pirmiausia, kai kuras būdavo ypatingai smulkus arba užterštas dirvožemiu) ardyno oro angos užsikimšdavo. Deginant griautinę medieną arba laminuotos medienos atliekas, pelenai lydėsi arkos paviršiuje ir katilo



8.8 pav. Arkos paviršiuje susidariusios sukietėjusios nuosėdos. Ū. Kask nuotrauka

konvektyvinėje dalyje susidarė kietųjų nuosėdų (žr. 8.8 pav.). Nuosėdų šalinimui nuo arkos paviršiaus buvo naudojamas vadinamasis šiluminis šokas.

Po aštuonerių eksploataavimo metų kūryklos vidinę dangą reikėjo remontuoti, remonto metu senąją dangą teko iki tam tikro laipsnio nuardyti, po to buvo uždėta nauja betoninė danga. Abiejose ardyno pusėse esančios ketaus plokštės viršutinėje šaltojoje zonoje buvo stipriai nusidėvėję, todėl jos buvo pakeistos plokštėmis iš apatinės zonos.

Vasarą, kai šilumos vartojimas yra mažas, katilo konvektyvinėje dalyje dujų temperatūra pasiekia rasos tašką. Laikoma, kad po 15 eksploatacijos metų reikia atidžiai apžiūrėti konvektyvinės dalies metalą, kadangi neaišku, ar metalas gali išlikti atsparus ilgą laiką. Dūmavamzdžių paviršius jau anksčiau buvo valytas šepetiais, tačiau kadangi šis metodas jau nebebuvo veiksmingas, dabar valoma freza. Po frezavimo nuo vamzdžių paviršių pašalinama ir oksidinė plėvelė.

Yra priežasčių tikėti, kad apsaugoti dūmavamzdžius nuo per didelio užsiteršimo buvo galima naudojant kitus valymo metodus, pvz., reguliarų akustinį valymą, kurio metu nereikia katilo sustabdyti ir kurio dėka išvengiama storo nuosėdų sluoksnio susidarymo, be to, valant šepetiais ir freza, pastoviai pašalinamas apsauginis oksidinis sluoksnis.

Nors katilinės kontrolės sistema dirbo be gedimų ilgą laiką, 2005 m. katilinės valdymo kompiuteris sugedo, tačiau jį pavyko iš naujo paleisti dubliuojančios programinės įrangos dėka.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimo sistema nekelia jokių pažymėtinų problemų. Jos našumas atitinka katilo galią, sistema veikia tinkamai, esant bet kokiai kuro apkrovai.

Kuro sandėlis ir jo įranga

Kuro sandėlis (žr. 8.9 ir 8.10 pav.) pastatytas taip, kad kranas galėtų atlikti visas operacijas, tarp jų sandėlio užpildymą kuru bei visas kitas kuro padavimo operacijas.

Greiferinis kranas (pagamintas Danijoje) sandėlyje yra valdomas kompiuteriu. Sandėlio įranga yra jautri kuro savybėms ir vietinėmis sąlygomis gali būti laikoma ganėtinai reikli. Jeigu į kurą patenka ilgų gabalų (pvz., lentų atraižų), kranas gali išsijungti. Katilinės specialistai patobulino sistemą. Greiferinio krano lynai keičiami du kartus per metus, jie suteptami tefloniniu tepalu, kurio dėka gaunami geriausi rezultatai. Žiemą prie sandėlio sienų esantis kuras sušąla iki 30 cm. Kadangi tuo metu šio kuro negalima naudoti, vėliau jame gali pradėti augti grybai.



8.9 pav. Kuro sandėlis Tehnika katilinėje Tūri mieste. Ū. Kask nuotrauka

Kuras

Pastaraisiais metais kuro kokybė ir tiekimo saugumas tapo rimtesnėmis problemomis. Uždarėjo sandėlio talpa yra tokia, kad pilna apkrova eksploatuojamą katilą galima aprūpinti kuru mažiau nei tris dienas.

Iki šiol katilė buvo naudojamas įvairių savybių kuras, tačiau kad būtų užtikrintas jo drėgnumas, tinkamas padavimui į kūryklą (35–55%), skirtingo drėgnumo kurą reikėdavo sumaišyti, pvz., drėgna žievė buvo maišoma su faneros atliekomis. Naudojamos kuro masės drėgnumas svyravo 15–65% ribose.

Katilinėje medienos kuro paruošimui naudojamas plaktukinis malūnas. Mediena, susmulkinta plaktukiniu malūnu yra puri (žr. 8.11 pav.), o tokį kurą paduoti į kūryklą yra sudėtinga – po kuro sluoksniu juda stumtuvai, tačiau jie neužstumia kuro ant ardyno (kūryklos durelių aukštis 10 cm, o stumtuvo – 5 cm). Ta pati problema iškilo ir kitoje bendrovės katilinėje (*Vabriku* katilinėje, žr. 8.2.5 skyrelį).

Danstoker katilė kaip papildomą kurą galima naudoti durpes, tačiau tai netinka kitoje panašioje bendrovės katilinėje (*Vabriku* katilinėje, žr. 8.2.5 skyrelį), kadangi mineralinė durpių pelėnų frakcija reaguoja su kūryklos vidinės dangos medžiaga, todėl danga skilinėja.



8.10 pav. Kompiuteriu valdomas greiferinis kranas paskirstė kurą tolygiai po visą sandėlio plotą. Ū. Kask nuotrauka



8.11 pav. Skiedros, susmulkintos plaktukiniu malūnu. Ū. Kask nuotrauka



8.12 pav. Trupančios plytos yrančio kamino pagrinda. Ū. Kask nuotrauka

Dujų valymo, pelenų tvarkymo ir šalinimo įranga, kaminai

Multiciklono valymas laikomas labai svarbiu (valoma šepėčiu, pritaistytu prie elektrinio grąžto). Kai deginami dideli smulkaus kuro kiekiai, 12 mm multiciklono angos užsikemša. Pelenų šalinimo įrenginiuose pelenų žioravimas yra praktiškai neįmanomas, išskyrus dėl neteisingo degimo režimo: pvz., nepakankamas oro srautas, neteisingos pirminio ir antrinio oro proporcijos, esant kuro kokybės svyravimams oro deginimui kiekis nesureguliuojamas iki priimtino lygio.

Siekiant išvengti vibracijos, pelenų transporterio radialiniai guoliai buvo pakeisti radialiniais–atraminiais guoliais. Pašalintus pelenus sunaudoja vietiniai ūkininkai tręšimui.

Plytų kaminas, pastatytas tuo pačiu metu kaip ir katilinė, ir anksčiau naudotas mazuto katilams, keliose vietose stipriai trupa (žr. 8.12 pav.), todėl jam reikia remonto. Pastarųjų 5–6 metų žiemomis, šaltuoju laiku, ant kamino susidarydavo varveklių. Vanduo, susikondensavęs iš degimo produktų, prasiskverbė pro kamino plytas į išorę ir sušaldavo. Kaminas suprojektuotas ~25 MW bendrosios galios mazutą deginantiesiems katilams, tačiau šiuo metu katilinės galia retai viršija 4–5 MW.

8.2.2. Katilinė Aardla Tartu mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1994 m.

Katilinė: katilinė Aardla (AS Eraküte) Tartu mieste.

Įrangos tiekėjas: KMW Energi AB, Švedija.

Katilas: nuo 1988 m. eksploatuojamame DKVR tipo garo katile, deginusiame iškastinį kūrą, buvo įrengta TRF tipo kūrykla neaušinamu mechaniniu pasviruoju ardynu (KMW Energi), apskaičiuotoji galia po rekonstrukcijos 6 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: dviejų dalių uždaras sandėlis, vienoje dalyje yra strypiniai stumtuvai, kuras tiekiamas greiferiniu kranu ir traktoriumi.

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, kuras iš pagrindinio sandėlio tiesiogiai kraunamas į prieškūryklą šnekiniu transporteriu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: akustiniai suodžių pūstuvai, pelenai šalinami sausuoju būdu šnekiniiais

transporteriais, multiciklonas lauke, senas plytų kaminas.

Perėjimo prie biokuro deginimo projektas *Aardla* katilinėje Tartu mieste buvo finansuojamas iš Švedijos vyriausybės suteiktos paskolos pagal NUTEK Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje. Pagal šią programą Švedijos vyriausybė atskirai finansavo ir projekto konsultantų darbą. Visuose NUTEK programos projektuose, finansuojamuose Švedijos vyriausybės, dalyvavo Švedijos konsultacinė bendrovė *ÅF Energikonsult Syd*.

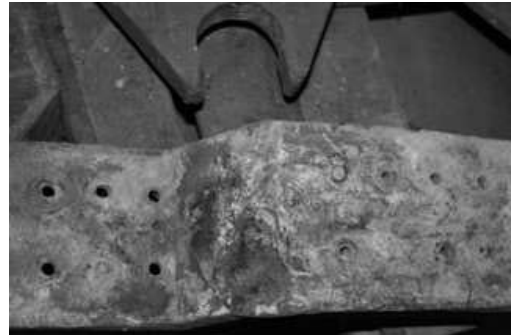
Katilas

Aardla katilinėje Tartu mieste prie esamo mazutą deginančio katilo buvo pristatyta prieškūrykla biokuro deginimui. Per 11 eksploatacinių metų buvo pastebėtos tokios problemos: mažas prieškūryklos vidinės dangos atsparumas, pelenų lydymasis ir ardyno šlakavimasis, šildymo paviršių (įskaitant ekonomizerio ir oro šildytuvo) užsiteršimas, su šildymo paviršių valymu ir oro (kuro) padavimo valdymu susijusios problemos, šildymo paviršių erozija bei korozija ir t. t.

Pagrindinė prieškūryklos problema – nedidelis ardyno ilgaamžiškumas. Iš pradžių sumontuotas ardynas tarnavo tik 4 metus, ir per tą laiką buvo pakeisti 4 jo elementai. Praėjus 5 metams po prieškūryklos eksploatacijos pradžios (1999 m.), buvo pakeistas praktiškai visas ardynas. Šiuo metu naudojami ardyno elementai iš ketaus, pagaminti Tartu liejybos ir mechanikos gamykloje (žr. 8.13 pav.), kadangi originalių ardyno elementų kaina viršija Tartu pagamintųjų kainą 6 kartus. Tokiu būdu naudojant originalius ardyno elementus, papildomos metinės vidutinės išlaidos išaugtų 50 000 EEK (apie 3200 EUR). Deja, ardyno elementuose iš ketaus, pagamintuose Tartu liejykloje, nėra chromo, todėl jų kokybė labai netolygi ir juos tenka keisti kiekvieną vasarą (žr. 8.14 ir 8.15 pav.).



8.13 pav. Nauji ardyno elementai, pagaminti Tartu liejykloje. Ū. Kask nuotrauka



8.14 pav. Ardyno elementas po metus trukusios eksploatacijos katile. Ū. Kask nuotrauka



8.15 pav. Ardyno elementas pradegusia priekine dalimi. Ū. Kask nuotrauka



8.16 pav. Dūmtakis tarp priešškūryklos ir katilo. Ū. Kask nuotrauka

Vidinė danga priešškūrykloje kiekvienais metais šiek tiek remontuojama. Reikšmingas incidentas įvyko 1995 m. sausio mėn., kai praėjus 3,5 mėnesio po katilo paleidimo įgriuvo dūmtakio, jungiančio priešškūryklą su kūrykla, lubos (žr. 8.16 pav.).

Bendrovės KMW Energi AB atlikti skaičiavimai parodė, kad po katilo pertvarkymo jo galia turėtų siekti 6,0 MW. Kad būtų pasiekta tokia galia, temperatūra priešškūrykloje buvo pakelta iki 1200°C, tačiau vidinės dangos medžiaga neišlaikė tokios temperatūros. Be to, dūmtakyje pradėjo lydėtis lakieji pelenai, todėl įvyko šildymo paviršių šlakavimasis (tokia pati problema buvo iškilusi ir Kuressaare, žr. 8.2.6 skyrelį).

Kad būtų išvengta tokių problemų, katilinės specialistai pakeitė deginimo technologiją. Buvo įrengti tretinio oro kanalai, pro kuriuos oras naudojant antrinio oro ventiliatorių buvo paduodamas į dūmtakį priešais katilą (žr. 8.16 pav.).

Dėl tokio technologijos pakeitimo liepsna kūrykloje tapo stabili, o katilo galia išaugo iki 7 MW be poreikio priešškūrykloje palaikyti aukštą temperatūrą. Kadangi dabar degimo procesas nesibaigia priešškūrykloje, o dalis susidariusių dujų (lakųjų medžiagų) pilnai sudega katilo (DKVR) kūrykloje, priešškūryklos vidinė danga ir ardynas taip pat geriau atlaiko temperatūrą (temperatūra zonoje aplink ardyną yra žemesnė).



8.17 pav. Tolimasis tretinio oro kanalo galas. Ū. Kask nuotrauka

Taip pat nevyksta dūmtakio šlakavimasis, nes temperatūra priešškūrykloje neviršija 1000°C.

2004 m. papildomai buvo sumontuota tretinė orpūtė ir CO jutiklis. Šių patobulinių reikėjo dėl didelių kuro kokybės (ypač drėgnumo) svyravimų. Deginant sausą kurą, antrinio oro padavimą reikėdavo sumažinti, o tretinio – padidinti, tačiau ir antrinio, ir tretinio oro padavimas atliekamas, naudojant tą patį ventiliatorių. Dabar, įdiegus pakeitimus, lengviau sureguliuoti optimalų deginimo režimą ir pasiekti didžiausio efektyvumo. Anksčiau sausas kuras nesudegdavo pilnai ant ardyno, dėl mechanškai ir chemiškai nepilno sudegimo susidarydavo milžiniškų nuostolių. Nuo 2005 m. deginimo procesas valdomas automatiškai pagal CO jutiklio signalus (iki to laiko valdymas buvo rankinis).

Vieną kartą katilas buvo sustabdytas dėl avarinės situacijos, kuri susidarė dėl visų priešakinės sienos vamzdžių išorinių paviršių korozijos. Siekiant išvengti korozijos, katilo maitinimo sistemos vandens temperatūra palaikoma aukštesnė nei 70°C, anksčiau buvo 55°C. Praėjus vieneriems katilo eksploatacijos metams atlikta apžiūra parodė, kad išoriniuose vamzdžių paviršiuose korozijos nebėra.

2004 m. buvo atlikta ekonomizerio rekonstrukcija (padidintas jo šildymo paviršius), kurios dėka deginant aukštos kokybės kurą katilo galia pasiekė 9 MW.

Kuro sandėliavimo ir tvarkymo sistema, su kuru susijusios problemos

Kuro saugojimui buvo pastatytas dviejų skyrių sandėlis, kurio viename skyriuje buvo įrengti hidrauliniai stumtuvai. Kuras paduodamas greiferiniu kranu ir traktoriumi (žr. 8.18 pav.). Transporteriu, kuriais kurą būtų galima pristatyti iš sandėlio į katilinę, nebuvo įmanoma įrengti dėl CŠT vamzdynų (žr. 8.19 pav.), trukdančių tiesioginiam sujungimui. Vamzdyno izoliacija po rekonstrukcijos buvo atnaujinta.



8.18 pav. Kuro tvarkymas greiferiniu kranu Aardla katilinės kuro sandėlyje. Ū. Kask nuotrauka

Žemiau pateikiamas pavyzdys, parodo, kaip gali skirtis kuro kokybė. Per savo eksploatacijos laiką katilinė yra gavusi įvairių rūšių ir įvairios granulometrinės sudėties medienos kuro – skiedrų, pjuvenų, žievės, lukšto ir faneros gamybos atliekų bei įvairių rūšių drožlių. Sandėlio su dviem skyriais (kurių kiekviename įrengti hidrauliniai stumtuvai) talpa – 140+90 m³. Jeigu vieną dieną į katilinę atvežami du sunkvežimiai 50% drėgnumo skiedrų, du sunkvežimiai 26% drėgnumo lukšto atliekų ir vienas sunkvežimis 60% drėgnumo žievės, katilas bus sureguliuotas vidutiniam 46,5% drėgnumui. Jeigu kitą dieną pristatomas vienas sunkvežimis 55% drėgnumo skiedrų, kitas – 35%



8.19 pav. CŠT vamzdynai, trukdantys įrengti planuotus transporterius iš sandėlio į katilinę. Ū. Kask nuotrauka



8.20 pav. Iš kuro pašalinti akmenys. Ū. Kask nuotrauka

drėgnumo, o vietoje žievės atvežama 26% drėgnumo lukšto atliekų, tada katilinės operatoriams katilą teks sureguliuoti bendrajam 35,5% drėgnumui.

Praktikoje tokį sureguliuojimą reikia atlikti po kiekvieno sunkvežimio atvykimo. Kuro priėmėjas, atsakingas už kuro paruošimą ir sumaišymą, iš anksto nežino, koks kuras bus atvežtas kitu sunkvežimiu. Dėl šios priežasties katilas optimaliu režimu gali būti eksploatuojamas tik trumpą laiką ir todėl katilo vidutinis efektyvumas mažėja.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kiti įrenginiai

1998 m. nuosėdų nuo katilo konvektyvinių paviršių šalinimui buvo sumontuoti akustinio valymo įrenginiai. Šių įrenginių eksploatacinės savybės patenkinamos. Ekonomazeris turi suslėgto oro suodžių pūstuvus, kurie anksčiau buvo naudoti ir konvektyviniame dūmtakyje.

Kai katilas eksploatuojamas didžiausia apkrova, kas keturis mėnesius jį reikia sustabdyti ir atlikti mechaninį kūryklos ir konvektyvinių paviršių valymą, o tai trunka daugiausia penkias dienas.

Originalių šnekinių pelenų šalinimo transporterių korpusai buvo pakeisti praėjus metams po katilo paleidimo (1995 m.). Jų skersmuo buvo smarkiai padidintas, o konstrukcija patobulinta. Paaiškėjo, kad originalūs transporteriai netiko *Aardla* katilinei ir kėlė problemų. Sumontavus naujus korpusus, tik vieną kartą reikėjo pakeisti transporterių guolius.

Degimo produktų valymui skirtas multiciklonas veikia be gedimų. Plytų kaminas nuo 1994 m. buvo du kartus remontuojamas, tačiau poreikio jį perstatyti nėra.

8.2.3. Katilinė Vörusoo Vöru mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1994 m.

Katilinė: katilinė Vörusoo (AS Vöru Soojus) Vöru mieste.

Įrangos tiekėjas: Järforsen Energy Systems AB, Švedija.

Katilas: DE-25-14 tipo garo katilui 1988 m. buvo įrengta prieškūrykla su bendrovės Järforsen pagamintu neaušinamu judančiu ardynu. Katilo pertvarkymo metu buvo pastatytas mazuto degiklis didžiausios apkrovos padengimui. Po pertvarkymo apskaičiuotoji galia, deginant skiedras, siekia 7 MW, deginant mazutą – 4,5 MW, bendroji galia 7+4,5 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: dviejų dalių uždaras sandėlis, vienoje dalyje ant grindų yra hidrauliniai stumtuvai, kuras kraunamas traktoriumi.

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, kuras iš pagrindinio sandėlio paduodamas į prieškūryklą hidrauliniu stumtuvu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: sausasis pelų šalinimas šnekiniiais transporteriais, multiciklonas lauke, gariniai suodžių pūstuvai katilo viduje, senas plytų kaminas.

Perėjimo prie biokuro deginimo projektas Vörusoo katilinėje buvo taip pat finansuojamas iš Švedijos vyriausybės suteiktos paskolos pagal Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje.

Katilas

DE tipo garo katilų serija buvo sukurta Rusijoje pasenusių DKVR tipo katilų pakeitimui. DE tipo katilų gamyba pradėta praeito amžiaus 9-ajame dešimtmetyje. DE-25-14 tipo katilo našumas – 25 t garo per valandą, garo slėgis – 15 barų. Šiame

katilė nėra erdvisios kūryklos, kurioje būtų galima įrengti ardyną, kadangi katilas buvo sukonstruotas tik dujų ir skystojo kuro deginimui. Pertvarkant DE tipo katilą biokuro deginimui, priešais katilą būtina statyti atskirą prieškūryklą (žr. 8.21 ir 8.22 pav.).

Pirmasis žinomas bandymas pertvarkyti DE tipo katilą biokuro deginimui buvo įgyvendintas Biržuose, Lietuvoje, taip pat pagal Švedijos Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje. Biržuose prieškūrykla buvo įrengta mažesniai DE-15-14 serijos katilui 1994 m. – projektas pasirodė esąs sėkmingas.



8.21 pav. DE tipo katilas Võrusoo katilinėje, vaizdas iš galo. Ū. Kask nuotrauka



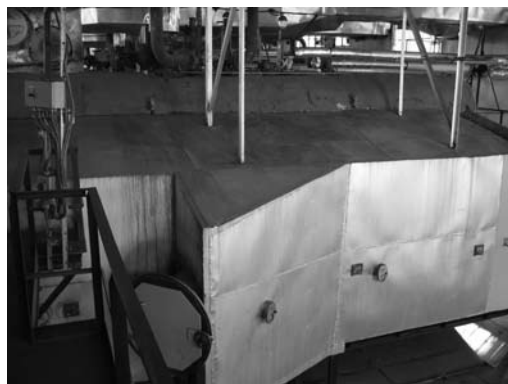
8.22 pav. Prieškūrykla, įrengta Võrusoo katilinėje. Ū. Kask nuotrauka

Pertvarkant DE tipo katilą biokuro deginimui tikslinga sumažinti šildymo paviršiams tenkančią šiluminę apkrovą. Be to, reikia atsižvelgti ir į tai, kad nuosėdų pašalinimas nuo konvektyvinių paviršių – ganėtinai sunki procedūra.

Võrusoo katilinėje buvo pastatyti trys panašūs DE-25-14 tipo katilai tuo metu, kai vartotojų šilumos poreikis staigiai sumažėjo ir bendroji katilinės galia viršijo poreikį tris kartus. Tokioje situacijoje rezervinių mazutą deginančių katilų naudojimas didžiausios apkrovos poreikiams patenkinti tapo labai kompliktuotas. Todėl didžiausios apkrovos poreikiams patenkinti liko dvi galimybės:

- pastatyti papildomą priimtinos galios (t. y. mažesnės) mazutą deginantį katilą arba
- rekonstruoti katilą, pertvarkytą biokuro deginimui, taip, kad jame būtų galima įtaisyti mazuto degiklį.

Konsultantai iš Švedijos konsultacijų bendrovės *ÅF Energikonsult Syd* rekomendavo išbandyti antrąjį sprendimą, todėl dešiniojoje katilo pusėje buvo įtaisytas 4,5 MW skystojo kuro degiklis. Degiklis buvo numatytas didžiausioms apkrovoms, jis turėjo būti eksploatuojamas lygiagrečiai su prieškūrykla (žr. 8.23 pav.). Deja,



8.23 pav. Skystojo kuro degiklio įrengimo vieta katilo šone. Ū. Kask nuotrauka.

katilinės darbuotojams nepavyko įgyventi šios paprastos idėjos pilnu mastu.

Bandymų metu mazutas buvo deginamas papildomame degiklyje, nebuvo pastebėta nei deginimo technologijos nesklaidumų, nei intensyvesnio šildymo paviršių užsiteršimo. Tolesnė katilo eksploatacija parodė, kad deginant pigesnę skalūnų alyvą, ant šildymo paviršių susidarė kietųjų nuosėdų. Šių nuosėdų savybės skyrėsi nuo tų, kurios susidarydavo deginant mazutą, jų buvo neįmanoma pašalinti įprastiniais garo pūstuvais, todėl personalas atsiskakė sumanymo įrengti papildomą degiklį.

Pirmaisiais metais po katilo rekonstrukcijos darbuotojai turėjo problemų su degimo režimų suregulavimu ir teisingų pirminio bei antrinio oro proporcijų nustatymu, bet vėliau reikiamos žinios ir patirtis buvo įgytos.

Kai daugiausia būdavo deginama žievė, ir kūrykloje, ir katilo šildymo paviršiuose būdavo susiduriama su šlakavimosi problemomis. Kūrykloje susidarė ypatingai kietos šlako nuosėdos, kurias teko šalinti pneumatiniiais kūjais. Deginant žievę, katilo šildymo paviršiai pasidengdavo nesurištomis nuosėdomis, tačiau kartais net ir stikliško šlako sluoksniu, kurį pašalinti nepažeidžiant vamzdžio metalo yra ypač sunku. Deginant žievę ir kitose Estijos katilinėse buvo pastebėta vidinės dangos pažeidimų dėl šlakavimosi.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimui naudojami grandikliniai transporteriai. Kuras paduodamas iš tarpinio bunkerio į prieškūryklą hidrauliniu stumtuvu. Rimtų problemų šie įrenginiai nėra sukėlę, jų našumas tenkina katilo kuro poreikius. Nedidelių problemų iškilo, kai kuras buvo užšalęs arba kuro gabalai buvo nestandartinių matmenų.

Kuro sandėlis

Kuro sandėliavimui pastatytas dviejų dalių uždaras sandėlis, kurio viename sky-



8.24 pav. Kuras Võrusoo katilinės sandėlio skyriuje, kuriame įrengti hidrauliniai stumtuvai. Ü. Kask nuotrauka.

riuje įrengti hidrauliniai stumtuvai, o kuras tiekiamas traktoriumi (8.24 pav.).

Pirmaisiais metais po katilinės rekonstrukcijos kuras į skyrių buvo stumiamas su mažu traktoriumi, tačiau jo galia buvo nepakankama ir jį dažnai tekdavo remontuoti dėl perkrovų. Problema buvo išspręsta, įsigijus galingesnį traktorių.

Kuras

Pastaraisiais metais reikšmingiausia problema tapo kuro kokybė ir jo prieinamumas. Kadangi katilinės teritorijoje nėra atvirojo sandėlio, o uždarojo sandėlio talpa yra tokia, kad pilna apkrova eksploatuojamą katilą galima aprūpinti kuru mažiau nei tris dienas, pasitaikė atvejų, kai medienos kurą deginančio katilo apkrovą teko sumažinti dėl kuro trūkumo.

Võrusoo katilinės apylinkėse kuro kokybei turi įtakos ir tai, kad kuro tiekėjai kaip laikinuosius sandėlius naudoja neasfaltuotas aikšteles. Kuras užsiteršia ir gamtiniu (dirvožemiu, smėliu), ir dirbtiniu gruntu (žvyru, smulkintais akmenimis). Dažnai kure randama metalo gabalų, kurie patenka į kuro padavimo sistemą ar net į pelenų transporterius (žr. 8.25 pav.).



8.25. pav. Kai kurie metalo gabalų pavyzdžiai, rasti kure ir pelenuose.
Ü. Kask nuotrauka

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Degimo produktai iš biokuro katilo per multicikloną nukreipiami į esamą plytų kamina (žr. 6.7 pav.), pro kurį išleidžiami ir mazuto katilų degimo produktai.

Pelenų šalinimas nuo šildymo paviršių konvektyvinės dalies tarp būgnų yra daug laiko ir darbo reikalaujantis procesas. Gariniai suodžių pūstuvai veikia gerai, tačiau didžioji dalis pelenų, nupūstų nuo šildymo paviršių pūstuvais, lieka dūmtakyje, iš kur juos kartais reikia pašalinti rankiniu būdu.

8.2.4. Katilinė Männimäe Viljandi mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1995 m.

Katilinė: katilinė Männimäe, AS ESRO.

Įrangos tiekėjas: HOTAB, Švedija.

Katilas: anksčiau mazutą deginusio DKVR 10-13 tipo katilo kūrykloje įrengtas judantis pasvirasis ardynas; apskaičiuotoji rekonstruoto katilo galia 6 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: dviejų dalių uždaras sandėlis, vienoje dalyje yra hidrauliniai stumtuvai, kuras paduodamas traktoriumi; numatyta kuro drėkinimo galimybė.

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, kuras iš pagrindinio sandėlio tiesiogiai kraunamas į prieškūryklą hidrauliniu stumtuvu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: akustiniai suodžių pūstuvai sumontuoti konvektyvinėje katilo dalyje, sausasis pelenų šalinimas, multiciklonas katilinėje, senas plytų kaminas.

Perėjimo prie biokuro deginimo projektas Männimäe katilinėje Viljandi mieste – tai dar vienas projektas, finansuojamas iš Švedijos vyriausybės suteiktos paskolos pagal Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje. Dauguma nagrinėjamų katilinių perėjimo prie biokuro deginimo metu buvo savivaldybių nuosavybė², o bendrovė AS ESRO buvo viena iš pirmųjų privatizuotų CŠT įmonių Estijoje.

Katilas

Kaip jau buvo paaiškinta (žr. 8.5 pav.), DKVR tipo katilai turi erdvas degimo kameras, todėl ardyną galima įrengti kūrykloje (žr. 8.26 pav.).

Pertvarkius katilą biokuro deginimui, jis pradėtas eksploatuoti kaip garo katilas. 2002 m. jis buvo pertvarkytas į karšto vandens katilą, tokiu būdu jo galia padidėjo beveik 2 MW. Deginant aukštos kokybės biokurą, katilo galia nuolatos siekė 8 MW.

Biokuro katilo ir visos katilinės darbas valdomas kompiuteriu (žr. 8.27 pav.). Tokiu būdu daugelį katilo ir katilinės eksploatacijos parametrų galima stebėti ekrane.

Kaip ir *Aardla* katilinėje (žr. 8.2.2 skyrelį), *Männimäe* katilinėje naudojami Tartu liejybos

² Šiuo metu visos Estijos CŠT įmonės veikia pagal tuos pačius teisės aktus, jų akcijos priklauso vietinei savivaldai, nacionaliniams arba užsienio investuotojams.



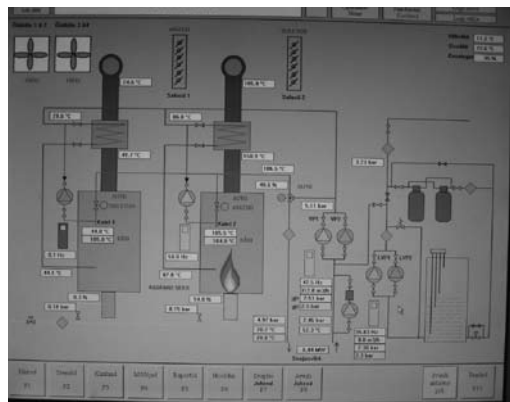
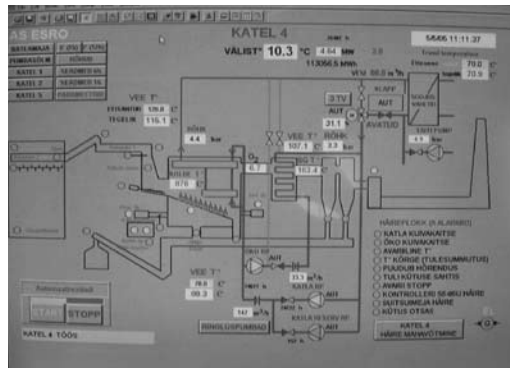
8.26 pav. Rekonstruotas DKVR tipo katilas, vaizdas iš priekio. Ū. Kask nuotrauka

ir mechanikos gamykloje pagaminti ardyno elementai, ir taip pat greitai nudega priekiniai jų galai (žr. 8.15 pav.).

Pirmasis techninis sprendinys jau „išgyveno“ keletą pakeitimų, pvz., buvo pakeista deformuoto kuro padavimo kontrolės vožtuvo vieta.

Kuro kokybė visą laiką turi didelę įtaką kūryklos darbei. Siekiant pagerinti drėgno kuro deginimo sąlygas, viršutinėje ardyno dalyje (kuro džiovinimo zonoje) buvo pastatyta arka. Deja, kūryklos našumas labai nepagerėjo. Kūryklos temperatūra dažnai nukrinta, todėl kuras ant ardyno dega netolygiai, tiksliau, vienoje ardyno pusėje kuras dega greičiau negu kitoje, todėl dalis ardyno gali likti be kuro. Tai taip pat yra viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl ardyno elementai greitai pradega. Su deginimo proceso kūrykloje reguliavimu susijusias problemas rodo ir faktas, kad nepavyksta CO kiekio degimo produktuose nuolat išlaikyti žemesnio negu ribinė vertė (1000 ppm).

Ardyną pažeidė ir ant jo minkštėjantys bei tankėjantys pelenai; šios problemos priežastis galėjo būti arba per sausas kuras, arba kuras su mineralinėmis priemaišomis. Katilinė kurui naudoja ir sausas atliekas iš netoliese esančios medienos perdirbimo gamyklos, tokios atliekos turi būti sudrėkinamos arba sumaišomos su



8.27 pav. Biokuro katilas ir visa katilinė valdoma kompiuteriu. Ū. Kask nuotrauka

drėgnu kuru. Tačiau nei drėkinant sausą kurą, nei jį maišant, nepavyksta gauti tolygaus kuro drėgnumo, todėl vis pasikartoja eksploatacijos sutrikimų. Šildymo sezono pabaigoje, t. y. pavasarį, ardyno elementai jau būna rimtai pažeisti, dėl netinkamo deginimo proceso nepilnai sudegusios žioruojančios dalelės gali praeiti pro cikloną, kuriame galima pastebėti pelenų žioravimą.

Kas 2–3 mėnesius katilą būtina išjungti ir pašalinti pelenus bei nusėdas. Per visą biokuro deginimo laikotarpį (apie 10 metų) nereikėjo keisti šildymo paviršių vamzdžių, tačiau kūryklos skliauto mūrą teko atnaujinti. Buvo pastatytas mažesnio negu ankstesnysis spindulio naujas skliautas.

Kūryklos vidinė danga virš ardyno paviršiaus kartą yra įgriuvusi (tarnavo 6 metus), o danga tiesiai virš ardyno yra nusidėvėjusi.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimo įrenginiai nėra sukėlę rimtų problemų. Jų našumas atitinka katilo poreikį, jie dirba patikimai. Kuro transporterio grandinės tarnavo devynerius metus ir buvo pakeistos ne dėl pažeidimų, o dėl laisvumo.

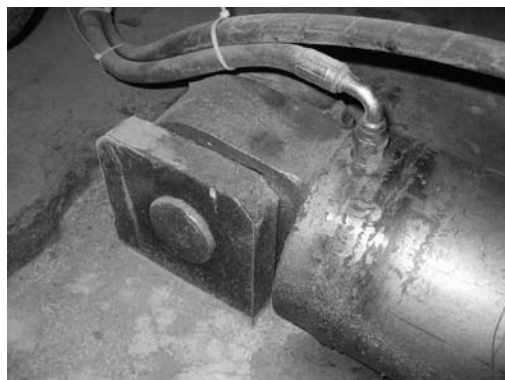
Kuro sandėlis ir sandėlio įranga

Uždarame dviejų skyrių sandėlyje saugoma ribota dviejų dienų kuro atsarga. Vienas iš sandėlio skyrių turi hidraulinius stumtuvus, kuras paduodamas traktoriumi (žr. 8.28 pav.). Kadangi netoliese yra gamykla, gaminanti medines duris ir langus bei tiekianti sausą kurą (apie 20% drėgnumo), sandėlyje numatyta galimybė jį drėkinti, kadangi kūrykla yra skirta drėgno kuro deginimui.

Hidrauliniai cilindrai, varantys stumtuvus sandėlio dugnu, tarnavo apie 6–7 metus. Iki 2005 m. visų hidraulinių cilindrų suvirinimo siūlės buvo remontuotos po 2–3 kartus. Kartą buvo sulūžusi į betoną įlieta cilindro atrama (žr. 8.29 pav.).



8.28 pav. Kuro tvarkymas Männimäe katilinės kuro sandėlyje. Ü. Kask nuotrauka



8.29 pav. Privirintas hidraulinio cilindro galas, Ü. Kask nuotrauka

Pirmaisiais sandėlio eksploatacijos metais keliose vietose buvo lūžę stumtuvų tvirtinimai, be to, patys stumtuvai nusidėvėjo ir suapvalėjo galuose, todėl nebegalėjo užtikrinti patikimo pjuvenų ir žievės tiekimo vasarą. Dėl to teko sutvirtinti prijungimo vietas, o ant priekinių stumtuvų kraštų privirinti metalo plokštes. Kai atliekose būdavo lukšto atliekų arba ilgų žievės atraižų, kuras ant grandiklinio transporterio krisdavo netolygiai.

Kuras

Pastaraisiais metais didžiausia įmonės problema tapo kuro kokybė ir tiekimas. Katilinės teritorijoje nėra atvirojo sandėlio, o uždarojo sandėlio talpa yra tokia, kad pilna apkrova eksploatuojamą katilą galima aprūpinti kuru tris dienas.

Kuro naudojamosios masės drėgnumas svyruoja 20–65% ribose. Problemų iškyla, kai kuro drėgnumas viršija 50%.

Vasarą, kai katilinės apkrova siekia tik 1,5–2,5 MW, dažnai deginamos tik pjuvenos ir žievė. Žiemą deginant tokį kurą neįmanoma pasiekti nominaliosios galios, o nepilnai sudegusios žiuruojančios dalelės pasiekia multicikloną. Panašių problemų pastebėta, pvz., katilinėse *Haapsalu* ir *Keila* (žr. 8.2.7 ir 8.2.8 skyrelius).

2004 m. *Männimäe* katilinei buvo patiekta daug 45–48% drėgnumo kuro iš

drebulės medienos. Naudojant šį kūrą, kūrykloje buvo neįmanoma valdyti deginimo proceso. Todėl tai vienoje, tai kitoje ardymo vietoje liepsna gesdavo. Ši patirtis parodė, kad drebulės medienos kuras turi būti sausesnis nei iš kitų medienos rūšių pagamintas kuras.

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Katilo šildymo paviršių valymui naudojami du akustiniai valymo įrenginiai. Jų eksploatacijos metu keliamas triukšmas netrikdė katilinės darbuotojų. Deginant sausą kūrą, valymas šiais akustiniais valymo įrenginiais duoda patenkinamų rezultatų, bet pastoviai deginant drėgną kūrą akustiniai suodžių pūstuvai neduoda jokios naudos, todėl katilo konvektyviniai paviršiai greitai užsiteršia. 2004 m. pirmą kartą buvo aptikta sukietėjusių pelenų nuosėdų ekonomizaizeryje. Šias nuosėdas reikėjo nukapoti. Nei kitų akustinio valymo įrenginių, nei suodžių pūstuvų ekonomizaizeryje nėra sumontuota.

2005 m. teko remontuoti plytų kaminą ir pakeisti jo metalines konstrukcijas.

8.2.5. Katilinė Vabriku Tūri mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1998 m.

Katilinė: katilinė Vabriku (OÜ Terme) Tūri mieste.

Įrangos tiekėjas: AS Tamult, Estija; Saxlund, Švedija.

Katilas: anksčiau mazutą deginusio DKVR 10-13 tipo katilo kūrykloje įrengtas judantis pasvirasis ardymas; katilas pertvarkytas į karšto vandens katilą. Apskaičiuotoji rekonstruoto katilo galia 4 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjūvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: uždaras sandėlis su kompiuteriu valdomu greiferiniu kranu.

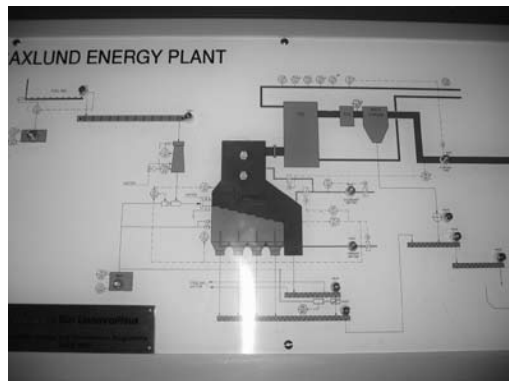
Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, kuras iš tarpinio bunkerio paduodamas į kūryklą hidrauliniu stumtuvu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: sausasis pelenų šalinimas šnekiniais transporteriais, multciklonas katilinėje, senas plytų kaminas.

Perėjimo prie biokuro deginimo projektas Vabriku katilinėje Tūri mieste – tai dar vienas projektas, finansuojamas iš Švedijos vyriausybės suteiktos paskolos pagal Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje. Katilinės savininkei (OÜ Terme) tai jau buvo antrasis biokuro projektas. Tos pačios bendrovės Tehnika katilinėje (žr. 8.2.1 skyrelį) biokuro deginimas pasitvirtino kaip ekonomiškai atsiperkantis, todėl remiantis turima patirtimi buvo nuspręsta, kad yra tikslinga panašų projektą įgyvendinti ir Vabriku katilinėje (žr. 8.30 pav.).

Katilas

Vabriku katilinėje buvo nuspręsta ne statyti naują katilą, o pertvarkyti DKVR tipo katilą, kuris buvo vis dar geros būklės



8.30 pav. Plakatas su Vabriku katilinės, esančios Tūri mieste, technologine schema. Ū. Kask nuotrauka

(žr. 8.2.4 ir 8.5 pav.). Rekonstrukcijai buvo pasirinktas Švedijos bendrovės *Saxlund* ardymas. Šio ardymo naudojimas pasitvirtino keliose Estijos katilinėse, įskaitant ir *AS Tamult* (pagrindinio įrangos tiekėjo ir rekonstrukcijos projektuotojo) katilinę.

Bendrovei *OÜ Terme* pasitaikė puiki galimybė savo katilinėse palyginti dviejų biokuro katilų su skirtingais techniniais sprendiniais eksploatacines savybes. *Vabriku* katilinėje DKVR tipo katilo kūrykloje galima pastebėti aukštesnę temperatūrą negu *Vølund* katilo kūrykloje (žr. 8.2.1 skyrelį). To dėka rekonstruotame katile galima deginti drėgnas kirtimo atliekas ir kelmus, tuo pačiu vyksta intensyvus ardymo šlakavimasis.

DKVR tipo katilo konvektyvinės dalies pradžioje ant dūmtakių susidaro patvarios pelenų nuosėdos. Ta pati problema buvo pastebėta ir *Männimäe* katilinės DKVR katile *Viljandi* mieste (žr. 8.2.4 skyrelį).

Po katilo rekonstrukcijos pilnos projekcinės galios iškart pasiekti nepavyko (buvo pasiekta pusė jos vertės). Tik po to, kai labai vingiuoti oro kanalai su dideliu aerodinaminiu pasipriešinimu buvo pakeisti naujais, pasiekta nominalioji 4 MW galia.

Vabriku katilinėje yra buvęs incidentas, kai dėl elektros energijos tiekimo sutrikimo katilas sustojo ir perkaito, tada teko pakeisti pažeistus temperatūros jutiklius. Laimei, susikaupusi kūryklos ir jos vidinės dangos šiluma neįkaitino katilo vandens tiek, kad jis pradėtų intensyviai garuoti, todėl pavojingo slėgio padidėjimo buvo išvengta.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimo įranga nėra sukėlusি rimtų problemų, jos našumas atitinka katilo galia, gedimų nėra buvę.

Kuro sandėlis ir sandėlio įranga

Kuro stumtuvų, stumiančių kurą sandėlio grindimis, darbas nebuvo rimtai sutrikęs. Sandėlio transporteriai gali aptarnauti katilą esant bet kokiai apkrovai. Kuro perkėlimui į sandėlį naudojamas traktorius (žr. 8.31 pav.).



8.31 pav. Traktorius, pritaikytas kuro stumdymui, *Ü. Kask* nuotrauka

Kuras

Abiejose bendrovės *OÜ Terme* katilinėse – ir *Tehnika*, ir *Vabriku* – egzistuoja kuro tiekimo ir kokybės problemos. Tačiau *Vabriku* katilinės įranga ne tokia jautri kuro kokybei. Bandymai deginti durpes buvo nesėkmingi, todėl ilgalaikį durpių, kaip atsarginio kuro, naudojimą reikia atmesti.

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Šnekinį transporterį karštų pelenų pašalinimui, pagamintą iš plono lakštinio metalo, po poros eksploatacijos metų teko pakeisti. Prieš pakeitimą, siekiant išvengti šnekinio transporterio sugadinimo, transporterio sienoje buvo įrengti specialūs liukai mechaninių priemaišų pašalinimui, tačiau to nepakako, todėl naujas transporteris buvo pagamintas iš storesnio ir patvaresnio lakštinio metalo. Palyginimui galima paminėti bendrovės *OÜ Terme* katilinės *Tehnika* analogiškomis sąlygomis veikiančią šnekinį transporterį, kuris sėkmingai eksploatuojamas jau 14 metų.

Įrenginys nuosėdų šalinimui nuo šildymo paviršių nebuvo sumontuotas, iki šiol yra naudojamas mechaninis valymas.

Buvo numatytas tretinio oro padavimas į kūryklą, kadangi tretinis oras nepagerino degimo sąlygų, o padidino deguonies kiekį ekonomazerio zonoje, jo buvo atsisakyta.

Katilo išėjime palaikoma reikiama degimo produktų temperatūra (~170°C), todėl ant katilo kamino sienų nevyksta garų kondensacija.

8.2.6. Katilinė Kalevi Kuressaare mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 1-asis etapas – 1998 m.; 2-asis etapas – 2002 m.

Katilinė: bendrovės AS Kuressaare Soojus katilinė Kalevi.

Įrangos tiekėjas: 1-ojo etapo – Saxlund, Švedija; 2-ojo etapo – AS Tamult, Estija.

Katilas: 1-asis etapas – buvo pastatytas 5 MW daniškas katilas Danstoker su prieškūrykla (su judančiu pasviruoju ardynu); taip pat buvo sumontuotas įrenginys vandens garų iš degimo produktų kondensavimui; 2-asis etapas – DKVR 10-13 tipo mazutą deginančio garo katilo (eksploatuojamo nuo 1983 m.) kūrykloje buvo sumontuotas judantis pasvirasis ardynas. Be to, katilas buvo pertvarkytas į karšto vandens katilą. Apskaičiuotoji pertvarkyto katilo galia 6 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: sandėlis su vienu atviru galu, kitame gale įrengti hidrauliniai stumtuvai; kuras kraunamas operatoriaus valdomu kranu ir traktoriumi. Biokurui sandėliuoti naudojamas didelis atviras sandėlis.

Kuro padavimo įranga: kuras abiem katilams paduodamas iš sandėlio į katilinę įprastiniais grandikliniais transporteriais; iš tarpinio bunkerio į kūryklą kuras paduodamas hidrauliniu stumtuvu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: 1-asis etapas – akustiniai suodžių pūstuvai, drėgnas pelenų šalinimas gran-

dikliniais transporteriais; multiciklonas katilinėje, senas plytų kaminas, bendras abiem katilams, degimo produktų kondensavimas (katilo galią padidina 5%).

2-asis etapas – sausas pelenų šalinimas šnekiniiais ir grandikliniais transporteriais, bendras abiem katilams degimo produktų kondensatorius ir naujas plieninis kaminas vietoje senojo plytų kamino buvo pastatytas 2005 m.

Toje pačioje katilinėje su 5 metų pertrauka buvo paleisti du biokuro katilai. 1-ajame etape projektas (1988 m.) buvo finansuojamas iš Švedijos vyriausybės suteiktos paskolos pagal Energetikos sistemų, atitinkančių aplinkosaugos reikalavimus, programą Baltijos šalyse ir Rytų Europoje.

Kadangi pirmas biokuro projekto etapas buvo sėkmingas, o dalį bazinės apkrovos tekdavo padengti, naudojant ekonominiu požiūriu mažiau priimtina kūrą (mazutą), buvo nutarta rekonstruoti dar vieną katilą, o darbus finansuoti paėmus komercinę paskolą.

Kuro sandėliai pastatyti 1-ajame etape buvo pakankamai dideli, o kuro transporteriai tokie efektyvūs, kad galėjo aptarnauti ir antrąjį biokuro katilą. Kadangi remiantis pirmojo katilo eksploatacinėmis savybėmis, buvo nuspręsta statyti antrąjį biokuro katilą, katilinės techninis vadovas pirmaisiais eksploatacijos metais labai kruopščiai registravo visus gedimus ir nesklandumus. Toliau pateikiama trumpa duomenų apžvalga:

1998 m. gegužės mėn. katilas buvo sustabdytas dėl kuro trūkumo, šis sustabdymo laikotarpis buvo panaudotas įrenginio suvirinimo darbams ir apžiūrai. Kūryklos vidinėje dangoje buvo aptikta keletas trūkimų, pratekėjimų pro drėgno pelenų šalinimo sistemos maišytuvo guolius ir metalinės sijos išlinkimas pelenų kanale galinėje kūryklos ardyno dalyje.

1998 m. rugsėjo mėn. kuro stumtuvo varžtai atsipalaidavo, šio sutrikimo pašalinimui buvo papildomai uždėtos spyruoklinės poveržlės. Buvo pastebėta keletas problemų,

susijusių su kuro transporterių valymu, tačiau jos neišspręstos iki šiol. Valant tekdavo transporterį paleisti priešinga kryptimi, o tą padaryti galima tik pasukant elektros variklio aušinimo ventilatoriaus sparnuotę.

1998 m. spalio mėn. kūryklose buvo aptikta daug išsilydžiusių pelenų ir pažeista vidinė danga.

1998 m. lapkričio mėn. teko remontuoti drėgno pelenų šalinimo sistemos plūdūrą. Pirminio oro įleidimo kontrolės sklendės buvo pakeistos kitokio tipo skląščiais.

1998 m. gruodžio mėn. katilo tikrinimo metu neveikė apsauginis vožtuvas.

1999 m. sausio mėn. buvo pastebėtas kūryklos ardyno kilimas; tam, kad jo būtų išvengta, buvo sumontuotos kreipiamosios. Kuro skirstytuvai (besisukantis cilindras su mentėmis, tolygiai paskleidžiantis kuro sluoksnį sandėlyje prieš paduodant ant transporterio) pakrypo ašies kryptimi, kadangi nebuvo kaiščio.

1999 m. vasario mėn. metalinės skersinės kuro stumtuvų sijos (vadinamosios kopėčios), esančios ant sandėlio grindų, suvirinimo vietose atitrūko nuo kreipiamosio strypo.

Ta pati problema kuro sandėlyje pasikartojė **1999 m. kovo mėn.** – hidraulinio cilindro tvirtinimo vietoje trūko suvirinimo siūlė. Panašiai tuo pačiu metu buvo pažeisti pelenų šalinimo sistemos maišytuvo guoliai dėl pelenų šnekinio transporterio (sausųjų pelenų transporterio) apsauginio jungiklio gedimo. Kadangi tuo metu nebuvo galimybės atlikti liepsnos ir vakuuminio jutiklių aptarnavimo, CŠT bendrovė iš savo lėšų pasistatė aptarnavimo platformas.

Katilas

Lyginant su bet kuriuo iš anksčiau aprašytųjų projektų, 1-ajame katilinės *Kalevi*

rekonstrukcijos etape buvo įdiegtas svarbus techninis patobulinimas – įrengtas įrenginys vandens garų kondensavimui iš degimo produktų (vadinamosios degimo produktų kondensatorius), kuris apytiksliai 5% padidino katilo galią.

Prieškūrykloje ir katile, pastatytuose 1-ajame etape, nebuvo automatinio degimo režimo valdymo, kuris būtų supaprastinęs įvairios kokybės biokuro (skirtingų rūšių, drėgnumo, granulometrinės sudėties) deginimą. Iš pradžių katile nebuvo degimo produktų recirkuliacijos sistemos, šią sistemą savininkas įrengė po metų. Kaip jau buvo paaiškinta (žr. 4.1.2 skyrelį), degimo produktų, išeinančių iš kūryklos, temperatūrą galima reguliuoti degimo produktų recirkuliacijos dėka, tuo būdu išvengiant kūryklos vidinės dangos perkaitimo. Cilindrinėje horizontalioje kūryklos dalyje (vadinamojoje antrinėje deginimo kameroje) danga nukrito, kadangi ją ilgą laiką veikė aukšta temperatūra. Deja, šioje dalyje nėra galimybės teisingai kontroliuoti temperatūros, nes klaidingai buvo įtaisyta temperatūros jutiklis (projektinė klaida).

2004 m., po 6 metų eksploatacijos, paaiškėjo, kad katilo *Danstoker* vamzdžių sienelių storis aplink vandens įleidimo vietą kai kur yra mažesnis negu 1 mm. Vamzdžiai susiplojo ir atsirado vandens pratekėjimų. Greičiausiai CŠT grįžtamojo vandens maišymasis su katilo vandeniu nebuvo sureguliuotas, ir vandens temperatūra įleidimo vietoje buvo per žema, o tai paskatino vamzdžio metalo rūgštinę rasos taško koroziją (vadinamąją žematemperatūrę koroziją) degimo produktų pusėje. Dažnas vamzdžių valymas šepetiais pažeidžia oksidų plėvelę degimo produktų pusėje ir sumažina vamzdžių eksploatacavimo laiką. Dar viena vamzdžių nusidėvėjimo priežastimi gali būti erozija dėl mineralinių dalelių pelenuose.

2-ajame projekto etape DKVR katilo kūrykloje išilgai pusės ardyno buvo pastatytas šamotinių plytų skliautas, kurio dėka

turėjo pagerėti kuro džiovavimo sąlygos. Nepaisant to, kad DKVR katilas rekonstruotas, tokio drėgno kuro, koks deginamas neuštinamoje katilo Danstoker prieškūrykloje, DKVR katile deginti neįmanoma. Kartais katile pakeičiami keli vandens vamzdžiai, tai turi būti daroma ir ateityje.

Kai kuriuos ardymo elementus ir katilo Danstoker prieškūrykloje, ir DKVR katile teko pakeisti, be to, buvo pakeistas ardymo elementų išdėstymas abiejuose katiluose. Kai kurie ardymo elementai buvo suremontuoti, papildomai privirinus metalo.

Kuro padavimo įranga

1-ajame etape, pradėjus eksploatuoti katilą *Danstoker*, kuro padavimo įrangos trūkumai buvo pašalinti jau pirmaisiais metais, pvz., priešais katilą buvęs šnekinis maitintuvas pakeistas hidrauliniu stumtuvu. Iki šiol neišspręstos problemos, susijusios su nepatogiomis grandiklinio transporterio valymo procedūromis ir kuro kamščių šalinimu, kurios pirmą kartą atsirado jau 1998 m. rugsėjo mėn.

Kai 2002 m. toje pačioje katilinėje esantis DKVR tipo katilas buvo pertvarkytas biokuro deginimui, kuro padavimo sistema buvo papildyta horizontaliuoju grandikliniu transporteriu, skirtu kuro pristatymui į priešais katilą esantį padavimo bunkerį. Taip pat buvo pakeistas tarpinis bunkeris. Vėliau šiame katile buvo atlikti nendrių deginimo bandymai, kurių metu paaiškėjo, kad ilgos nendrės nepakankamai gerai iškrinta iš tarpinio bunkerio ant transporterio. Ta pati problema pasikartojo ir su nendrių bei medienos skiedrų mišiniu. Tam, kad ir nendrės, ir kuro mišinys tolygiai kristų, nendres reikia susmulkinti į 7–10 cm gabalus.

Kuro sandėlis, sandėliavimo įranga

Pašalinus klaidas ir sutrikimus, nustatytus pirmaisiais eksploatacijos metais, vėliau rimtų eksploatacinių sutrikimų nepasitaikė. Praėjus septyneriems eksploatacijos



8.32 pav. Operatoriaus valdomas tiltinis kranas su griebtuvu. Ū. Kask nuotrauka

metams, kuro sandėlio betoninės grindys po stumtuvais nusidėvėjo. Prie hidrauliniu būdu varomų stumtuvų buvo privirinta keletas papildomų skersinių sijų, o stumtuvų sujungimo vietos kartais suvirinamos iš naujo. Daug problemų iškilo su greiferinio kranu techniniu aptarnavimu ir remontu (žr. 8.32 pav.). Greiferinis kranas buvo užsakytas Estijos bendrovėje, pirmasis kranas tik dėl nuolat atliekamo techninio aptarnavimo ir remonto tarnavo 5 metus. Nors sandėlis ir jo įranga iš pradžių buvo suprojektuoti 5 MW katilo aptarnavimui, vėliau kuro padavimo įranga pajėgė aptarnauti du katilus, kurių bendroji galia 10–11 MW.

Kuras

Kokybė. Atvirajame katilinės sandėlyje saugomame biokure esantis sniego kiekis kai kuriomis žiemomis būna per didelis. Sniego atsiranda kure transportavimo arba krovimo į tarpinį sandėlį metu. Dažnai kuro drėgnumas viršija net 55%. Taip atsitinka, kai būna daug kritulių arba sniego tirpimo metu, tačiau kartais drėgnumas būna didelis dėl kuro sudėties (didelė dalis skiedrų iš smulkių šakelių ir (arba) spyglių, žievės). Kai kure didelis eglės žievės kiekis, sutrinka kuro krovimas iš sandėlio ant grandiklinio transporterio ir gabenimas į katilą, kadangi ilgos plaušingos žievės atraižos

apsiveja kuro skirstytuvą, ir jis nebegali tinkamai veikti (kuro sluoksnis sandėlyje nebepasiskleidžia ant grandiklinio transporterio tolygiai). Visų rūšių kuras turi būti susmulkintas iki tokio dalelių dydžio, koks numatytas projekte.

Kita kuro kokybės problema yra užterštumas dirvožemiu (purvu ir smėliu), be to, kure dažnai randama didelių nuolaužų (metalo ar akmens) gabalų.

Atvirame kuro sandėlyje pasitaikė savaiminio drėgno medienos kuro su dideliu žievės kiekiu užsiliepsnojimo atvejų. Kaip parodė ankstesnių metų patirtis, didelėse krūvose (5–6 m) laikomo kuro energijos kiekis per tris–keturis mėnesius gali sumažėti 50%. Vieną vasarą bendrovė sukaupe daug žievės, kurią laikė atvirame sandėlyje. Šildymo laikotarpiu paaiškėjo, kad santykinis kuro suvartojimas išaugo 50%. Drėgno biokuro (ypač tokio, kurio drėgnumas viršija 50%) negalima laikyti aukštose krūvose, be to, krūvas kartais reikėtų permaišyti, kad visos krūvos kuro drėgnumas būtų vienodas.

Kuro pristatymas. Šiltomis žiemomis (kai dirvožemis neiššąla) miško technika negali įvažiuoti į kirtavietes, todėl neįmanoma bendrovės kilnojamųjų medienos smulkintuvų naudoti miške. Tada lieka vienintelė galimybė – smulkinti apvaliąją medieną sandėliavimo vietose. Tačiau be nuosavo medienos smulkintuvo kuro atsargų kaupimas būtų dar sudėtingesnis, nes Kuressaare yra saloje ir dalis kuro pristatoma sunkvežimiais iš žemyno. Pasitaikydavo atvejų, kad kuras iš žemyno neatvykdavo keletą dienų. Medienos kuro pristatymas kartais būna sudėtingas ne tik visoje šalyje, bet ir visose Baltijos valstybėse.

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Nors ir yra įrengti akustiniai suodžių pūstuvai, vieną karšto vandens katilo Danstoker dūmavamzdžių dalį kas du mėnesius tenka valyti šepėčiais rankiniu būdu.

Nuo DKVR katilo konvektyvinių paviršių vamzdžių nuosėdas reikia šalinti tik du kartus per metus. Valymas – tai daug laiko ir darbo sąnaudų reikalaujanti procedūra, kadangi lakieji pelenai ir suodžiai nusėda tarp tankiai suklotų vamzdžių. Šildymo paviršių šlakavimosi nebuvo pastebėta.

Esami plytų kaminai ilgą laiką buvo naudojami daug sieros turinčio kuro (mazuto, skalūnų alyvos) degimo produktų išmetimui į atmosferą. Šiuo metu vienas iš kaminų naudojamas abiejų biokuro katilų ir didžiausios apkrovos skysto kuro katilų degimo produktų išmetimui, todėl kaminas pradėjo irti. Kai deginamas drėgnas kuras, kamine susidaro rasos taškas, vandens garai degimo produktuose kondensuojasi ir reaguoja su sieros junginiais, nusėdusiais anksčiau. Susidariusi sieros rūgštis ardo kaminą (ardymo pėdsakų galima rasti ir vidiniame, ir išoriniame kamino paviršiuje).

Kamino irimą skatina ir orų sąlygos. Pvz., vidiniame kamino paviršiuje susikondensavęs vanduo prasiskverbia tarp plytų ir (arba) į plytas ir šaltą dieną ten užšąla (irimo pėdsakai matomi išoriniame kamino paviršiuje).

2-ajame etape šnekinis transporteris pelenų šalinimui iš DKVR tipo katilo po vienerių metų eksploatacijos dėl nusidėvėjimo buvo pakeistas. Tai įrodo, kad pelenuose yra per daug mineralinių medžiagų. Buvo nuspręsta šnekinį konvejerį pakeisti grandikliniu transporteriu, kuris tarnavo ilgiau. Sausi pelenai išmetami į vandens vonią, kad pelenų patalpoje nesklistų dulkės.

8.2.7. Haapsalu katilinė

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 2001 m.

Katilinė: bendrovės AS Eraküte katilinė Haapsalu.

Įrangos tiekėjas: Saxlund, Švedija; AS Tamult, Estija.

Katilas: prieškūrykla su mechaniniu pasviruoju ardynu ir 7 MW galios katilas *Danstoker*.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: dviejų dalių uždaras sandėlis, vienoje dalyje yra hidrauliniai stumtuvai, kuras paduodamas traktoriumi; numatyta kuro drėkinimo galimybė

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, juostiniai ir šnekiniai transporteriai.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: sausasis pelenų šalinimas grandikliniais ir šnekiniais transporteriais, multiciklonas katilinėje, senas plytų kaminas.

AS *Eraküte* yra prancūzų kapitalo koncerno DALKIA, įsigijusio keletą CŠT įmonių Estijoje, dukterinė įmonė. Biokuro projektas Haapsalu katilinėje (žr. 8.33 pav.) buvo finansuojamas iš komercinės paskolos, kurią laidavo holdingo bendrovė.

Katilas

Katilas veikė be jokių gedimų ir naudojant projekte nustatytos kokybės kurą, buvo galima lengvai pasiekti katilo nominaliąją galią ir apkrauti katilą iki 110%. Galią buvo pasirinkta sėkmingai ir pilnai tenkino CŠT tinklo poreikius.

Pelenų lydymosi ir sukepimo problemų atsirado, kai katilė buvo deginamos labai sausos faneros ir baldų pramonės atliekos (drėgnumas apie 10–15%). Kadangi katilas suprojektuotas daug drėgnesnio kuro deginimui (30–55%), buvo sumontuotas perforuotas vandens vamzdis kuro, gabenamo iš sandėlio grandikliniu transporteriu, drėkinimui. Pagal sutartį šilumingumo nuostolius dėl drėgno kuro padengia tiekėjas. Vasarą, kai vidutinė katilo apkrova neviršija 2 MW, galima deginti ir sausą nesudrėkintą kurą (drožles). Kai deginimui skirta žievė būna per daug drėgna (drėgnumas viršija 55%), katilo nominaliosios galios pasiekti neįmanoma.



8.33 pav. Haapsalu katilinės vaizdas po rekonstrukcijos. Ū. Kask nuotrauka

Esant vidutinei apkrovai (3 MW), Haapsalu katilas nominaliąją galią gali pasiekti mažiau nei per dvi valandas. Katilinės Keila biokuro katilė su tuo pačiu techniniu sprendiniu (žr. 8.2.8 skyrelį) tam reikia 4 valandų. Katilo apkrovą galima greičiau padidinti Haapsalu katilinėje keraminės arkos, įrengtos kūrykloje, dėka, kurios Keila katilinėje nėra (šiose katilinėse pastatyti katilai yra to paties tipo, pagaminti toje pačioje bendrovėje).

Haapsalu katilo ardynas turi tris judančias ardyno pakopas, o Keila katilas – tik dvi. Gali būti, kad dėl šios priežasties Haapsalu katilė geriau kontroliuojama katilo apkrova ir jame galima deginti drėgną kurą.

Panašiai kaip ir Kuressaare katilinėje (žr. 8.2.6 skyrelį), Haapsalu katilinėje *Danstoker* tipo katilo temperatūros jutiklis kūryklos procesų kontrolei iš pradžių buvo įmontuotas neteisingoje vietoje (rodė žemesnę temperatūrą). Kuressaare katilinėje Talino technologijos universiteto specialistų užfiksuota tikroji vidinės dangos temperatūra siekė 1200°C, todėl vidinė danga ėmė lydėtis.

Būtų tikslinga įrengti tikrinimo angas pelenų nuosėdų ant arkos stebėjimui. Siekiant sumažinti nusėdusių pelenų kiekį, reikėtų rasti tinkamesnę arkos konfigūraciją.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimo įrenginiai nėra sukėlę rimtų problemų. Jų našumas atitinka katilo poreikį, jie dirba patikimai.

Kuro sandėlis ir sandėlio įranga

Kadangi katilinės teritorija yra maža, buvo pastatytas mažas sandėlis, kurį tenka dažnai papildyti. Su užpildyto sandėlio atsarga katilinė gali dirbti dvi dienas, todėl sklandus logistikos valdymas yra ypatingai svarbus (žr. 8.34 pav.).

Kuras

Kaip ir kitose katilinėse, rimčiausia pasitarųjų metų problema tapo kuro kokybė ir jo prieinamumas. Katilinės teritorijoje nėra atviro sandėlio, o uždaro sandėlio talpa yra tokia, kad pilna apkrova eksploatuojamą katilą galima aprūpinti kuru tik dvi dienas. Dabartinis kuro tiekėjas sandėliuoja kurą atvirose aikštelėse prie Haapsalu miesto, problemų dėl kuro pristatymo iš šių aikštelių į katilinę nėra buvę.

Deja, Haapsalu apylinkėse nėra didelių medienos atsargų ir didelių medienos perdirbimo įmonių. Deginti kirtimo atliekų taip pat nėra galimybės, nes netoliese nėra didelių kirtaviečių, todėl kirtimo atliekos nerenkamos. Į kuro, pristatomo iš tolimų tiekėjų, kainą įeina transportavimo išlaidos, kurios vis didėja.



8.34 pav. Kuro tvarkymas Haapsalu katilinės sandėlyje. Ū. Kask nuotrauka

Prastą kuro kokybę liudija nuotraukos, kuriose matyti, kokios priemaišos būna išsijojamos iš kuro (žr. 8.35 pav.).

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Kai kuro arba kuro mišinio kokybė neatitinka reikalavimų, neįmanoma palaikyti optimalaus degimo režimo, todėl į multicykloną patenka nesudegusio kuro dalelių, multicyklono metalas gali įkaisti iki kelių šimtų laipsnių, o žioruojantys pelenai gali patekti net ir į pelenų transporterius. Metaliniai multicyklono liukai ir betoniniai transporterio kanalų dangčiai neatlaiko aukštos temperatūros (žr. 8.36 pav.).

Akustinis pūstuvus karšto vandens katilo šildymo paviršių valymui nėra sukėlęs



8.35 pav. Keletas nuolaužų ir nesusmulkintų medienos pavyzdžių, rastų kure. Ū. Kask nuotrauka



8.36 pav. Multiciklono pagrindas ir betoniniai kanalo dangčiai. Ū. Kask nuotrauka



8.37 pav. Prieškūrykla Keila katilinėje. Ū. Kask nuotrauka

problemų, taip pat nėra buvę nusiskundimų dėl jo keliamo triukšmo iš apylinkėse gyvenančių gyventojų.

8.2.8. Keila miesto katilinė

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 2003 m.

Katilinė: Bendrovės AS *Erakūte* katilinė Keila mieste.

Įrangos tiekėjas: *Saxlund*, Švedija, ir AS *Tamult*, Estija.

Katilas: neaušinama prieškūrykla su mechaniniu pasviruoju ardynu ir 7 MW galios katilas *Danstoker*.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: uždaras sandėlis su kompiuteriu valdomu greiferiniu kranu.

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, juostiniai ir šnekiniai transporteriai.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: drėgnas ir sausas pelenų šalinimas, multiciklonas katilinėje, senas plytų kaminas.

Biokuro projektas Keila katilinėje buvo finansuojamas iš komercinės paskolos, kurią laidavo holdingo bendrovė DALKIA. Sprendimas apie biokuro diegimą buvo priimtas po to, kai ankstesnis bendrovės AS *Erakūte* projektas Haapsalu katilinėje (žr. 8.2.7 skyrelį) pasitvirtino kaip techniškai ir ekonomiškai naudingas.

Keila katilinės rekonstrukcijos metu visa katilinės įranga buvo pakeista, pastatytas biokuro katilas su prieškūrykla (žr. 8.37 pav.), kartu buvo sumontuota sandėlio įranga ir didžiausios apkrovos bei rezerviniai skalūnų alyvą deginantys katilai. Katilinės pastatas buvo renovuotas. Vėliau savininkai padarė išvadą, kad būtų buvę tikslinga iš karto sumontuoti degimo produktų kondensatorių. Kondensatoriaus statymas pabaigus rekonstrukciją būtų susijęs su didesnėmis išlaidomis, kadangi iš pradžių kondensatoriui nebuvo numatyta vieta.

Katilas

Katilas veikė be jokių gedimų, ir kai naudojamas projekte nustatytos kokybės kuras, buvo galima lengvai pasiekti katilo nominaliąją galią. Kai naudojamas mažesnio negu 45% drėgnumo kuras, katilą galima perkrauti iki 10%. Deginimo režimo kontrolė vykdoma sklandžiai.

Iš pradžių temperatūros jutiklis horizontaliame dūmtakyje tarp kūryklos ir katilo buvo įtaisytas neteisingai, bet po vietos pakeitimo jutiklis pradėjo adekvačiai fiksuoti vidutinę dujų srauto temperatūrą, kuri kontroliuojant degimo režimą turi neviršyti 1000°C. Buvo nustatyta, kad katilo vandens įleidimo vietoje kai kurie vamzdžiai stipriai pažeisti, jų sienelių storis kai kur sumažėjęs nuo 4 mm iki 2 mm. *Danstoker* katilams gamintojas rekomenduoja vandens įleidimo vietoje palaikyti 108°C ar aukštesnę temperatūrą. Deginant drėgną kurą, šildymo paviršių metalas pradeda pavojingai rūdyti esant labai žemai temperatūrai. Kadangi Keila katilinėje nepavyksta vandens įleidimo vietoje katilė palaikyti gamintojo rekomenduojamos temperatūros, vis dėlto reikėtų išlaikyti bent jau apie 85–90°C temperatūrą.

Vandens temperatūra įleidimo į katilą vietoje kontroliuojama maišančiu siurbliu, kuris į katilą maitinantį vandenį įmaišo karšto vandens iš katilo. Galimos dvi priežastys, kodėl katilo maitinimo vandens temperatūra sumažėja iki kraštutinai žemo lygio:

- maišymas vyksta per arti katilo arba
- temperatūros jutiklio klaida.

Kadangi naudojamame medienos atliekų kure yra per daug mineralinių priemaišų, sienelių suplonėjimą galėjo sukelti ir erozija.

Dėl sauso kuro (lukšto atliekų) deginimo pelenai ant ardyno sukepa. Kartais kuro sluoksnio storis ant ardyno būna nevienodas, todėl kuras geriau dega ardyno kraštuose.

Kuro padavimo įranga

Kuro padavimo įrenginiai nėra sukėle rimtų problemų. Jų našumas atitinka katilo poreikį.

Kuro sandėlis, sandėliavimo įranga

Nepaisant fakto, kad paraišką ir techninę specifikaciją parengė patyrę užsienio



8.38 pav. Estijoje pagamintas tiltinis kranas su griebtuvu. Ū. Kask nuotrauka

konsultantai, sandėlio projektavimo etape keletas reikšmingų parametru nebuvo nurodyta arba buvo įvertinta neteisingai. Kompiuteriu valdomo greiferinio kranų našumas buvo pasirinktas 80 m³/h, o griebtuvo talpa – 5 m³, bet šiuo metu kranų griebtuvus jau yra pakeistas mažesnės talpos (2,5 m³) ir mažesnio našumo įrenginiu. Iš pradžių greiferinio kranų varymui buvo pasirinktas netinkamas elektros variklis – po vienos minutės darbo jį reikėdavo aušinti 5 minutes, ir galų gale variklis sudegė. Griebtuvą pagamino Estijos bendrovė *AS Eesti Kraanavabrik* (žr. 8.38 pav.).

Greiferinio kranų gamintojas nepilnai pripažino savo klaidas, nors eksploatuojant kraną iškildavo daug problemų. Kartą 2005 m. apsaugos nuo perkrovos įrenginys neįsijungė, dėl to nutrūko lynas ir griebtuvas nukrito ant kuro krūvos. Taip atsitiko, nes įrangos gamintojui atstovaujantis specialistas, sumontavęs svorio jutiklį, neteisingai sureguliuavo apsaugos nuo perkrovimo įrenginį. Kitas greiferinio kranų trūkumas – kranas nepajėgia sugriebti kuro prie sienų ir kampuose (žr. 8.39 pav.). Drėgnas kuras, laikomas didelėse krūvose, gali savaime užsiliepsnoti, taip pat jame gali įsiveisti pelėsis. Deja, sandėlio tranšėjoje kitos įrangos (pvz., traktoriaus) naudojimas būtų ypač nepatogus ir brangus.



8.39 pav. Prie sienų susikaupęs kuras. Ū. Kask nuotrauka



8.40 pav. Iš kūryklos pašalintas nuosėdų gabalas. Ū. Kask nuotrauka

Sandėlio su greiferiniu kranu sprendimą būtų buvę galima smarkiai pagerinti, jeigu būtų atsižvelgta į vietos sąlygas ir pasirinkta tinkama bei patikima įranga. Pasitvirtino laiku atliekamo greiferinio kranu ir kitos sandėlio įrangos techninio aptarnavimo svarba, ir nepaisant konfigūracijos trūkumų techninio aptarnavimo dėka pavyko išvengti rimtesnių avarinių situacijų.

Kuras

Pagrindinės šilumą tiekiančios įmonės problemos – kuro kokybė ir jo įsigijimas. Katilinės teritorijoje nėra atvirojo sandėlio, o uždaro sandėlio talpa yra tokia, kad pilna apkrova eksploatuojamą katilą galima ap rūpinti kuru iki trijų dienų.

Buvo laikotarpis, kai buvo deginama ir statybinė bei griautinė mediena, tada iškilo problemų dėl ardyno ir vidinės dangos šlakavimosi, t. y. susidarė kietosios nuosėdos (žr. 8.40 pav.), prasidėjo šildymo paviršių erozija bei užsiteršimas. Bandymai deginti atliekas buvo baigti, nes iškilusių problemų sprendimas būtų kainavęs daugiau, negu katilinė būtų sutaupiusi degindama pigesnę kurą.

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminai

Deginant tam tikrą kurą arba kuro mišinį, neįmanoma palaikyti optimalaus



8.41 pav. Multiciklonas ir pelenų transporteris. Ū. Kask nuotrauka

degimo režimo, tada į multicikloną patenka nesudegusio kuro dalelių, multiciklono metalas gali įkaisti iki kelių šimtų laipsnių (žr. 8.41 pav.), o žioruojantys pelenai gali patekti net ir į pelenų transporterius, kur jie sudega.

8.2.9. Peetri katilinė Paide mieste

Pagrindiniai duomenys apie perėjimo prie biokuro deginimo projektą.

Priėmimo eksploatuoti data: 2003 m.

Katilinė: bendrovės OŪ Pogi katilinė Peetri Paide mieste.

Įrangos tiekėjas: Wärtsilä OY, Suomija.

Katilas: bendrovės Wärtsilä patentuota, neaušinama, iš apačios maitinama prieškūrykla BioGrate su kūginiu ardynu (žr. 4.6 pav.) ir karšto vandens katilas. Įrenginio galia 8 MW.

Kuras: skiedros, kirtimo ir medžio perdirbimo pramonės atliekos, žievė, pjuvenos, kurių drėgnumas 35–55%.

Kuro sandėlis: iš vienos pusės atviras tarpinis sandėlis su kuro stumtuvais ir šildomas pagrindinis sandėlis su kuro stumtuvais, papildomai naudojamas atviras sandėlis; kuro krovimas sandėlyje atliekamas traktoriumi.

Kuro padavimo įranga: grandikliniai transporteriai, kuras paduodamas į kūryklą iš apačios šnekiniu transporteriu.

Katilo valymo, pelenų šalinimo ir kita įranga: drėgnasis pelenų šalinimas grandikliniais ir šnekiniiais transporteriais, multiciklonas katilinėje, naujas plieno kaminas.

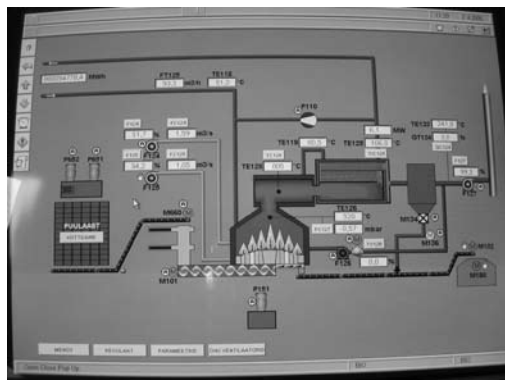
Naujoji katilinė Paide mieste (žr. 8.42 ir 8.43 pav.) buvo viena iš pirmųjų Estijoje, finansuota pagal bendro įgyvendinimo projektą, paremtą Kioto protokolu. Pagal šią schemą CO₂ išmetimo kiekis, sumažintas per ataskaitinį laikotarpį, laikomas šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimų sumažinimu Suomijoje. Kompensacijai Suomija iš dalies padengė investicinius kaštus. Visą įrangą katilinei tiekė Suomijos bendrovė Wärtsilä.

OÜ Pogi yra privati bendrovė, kuri ilgą laiką iš Paide savivaldybės nuomojo Peetri katilinę ir ją eksploatavo. Dėl trumpalaikės nuomos sutarties bendrovė OÜ Pogi negalėjo laiduoti paskolos, kurios reikėjo savivaldybės katilinės renovacijai. Biokuras pradėtas naudoti, nes bendrovė OÜ Pogi įsigijo šalia esantį žemės sklypą ir jame pastatė naują katilinę. Kartu naujoji katilinė tapo banko paskolos, kurios reikėjo kofinansavimui, garantija.

Kadangi pasitvirtino, kad šios biokurą naudojančios katilinės tiekiamą šilumą yra daug pigesnė negu pagaminta deginant skystąjį kurą, buvo nuspręsta sumontuoti



8.42 pav. Peetri katilinė Paide mieste. Ū. Kask nuotrauka



8.43 pav. Peetri katilinės technologinė schema su eksploatacijos parametrais, rodomais serverio kompiuterio ekrane. Ū. Kask nuotrauka

įrenginį, kondensuojantį vandens garus iš degimo produktų, kuris padidintų biokuro katilinės galią apie 2 MW, o medienos kuro dalis miestui tiekiamos šilumos gamyboje padidėtų nuo 70–76% iki maždaug 90%. Degimo produktų kondensatorius turėjo būti paruoštas iki 2005 m.

Katilinės statybos laikotarpis užtruko ilgiau negu buvo planuota ir iš viso tęsėsi daugiau kaip 1,5 metų. Tokiu būdu buvo išvengta klaidų, kurios paprastai padaromos skubant. Katilas suprojektuotas darbei be operatoriaus dalyvavimo, tačiau praktikoje egzistuoja keletas kuro tiekimo problemų,

be to, stipriai svyruoja kuro kokybė, todėl iki šiol visą parą būna budintis operatorius.

Darbuotojus dirbti kruopščiai ir efektyviai skatina visiškai pasitvirtinusi premijų sistema.

Katilas

Visų katilo įrenginių eksploatacija ir deginimo režimas yra valdomas kompiuteriu, operatoriui tenka įsikišti tik retkarčiais rimtesnių sutrikimų pašalinimui. Pvz., dūmtakyje už kūryklos dėl šlakavimosi yra pasitaikę keletas užsikimšimo ir temperatūros kilimo atvejų, kurie aktyvavo gaisro gesinimo sistemą kūrykloje ir ugnis buvo užgesinta. Kartais temperatūros jutiklio lizdas pasidengia pelenais, tada gaisro gesinimo sistema neįsijungia. Esant normalioms sąlygoms, sistema įsijungia, kai temperatūra dūmtakyje tarp kūryklos ir katilo viršija 950°C, o esant 1050°C katilas sustabdomas. Kai deginamas sausesnis negu leidžiama kuras, temperatūra pakyla iki aukščiau paminėto lygio, tačiau gaisro gesinimo sistema iki šiol pašalindavo sauso kuro naudojimo sukeltą riziką.

Horizontaliai pastatytą katilą būtina periodiškai kas 6–8 savaites valyti. Katilas yra tiesiogiai prijungtas prie savivaldybės CŠT tinklo, bet yra planuojama nuo CŠT tinklo jį atjungti, naudojant plokštelinį šilumokaitį, o tai turėtų padidinti sistemos patikimumą.

Prieškūryklos *BioGrate* eksploatacinės savybės jau buvo aptartos (žr. 4.2.1.2 skyrelį ir 4.6 pav.). Šioje kūrykloje galima sėkmingai deginti labai skirtingos kokybės ir skirtingo drėgnumo kurą, todėl šios rūšies kūryklą galima laikyti vienu iš geriausių tokio kuro deginimo techninių sprendimų.

Kuro padavimo sistema

Iš pradžių kuro padavimui buvo pasirinktas durpių transporteris, tačiau jis prastai transportuodavo skiedras ir pjuvenas. Įmontavus dažnio keitiklį, transporteris

pradėjo veikti vienodai gerai su visų rūšių kuru.

Nesusmulkinto kuro gabalai, akmenys ir įvairūs metalo gabalai, esantys kure, dažnai pasiekia priešais katilą esantį maitintuvo šneką, kuris turi jungiamąją movą ir reverso galimybę, apsaugančią šneką nuo pažeidimo. Netinkamų gabalų pašalinimui maitintuvą kartais tenka sustabdyti.

Baigiant reikia pažymėti, kad reikšmingų techninių problemų kuro padavimo įranga nėra sukėlus, o jos pralaidumas atitinka katilo poreikius.

Kuro sandėlis ir sandėlio įranga

Iš sandėlio, kuris yra atviras iš vienos pusės tarpinis sandėlis su kuro stumtuvais, talpinantis vienos savaitės kuro atsargas (žr. 5.2 pav.), kuras gali būti paduodamas į pagrindinį sandėlį transporteriais arba krautuvu. Sandėlio įranga pajėgi aprūpinti katilą esant bet kokiam apkrovai. Kuro atsargos pagrindiniame sandėlyje pakanka tik vienos dienos katilo eksploatacijai, esant nominaliajai galiai. Pagrindinio sandėlio dugnas šildomas grįžtamuju vandeniu iš CŠT tinklo (žr. 5.3 pav.). Sprendimas pasiteisino jau pirmąją žiemą. Be to, kuras nesikaupia sandėlio kampuose.

Kuras

Keletas tiekėjų, esančių 100 km spinduliu aplink katilinę, tiekia labai skirtingą kurą – nuo pjuvenų iki kelmų.

Kure buvo rasta nežinomos kilmės priemaišų, kurios sumažino pelenų lydymosi temperatūrą deginimo procese ir sukėlė ardyno bei kūryklos sienelių šlakavimąsi. Kuras dažnai būna užterštas dirvožemiu ir smėliu, tai veikia kūrykloje vykstančius procesus ir pelenų savybes. Kūryklos ardyno valymas yra daug laiko ir išlaidų reikalaujantis procesas.

Kaip ir visur kitur, svarbiausia problema yra prastėjanti kuro kokybė ir kylanti kaina.

Dujų valymo, pelenų ir suodžių šalinimo įranga, kaminiai

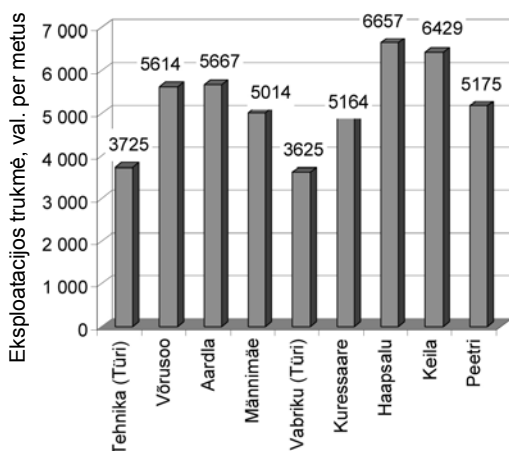
Katile šildymo paviršių valymui nėra akustinės įrangos, bet artimojoje ateityje planuojama ją įrengti.

Esant bet kokiam katilo apkrovai, visų skirtingų rūšių kuras ant ardymo sudėga pilnai, taigi nesudegusios dalelės nepasiekia multiciklono, todėl nei multiciklonas, nei pelenų transporteriai neperkaista. Drėgnųjų pelenų šalinimo sistemoje buvo pakeisti plūdurai, rodantys vandens lygį, nes dėl pažeistų plūdurų automatiškai sumažėja katilo apkrova.

8.3. Išvados apie biokuro naudojimo patirtį Estijoje

8.3.1. Katilų apkrova ir santykinis kuro suvartojimas

Kaip jau buvo minėta (žr. 7.7.2 skyrelį), kad projektas būtų ekonomiškai atsiperkantis, brangūs biokuro katilai turi būti maksimaliai apkraunami, t. y. katilai turi būti eksploatuojami bazine apkrova. Žemiau esantis grafikas (žr. 8.44 pav.) rodo apskaičiuotą katilų eksploatacijos trukmę Estijos katilinėse 2004 m.



8.44 pav. Apskaičiuotoji biokuro katilų eksploatacijos trukmė 2004 m.

Labai ilga eksploataavimo trukmė (Haapsalu ir Keila katilinėse – daugiau nei 6000 valandų per metus) rodo puikų darbą, praktiškai be gedimų per visus metus. Palyginimui galima pateikti būdingą šildymo sezono Estijoje trukmę – 5300 val. Ilga eksploatacijos trukmė taip pat parodo, kad investicijos greitai atsipirks.

Neįtikėtina ilga nagrinėjamo biokuro katilų eksploatacijos trukmė taip pat maloniai nustebino ir šio žinyno autorius. Šio puikaus rezultato buvo pasiekta dėl kelių priežasčių:

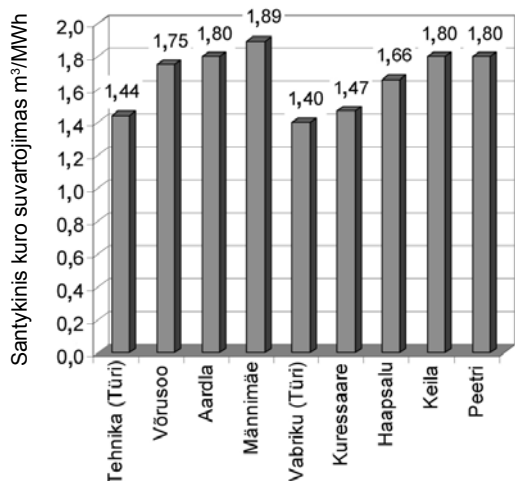
- Haapsalu ir Keila miestuose šilumą vartoja sanatorijos ir sveikatingumo centrai, jų didelis šilumos poreikis vasarą leidžia pratęsti biokuro katilų eksploataavimo bazinę apkrovą laikotarpį;
- biokuro katilai sėkmingai naudojami ir ne šildymo sezono metu – šilto vandens tiekimui vasarą;
- sklandus įrangos darbas ilgą laiką ir nedidelis avarinių sustojimų skaičius;
- stabilus kuro tiekimas.

Be visų aukščiau išvardytų priežasčių dar reiktų paminėti, kad visos išanalizuotos katilinės buvo sumaniai valdomos, o jų darbuotojai – atitinkamai skatinami.

Dviejose bendrovės OÜ Terme katilinėse Tūri mieste katilų eksploatacijos laikas buvo trumpesnis (nesiekė 4000 val. per metus). Todėl Tūri mieste sumažėjo apkrova, o mažuose CŠT tinkluose biokuro katilų negalima naudoti tik bazinės apkrovos padengimui. Šildymo sezono pradžioje ir pabaigoje (t. y. rudenį ir pavasarį) katilai turi būti eksploatuojami tik daline apkrova.

Palyginę apskaičiuotą biokuro katilų eksploatacijos trukmę su statistiniu vidurkiu Estijoje (žr. 8.3 pav.), matome beveik trigubą skirtumą. Daugeliu atvejų įmonės, kuriose naudojami biokuro katilai, turėtų kritiškai išanalizuoti savo darbą ir pasimokyti iš sėkmingai biokurą naudojančių katilinių patirties.

Visose nagrinėjamos katilinėse biokuro suvartojimas apskaičiuojamas kuro naudo-



8.45 pav. Santykinis kuro suvartojimas 2004 m.

amosios masės erdmetriais. Katilinėse nėra galimybės sverti gautą kurą, nėra ir laboratorijų, kuriose būtų galima nustatyti kuro drėgnumą, todėl gauto kuro energijos kiekio negalima apskaičiuoti pagal kuro svorį.

Naudojant skirtingų rūšių kurą, *santykinis* kuro suvartojimas vienai pagamintos šilumos MWh netiesiogiai parodo kuro kokybę. Anot ekspertų, numatomas nagrinėjamų biokuro katilų efektyvumas neturėtų labai skirtis. Biokuro katilų *santykinis* kuro suvartojimas, pateiktas 8.45 pav., svyruoja nuo 1,4 iki 1,9 m³/MWh. Jeigu abiejose Tūri miesto katilinėse ir Kuressaare katilinėje naudojamas aukštesnės negu vidutinės kokybės kuras (*santykinis* kuro suvartojimas atitinkamai 1,4, 1,44 ir 1,47 m³/MWh), tai, pvz., *Männimäe* katilinėje naudojamas daug mažesnio energijos tankio ir prastesnės kokybės arba mažesnio piltinio tankio kuras.

8.3.2. Pavojai, susiję su biokuro naudojimu

Pagal katilinių vadovų pateiktus atsakymus į klausimyno klausimus galima išskirti tokius palankius veiksmus biokuro diegimui:

- medienos kuro naudojimo energijos gamybai ilgalaikės tradicijos ir patirtis;
- gamtinių miško išteklių ir kito biokuro naudojimas;
- išvystyta medienos ruošos ir perdirbimo pramonė, užtikrinanti stabilų kuro tiekimą;
- pradėjus biokuro gamybą ir vartojimą, sumažėja nedarbas kaimo vietovėse;
- didėjantis biokuro, kaip aplinkai palankaus kuro, poreikis;
- pastovus iškastinio kuro kainų augimas su didėjančiais aplinkosauginiais mokesčiais.

Daugelyje biokuro katilų taip pat galima deginti durpes. Taip galima lanksčiai sekti kuro rinkos pokyčius. Iki šio laiko šiaudai kaip kuras nebuvo plačiai naudojami. Be to, yra daug nenaudojamos žemės ūkio paskirties žemės, kur būtų galima auginti energetinį mišką arba energetines kultūras. Todėl nėra priežasčių baimintis, kad biokuro ištekliai ateityje išseks.

Nors kaip vienas biokuro naudojimą skatinančių veiksnių buvo paminėtas nedarbo mažinimas, deja, kaimo vietovėse bedarbiai žmonės dažnai būna žemos kvalifikacijos ir nelabai patikimi.

Dažnai kaimo vietovėse trūksta iniciatyvių žmonių, kurie galėtų parengti paraiškas dėl paskolos ar dotacijos biokuro projektams bei jų įgyvendinimui. Kliūtimi gali būti ir dideli vietos savivaldybių paimtų paskolų kiekiai, dėl ko jos gali negauti paskolos iš kredito įstaigų.

Kaip riziką galima paminėti keletą faktorių, daugiausia susijusių arba su rinkos ekonomika, arba su aplinkosauginiais apribojimais:

- konkurencijos sustiprėjimas biokuro žaliavų rinkoje;
- galimos investicijos bus nukreiptos į tokias sritis, kur atsipirkimo laikas trumpesnis;
- dėl padidėjusių benzino ir dyzelinio kuro kainų biokuro gamyba taip pat

brangsta, bet kartu tai galėtų paskatinti skystojo biokuro gamybą;

- kuro rinkoje biokuro kainos keičiasi ta pačia linkme kaip ir iškastinio kuro kainos;
- kadangi tarptautinėse rinkose kainų lygis yra aukštas, dėl išaugusios perdirbto biokuro paklausos biokuro kainos išaugs ir tose šalyse, kur jis gaminamas;
- pastovus išlaidų darbo jėgai didėjimas;
- vis griežtėjantys gamtos ir aplinkos apsaugos reikalavimai (pvz., vadinaujų Natura zonų nustatymas);
- energetinių miškų ar energetinių žemės ūkio kultūrų auginimo projektų neįmanoma pradėti dėl ekonominės politikos.

Nors buvo išvardyta nemažai pavojų, tačiau biokuro įdiegimo projektų sėkmė didele dalimi priklauso nuo žmonių sąmoningumo ir noro numatyti visus su biokuro ateitimi susijusius aspektus bei į juos atsižvelgti įgyvendinant projektus. Šiuo metu vis labiau stiprėja įsitikinimas, kad biokuro, kaip vietinio kuro, naudojimas yra susijęs su daug mažesne rizika negu iškastinio kuro naudojimas.

8.3.3. Išvados ir rekomendacijos

12 metų biokuro naudojimo patirties analizė leidžia padaryti keletą išvadų ir pateikti rekomendacijų ateičiai. Apibendrinami daugiausia rėmėmės Estijos pavyzdžiais, bet atsižvelgėme ir į kai kuriuos sėkmingų biokuro projektų pavyzdžius iš Latvijos, Lietuvos ir Šiaurės–Vakarų Rusijos:

1. Supaprastinti biokurą naudojančių katilinių techniniai sprendimai neužtikrina stabilaus katilinių darbo, todėl vėliau paaiškėja, kad jie yra brangesni negu kai kurie šiuolaikiški ir jau išbandyti technologiniai sprendimai, iš pradžių reikalaujantys didesnių investicinių išlaidų. Todėl bet

koks techninis supaprastinimas, kuriuo siekiama sumažinti kaštus, yra pavojingas ir nerekomenduojamas.

2. Iškastinio kuro katilų pertvarkymas į biokuro katilus gali duoti patenkinamą rezultatą. Kartu bet kokia rekonstrukcija reikalauja labai gilaus katilų išmanymo, be to, kiekvienai katilinei būtina parengti individualų sprendimą, o tai gali kaštus padidinti iki to paties lygio, kaip ir naujų įrenginių komplekso pirkimo atveju. Paprastai pertvarkyti katilai būna jautresni kuro kokybės svyravimams negu naujas įrenginių kompleksas. Taigi mes rekomenduojame pirmenybę teikti naujiems kompleksiniams sprendimams, jeigu investiciniai abiejų variantų kaštai yra panašūs.
3. Investicijos statant biokurą naudojančias katilines yra gana didelės. Projektai atsiperka tuo geriau, kuo efektyviau išnaudojama biokuro įranga. Taigi katilinė turi dirbti bazine apkrova, o esami arba nauji skystąjį kurą arba dujas deginantys katilai turėtų būti naudojami didžiausių apkrovų poreikiams tenkinti.
4. Biokuro kokybė gali stipriai svyruoti, tačiau deginimo įrenginys paprastai būna skirtas tam tikro drėgnumo ir tam tikros kokybės kuro deginimui. Kuro, kuris netinka konkrečiam katilui, deginimas (net ir trumpą laiką) gali sukelti rimtų įrenginio eksploatacijos sutrikimų, pvz., ardymo arba šildymo paviršių šlakavimąsi, nesudegusių dalelių patekimą į multicikloną ir t. t. Jeigu įmanoma, kintamos kokybės kuro naudojimo reikėtų vengti, tačiau problemą galima sumažinti, maišant skirtingų savybių kurą arba jį drėkinant.
5. Estijos patirtis rodo, kad katilai *Wärtsilä BioGrate* ir katilai, kuriuose naudojama verdančio sluoksnio technologija, geriau tinka kintamų savybių kurui deginti.

6. Biokuro naudojimas kelia didelius reikalavimus darbuotojams – ne tik valdymo ir kuro tiekimo srityje, bet ir operatorių bei techninių darbuotojų kvalifikacijos bei motyvacijos srityje. Daugeliu atvejų katilinių operatoriai būna linkę pervertinti savo įgūdžius. Todėl vienodai svarbu yra ir keistis patirtimi su kitų katilinių specialistais, ir dalyvauti mokymo kursuose. Biokuro katilų operatorių pareigos yra daug sudėtingesnės negu dujas ar skystą kurą deginančių katilų aptarnaujančio personalo. Todėl būtinai reikia taikyti papildomą biokuro katilinės motyvacijos ir apmokėjimo sistemą.
7. Tuo atveju, kai daug sieros turintį biokurą deginantys katilai naudoja tuos pačius dūmtakius ir kaminą, be to yra

deginamas drėgnas biokuras, juos gali stipriai pažeisti korozija. Toks vadinamasis žematemperatūrinės korozijos reiškinys gali pasireikšti ir kai kuriuose biokuro katilo, anksčiau deginusio skystąjį kurą, žemos temperatūros šildymo paviršiuose. Todėl rekomenduojama biokuro katilui įrengti atskirą kaminą ir dūmtakį. Be to, būtina vandens įleidimo į katilą vietoje palaikyti reikiamą (t. y. pakankamai aukštą) temperatūrą.

8. Baltijos šalyse, taip pat ir Lenkijoje bei Rusijoje, galima gauti finansinę paramą biokuro projektų finansavimui iš šalių, kurioms nepavyko įgyvendinti Kioto reikalavimų dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo sumažinimo.

9. PRIEDAI

9.1. Matavimo vienetai

9.1 lentelė. Energijos vienetų perskaičiavimas

	tne	MWh	GJ	Gcal
tne	1	11,630	41,868	10,0
MWh	0,08598	1	3,6	0,86
GJ	0,02388	0,2778	1	0,2388
Gcal	0,1	1,1630	4,1868	1

9.2 lentelė. Kartotiniai matavimo vienetai

k	= kilo	= 10^3	= 1 000
M	= mega	= 10^6	= 1 000 000
G	= giga	= 10^9	= 1 000 000 000
T	= tera	= 10^{12}	= 1 000 000 000 000
P	= peta	= 10^{15}	= 1 000 000 000 000 000

9.2. Biomasės ir durpių kuro rodiklių specifikacijos

9.3 lentelė. Medienos skiedrų savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė		
	Kuro kilmė		Medienos biomasė
	Prekybinė forma		Medienos skiedros
Norminiai rodikliai	Matmenys, mm ^a		
		Pagrindinė frakcija > 80% svorio	Smulkioji frakcija < 5% Stambioji frakcija, maksimalus dalelių ilgis
	P16	3,15 mm ≤ 16 mm	< 1 mm max 1% ^a > 45 mm, visi < 85 mm
	P45	3,15 mm ≤ 45 mm	< 1 mm max 1% ^a > 63 mm
	P63	3,15 mm ≤ 63 mm	< 1 mm max 1% ^a > 100 mm
	P100	3,15 mm ≤ 100 mm	< 1 mm max 1% ^a > 200 mm
	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M _{ar}		
	M20	≤ 20%	Sausos
	M30	≤ 30%	Tinkamos sandėliavimui
	M40	≤ 40%	Ribotai tinkamos sandėliavimui
	M55	≤ 55%	
	M65	≤ 65%	
	Peleningumas, % sausosios masės, A _d		
	A0,7	≤ 0,7%	
	A1,5	≤ 1,5%	
	A3,0	≤ 3,0%	
	A6,0	≤ 6,0%	
	A10,0	≤ 10,0%	
	Azotas, % sausosios masės, N _d		
	N0,5		Azotas normuojamas tik chemiškai apdorotai biomasei
	N1,0		
	N3,0		
	N3,0+		
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas q _{net,ar} (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E _{ar} (kWh/erdm)		Rekomenduojama nurodyti, kai vykdoma mažmeninė prekyba
	Piltinis naudojamosios masės tankis, kg/erdm		Rekomenduojama nurodyti, jeigu prekiaujama tūrio vienetais kategorijose (BD200, BD300, BD450)
	Chloras, Cl (% sausosios masės)		Rekomenduojama nurodyti kaip Cl0,03, Cl0,07, Cl0,10 ir Cl0,10+ kategorijas (jeigu Cl > 0,1%, nurodyti realią vertę)
^a – skaitmeninės matmenų vertės nurodo dalelių, praeinančių pro sieto minėto dydžio apvalią angą (3,15 mm, 16 mm, 45 mm, 63 mm ir 100 mm), dydį. Realiai dalelių matmenys gali skirtis nuo šių verčių, ypač dalelių ilgis.			

9.4 lentelė. Briketų savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė			
	Kuro kilmė		Medienos biomasė Žolinė biomasė Durpės Deriniai ir mišiniai	
	Prekybinė forma		Briketai	
Norminiai rodikliai	Skersmuo (D) arba ekvivalentinis matmuo (įstrižinis arba skersinis pjūvis), mm:			
	D40	$25 \leq D \leq 40$		
	D50	≤ 50		
	D60	≤ 60		
	D80	≤ 80		
	D100	≤ 100		
	D125	≤ 125		
	D125+	> 125 (nurodyti tikrąją vertę)		
		Ilgis (L)		
	L50	≤ 50		
	L100	≤ 100		
	L200	≤ 200		
	L300	≤ 300		
	L400	≤ 400		
	L400+	(nurodyti tikrąją vertę)		
	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}			
	M10	$\leq 10\%$		
	M15	$\leq 15\%$		
	M20	$\leq 20\%$		
	Peleningumas, % sausosios masės, A_d			
A0,7	$\leq 0,7\%$			
A1,5	$\leq 1,5\%$			
A3,0	$\leq 3,0\%$			
A6,0	$\leq 6,0\%$			
A10,0	$\leq 10,0\%$			
Siera, % sausosios masės, S_d				
S0,05	$\leq 0,05\%$	Siera normuojama tik chemiškai apdorotai biomasei arba jeigu naudojami sieros turintys priedai		
S0,08	$\leq 0,08\%$			
S0,10	$\leq 0,10\%$			
S0,20	$\leq 0,20\%$			
S0,20+	> 0,20% (nurodyti tikrąją vertę)			

Briketo tankis, kg/dm ³		
DE0,8	0,80–0,99	
DE1,0	1,00–1,09	
DE1,1	1,10–0,99	
DE1,2	≥ 1,20	
Priedai, % presuojamosios masės		
Turi būti nurodyti priedų presavimui, šlakavimo inhibitorių ir bet kokių kitų priedų tipai ir kiekiai		
Azotas, % sausosios masės, N _{gr} , %		
N0,3	≤ 0,3%	Azotas normuojamas tik chemiškai apdorotai biomasei
N0,5	≤ 0,5%	
N1,0	≤ 1,0%	
N3,0	≤ 3,0%	
N3,0+	> 3,0% (nurodyti tikrąją vertę)	
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$ (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E_{ar} (kWh/erdm)	Rekomenduojama nurodyti, kai vykdoma mažmeninė prekyba
	Piltinis naudojamosios masės tankis, kg/erdm	Rekomenduojama nurodyti, jeigu prekiaujama tūrio vienetais
	Chloras, Cl (% sausosios masės)	Rekomenduojama nurodyti kaip Cl0,03, Cl0,07, Cl0,10 ir Cl0,10+ kategorijas (jeigu Cl > 0,1%, nurodyti realią vertę)

9.5 lentelė. Granulių savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė	
	Kuro kilmė	Medienos biomasė Žolinė biomasė Vaisių biomasė Deriniai ir mišiniai
	Prekybinė forma	Granulės
Norminiai rodikliai	Matmenys, mm	
	Skersmuo (D) ir ilgis (L). Ne daugiau kaip 20% granulių gali būti 7,5 x D ilgio.	
	D06	≤ 6 mm ±0,5 mm ir L ≤ 5 x D
	D08	≤ 8 mm ±0,5 mm ir L ≤ 4 x D
	D10	≤ 10 mm ±1,0 mm ir L ≤ 4 x D
	D12	≤ 25 mm ±1,0 mm ir L ≤ 4 x D
	D25	
	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}	
	M10	≤ 10%
	M15	≤ 15%
	M20	≤ 20%
	Peleningumas, % sausosios masės, A_d	
	A0,7	≤ 0,7%
	A1,5	≤ 1,5%
	A3,0	≤ 3,0%
	A6,0	≤ 6,0%
	A6,0+	≤ 6,0% (nurodyti tikrąją vertę)
	Siera, % sausosios masės, S_d	
	S0,05	≤ 0,05%
	S0,08	≤ 0,08%
	S0,10	≤ 0,10%
	S0,20+	> 0,20% (nurodyti tikrąją vertę)
	Siera normuojama tik chemiškai apdorotai biomasei arba jeigu naudojami sieros turintys priedai	
	Mechaninis atsparumas, % granulių svorio po bandymo, DU	
	DU97,5	≥ 97,5%
	DU95,0	≥ 95,0%
	DU90,0	≥ 90,0%
Smulkiosios frakcijos dalis (svorio %, < 3,15 mm) po gamybos		
F1,0	≤ 1,0%	
F2,0	≤ 2,0%	
F2,0+	> 2,0% (nurodyti tikrąją vertę)	
Paskutiniame galimame gamybos vietos taške		

	Priedai, % presuojamosios masės		
	Turi būti nurodyti priedų presavimui, šlakavimosi inhibitorių ir bet kokių kitų priedų tipai ir kiekiai		
	Azotas, % sausosios masės, N _d , %		
	N0,3	≤ 0,3%	Azotas normuojamas tik chemiškai apdorotai biomasei
	N0,5	≤ 0,5%	
	N1,0	≤ 1,0%	
	N3,0	≤ 3,0%	
N3,0+	> 3,0% (nurodyti tikrąją vertę)		
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas q _{net,ar} (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E _{ar} (kWh/erdm)		Rekomenduojama nurodyti, kai vykdoma mažmeninė prekyba
	Piltinis naudojamosios masės tankis, kg/erdm		Rekomenduojama nurodyti, jeigu prekiaujama tūrio vienetais
	Chloras, Cl (% sausosios masės)		Rekomenduojama nurodyti kaip Cl0,03, Cl0,07, Cl0,10 ir Cl0,10+ kategorijas (jeigu Cl > 0,1%, nurodyti realią vertę)

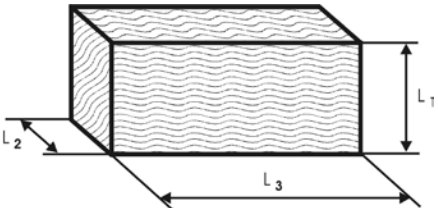
9.6 lentelė. Žievės savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė		
	Kuro kilmė:		Medienos biomasė
	Prekybinė forma:		Žievė
Norminiai rodikliai	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}		
	M40	≤ 40%	
	M50	≤ 50%	
	M60	≤ 65%	
	M70	≤ 70%	
	Peleningumas, % sausosios masės, A_d		
	A0,7	≤ 0,7%	
	A1,5	≤ 1,5%	
	A3,0	≤ 3,0%	
	A6,0	≤ 6,0%	
	A12,0	≤ 12,0%	
	Azotas, % sausosios masės. N_d		
	N0,5	N0,5	Azotas normuojamas tik chemiškai apdorotai biomasei.
	N1,0	N1,0	
N3,0	N3,0		
N3,0+	N3,0+ (nurodyti tikrąją vertę)		
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$ (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E_{ar} (kWh/erdm)		Rekomenduojama nurodyti
	Piltinis naudojamosios masės tankis, kg/erdm		Rekomenduojama nurodyti, jeigu prekiaujama tūrio vienetais kategorijose BD250, BD350, BD450
	Chloras, Cl (% sausosios masės)		Rekomenduojama nurodyti kaip Cl0,03, Cl0,07, Cl0,10 ir Cl0,10+ kategorijas (jeigu Cl > 0,1% nurodyti realią vertę)

9.7 lentelė. Malkų savybių specifikacija [16]

Norminiai rodikliai	Pagrindinė lentelė	
	Kuro kilmė	
	Medienos biomasė	
	Prekybinė forma	
	Malkos	
	Matmenys, mm	
	Ilgis L ir storis D (didžiausias atskiros atpjovos skersmuo)	
	P200-	$L < 200 \text{ mm}$ ir $D < 20$
	P200	$L = 200 \pm 20$ ir $40 \text{ mm} \leq D \leq 150 \text{ mm}$
	P250	$L = 250 \pm 20$ ir $40 \text{ mm} \leq D \leq 150 \text{ mm}$
	P330	$L = 330 \pm 20$ ir $40 \text{ mm} \leq D \leq 160 \text{ mm}$
	P500	$L = 500 \pm 40$ ir $60 \text{ mm} \leq D \leq 250 \text{ mm}$
	P1000	$L = 1000 \pm 50$ ir $60 \text{ mm} \leq D \leq 350 \text{ mm}$
	P1000+	$L > 1000 \text{ mm}$, nurodyti realias L ir D vertes
Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}		
M20	$\leq 20\%$ Krosniai paruoštos malkos	
M30	$\leq 30\%$ Išdžiovintos sandėlyje	
M40	$\leq 40\%$ Išdžiovintos miške	
M65	$\leq 65\%$ Šviežios, po nukirtimo kirtavietėje	
Malkos		
Nurodyti, jei naudojama spygliuočių ar lapuočių mediena ar jų mišiniai		
Informaciniai rodikliai	Energijos tankis $E_{net,ar}$ (kWh/m ³ , rietuviniam erdm arba piltiniam erdm)	Rekomenduojama nurodyti, kai vykdoma mažmeninė prekyba
	Tūris, m ³ , rietuvinis erdm arba piltinis erdm	Nurodyti, koks tūris naudojamas mažmeninėje prekyboje (m ³ , rietuvinis erdm ar piltinis erdm)
	Skaldytų malkų tūrio proporcija	Neskaldytos (= daugiausia apvalioji mediena)
		Skaldytos: daugiau negu 85% tūrio – suskaldytos
	Atpjovos paviršius	Sumaišytos: skaldytų malkų ir apvaliosios medienos mišinys
Atpjovos paviršius	Nurodyti, ar malkų atpjovos paviršius lygus ir glotnus, ar malkų galai nelygūs (kai naudojamas grandininis pjūklas, malkos laikomos atpjautos lygiai ir glotniai)	
Pelėšiai ir puvimas	Jeigu didelė malkų dalis yra pažeista pelėsių ar puvimo (daugiau negu 10% svorio), tai turi būti nurodyta	
	Abejotinais atvejais kaip rodiklį galima naudoti dalelių tankį ir šilumingumą.	

9.8 lentelė. Šiaudų ryšulių savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė			
	Kuro kilmė		Grūdinių kultūrų šiaudai Žolinė biomasa Aliejinių kultūrų stiebai ir lapai	
	Prekybinė forma		Dideli ryšuliai	
Norminiai rodikliai	Matmenys, mm: aukštis L_1 , plotis L_2 ir ilgis L_3			
				
		Aukštis L_1	Plotis L_2	Ilgis L_3
	P1	1 300	1 200	2 200
	P2	1 300	1 200	2 400
	P3	600–900	1 200	2 400
	P4	1 300	1 200	1 100–2 750
	Ryšulio tankis, kg/m^3			
	BD130	≤ 130		
	BD150	≤ 150		
	BD165	≤ 165		
	BD165+	≤ 165		
	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}			
	M16	$\leq 16\%$	Nėra dalių, kurių drėgnumas viršija 23%	
	M16+	$\leq 16\%$	Priimtinos dalys, kurių drėgnumas viršija 23%	
	M23	$\leq 16\%$	Nėra dalių, kurių drėgnumas viršija 30%	
	M23+	$\leq 16\%$	Viena ar daugiau dalių, kurių drėgnumas viršija 30%	
	M30	$\leq 16\%$	Nėra dalių, kurių drėgnumas viršija 35%	
	M30+	$\leq 16\%$	Viena ar daugiau dalių, kurių drėgnumas viršija 35%	
	Peleningumas, % sausosios masės, A_d			
A05	$\leq 0,7\%$			
A10	$\leq 1,5\%$			
A10+	$\leq 3,0\%$			
Biomosės rūšys				
Nurodyti				
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$ (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E_{ar} (kWh/erdm)		Rekomenduojama nurodyti	
	Dalelių dydis ar struktūra		Rekomenduojama nurodyti gamybos metodą, nulemiantį šiaudų dalelių dydį. Pvz., ar šiaudai buvo apmalti sukimu ar vibracija, ar kapoti	

9.9 lentelė. Pjuvenų savybių specifikacija [16]

	Pagrindinė lentelė		
	Kuro kilmė		Medienos biomasė
	Prekybinė forma		Pjuvenos
Norminiai rodikliai	Drėgnumas, % naudojamosios masės, M_{ar}		
	M20	≤ 20%	Sausos
	M30	≤ 30%	Tinkamos sandėliavimui
	M35	≤ 35%	Ribotai tinkamos sandėliavimui
	M55	≤ 55%	
	M65	≤ 65%	
	Peleningumas, % sausosios masės, A_d		
	A0,7	≤ 0,7%	
	A1,5	≤ 1,5%	
	A3,0	≤ 3,0%	
	A6,0	≤ 6,0%	
	Azotas, % sausosios masės, N_d , %		
	N0,5	N0,5	Azotas normuojamas tik chemiškai apdorotai biomasei
	N1,0	N1,0	
N3,0	N3,0		
N3,0+	N3,0+ (nurodyti tikrąją vertę)		
Informaciniai rodikliai	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$ (MJ/kg naudojamosios masės) arba energijos tankis, E_{ar} (kWh/erdm)		Rekomenduojama nurodyti
	Piltinis naudojamosios masės tankis, kg/erdm		Rekomenduojama nurodyti, jeigu prekiaujama tūrio vienetais kategorijose BD200, BD300, BD350
	Chloras, Cl (% sausosios masės)		Rekomenduojama nurodyti kaip Cl0,03, Cl0,07, Cl0,10 ir Cl0,10+ kategorijas (jeigu Cl > 0,1% nurodyti realią vertę)
NB! Pjuvenų dalelės laikomos homogeniško dydžio. Jeigu reikalaujama, galima nurodyti dalelių matmenų pasiskirstymą.			

9.3. Plačiai naudojamų duomenų lentelės

9.10 lentelė. Malkų naudojamosios masės apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$, MWh/t (kai vidutinis degiosios masės šilumingumas 19,2 MJ/kg)

Drėgnumas, M_{ar} , %	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$, MWh/t, priklausomai nuo peleningumo A_{ar}				
	1%	2%	3%	4%	5%
25	3,79	3,75	3,71	3,67	3,63
26	3,73	3,69	3,65	3,61	3,57
27	3,67	3,63	3,59	3,55	3,52
28	3,61	3,57	3,54	3,50	3,46
29	3,55	3,51	3,48	3,44	3,40
30	3,49	3,46	3,42	3,38	3,34
31	3,43	3,40	3,36	3,32	3,29
32	3,37	3,34	3,30	3,26	3,23
33	3,31	3,28	3,24	3,21	3,17
34	3,25	3,22	3,18	3,15	3,11
35	3,19	3,16	3,13	3,09	3,06
36	3,14	3,10	3,07	3,03	3,00
37	3,08	3,04	3,01	2,97	2,94
38	3,02	2,98	2,95	2,92	2,88
39	2,96	2,92	2,89	2,86	2,83
40	2,90	2,86	2,83	2,80	2,77
41	2,84	2,81	2,77	2,74	2,71
42	2,78	2,75	2,72	2,68	2,65
43	2,72	2,69	2,66	2,63	2,60
44	2,66	2,63	2,60	2,57	2,54
45	2,60	2,57	2,54	2,51	2,48
46	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42
47	2,48	2,45	2,42	2,40	2,37
48	2,42	2,39	2,36	2,34	2,31
49	2,36	2,33	2,31	2,28	2,25
50	2,30	2,27	2,25	2,22	2,19
51	2,24	2,22	2,19	2,16	2,14
52	2,18	2,16	2,13	2,11	2,08
53	2,12	2,10	2,07	2,05	2,02
54	2,06	2,06	2,01	1,99	1,96
55	2,00	1,98	1,96	1,93	1,91
56	1,94	1,92	1,90	1,87	1,85
57	1,88	1,86	1,84	1,82	1,79

Drėgnumas, M_{ar} , %	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$, MWh/t, priklausomai nuo peleningumo A_{ar}				
	1%	2%	3%	4%	5%
58	1,82	1,80	1,78	1,76	1,73
59	1,76	1,74	1,72	1,70	1,68
60	1,71	1,68	1,66	1,64	1,62
61	1,65	1,62	1,60	1,58	1,56
62	1,59	1,57	1,55	1,53	1,51
63	1,53	1,51	1,49	1,47	1,45
64	1,47	1,45	1,43	1,41	1,39
65	1,41	1,39	1,37	1,35	1,33
66	1,35	1,33	1,31	1,29	1,28
67	1,29	1,27	1,25	1,24	1,22
68	1,23	1,21	1,19	1,18	1,16
69	1,17	1,15	1,14	1,12	1,10
70	1,11	1,09	1,08	1,06	1,05

9.11 lentelė. Būdingosios sandėlyje džiovintų malkų savybės [41]

Medžių rūšys	Medienos tankis, kg/m^3 (kietmetriui)	Piltinis tankis, $kg/erdm$ (rietuvėje)	Apatinis šilumingumas $q_{net,ar}$, MJ/kg	Energijos tankis E_{ar} , kWh/erdm (rietuvėje)
Beržas	680	485	13,6	1 800
Eglė	490	340	13,7	1 295
Pušis	550	385	13,6	1 450
Alksnis	570	400	13,3	1 470
Drebulė	540	380	12,9	1 360

9.12 lentelė. Švediška granulių klasifikacija SS 187120 [6]

Rodiklis	Matavimo vienetas	1 grupė	2 grupė	3 grupė
Skersmuo (D) ir ilgis (L) gamintojo sandėlyje	mm	$L < 4 \times D$	$L < 5 \times D$	$L < 5 \times D$
Naudojamosios masės piltinis tankis, D_{ar}	kg/m^3	$D_{ar} \geq 600$	$D_{ar} \geq 500$	$D_{ar} \geq 600$
Smulkiosios frakcijos dalis (< 3 mm), pagal svorį, F	%	$F \leq 0,8$	$F \leq 1,5$	$F \leq 1,5$
Naudojamosios masės apatinis šilumingumas, $q_{net,a}$	MJ/kg	$q_{net,ar} \geq 16,9$	$q_{net,ar} \geq 16,9$	$q_{net,ar} \geq 15,1$
	kWh/kg	$q_{net,ar} \geq 4,7$	$q_{net,ar} \geq 4,7$	$q_{net,ar} \geq 4,2$

10. LITERATŪRA

1. Green Paper: Towards a European strategy for the security of energy supply. COM(2000) 769: Brussels, p. 115.
2. Energy and Transport in Figures. 2004: Eurostat.
3. Forest Resources of Europe; CIS, North America; Australia, Japan and New Zealand. Main Report. UNESCO/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment. 2000, United Nations: New York and Geneva.
4. Eurostat Yearbook 2004. The Statistical Guide to Europe. Data 1992–2002. 2004, Luxembourg.
5. Hohle, E. E., ed. Bioenergi. 2001, Energigården: Brandbu, p. 390.
6. Alakangas, E. Properties of fuels used in Finland. 2000, VTT: Espoo, p. 172+17.
7. prCEN/TS 14775: Solid Biofuels - Methods for determination of ash content.
8. CEN/TS 14774-1: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method.
9. CEN/TS 14774-2: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method.
10. CEN/TS 14774-3: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method - Part 3: Moisture in general analysis sample.
11. prCEN/TS 15148: Solid biofuels - Method for determination of the content of volatile matter.
12. CEN/TS 14918: Solid Biofuels - Methods for determination of calorific value.
13. Nurmi, J. Heating values of whole-tree biomass in young forests in Finland. Acta Forestalia Fennica 236. 1993, Tampere, p. 27+3.
14. Nitschke, M. Standard proposals, in Standardisation of Solid Biofuels - Tools for Trading. 2005: Tallinn.
15. prCEN/TS 15103: Solid Biofuels - Methods for determination of bulk density.
16. CEN/TS 14961: Solid Biofuels - Fuel Specification and Classes. April 2005, p. 40.
17. Fuel Quality Assurance, prCEN/TS 15234 - Solid biofuels, Working document N117, in Working document N117. January 2005, p. 40.
18. Alakangas, E. CEN Technical Specification for Solid Biofuels - Fuel Specification and Classes. 2005, VTT, p. 12.
19. Alakangas, E. Quality guidelines for fuel peat. In NORDTEST - Report. 2005, VTT Processes.
20. Impola, R. Puupoltoaineiden laatuohje. In FINBIO Julkaisuja 5. 1998. 1998, VTT: Jyväskylä, p. 33.
21. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999–2003. In Technology Programme Report 6/2004. 2004: Helsinki.
22. Wood for Energy Production. Technology-Environment-Economy. 2nd Edition ed. 1999.
23. Production of forest chips in Finland. In OPET Report 6. 2001, VTT Energy.
24. Uusitalo, J. Metsäteknologian perusteet. Metsälehti Kustannus, 2003.
25. Nordic Treasure Hunt: Extracting Energy from Forest Residue. 2000: Technical Research Centre of Finland (VTT).
26. Grothantering. SCA SKOG, 1990.
27. Wood Fuel. Heat from the forest. 1983, Domänverket och SSR: Stockholm.
28. Junkkari OY. www.mako-junkkari.fi
29. Sivatec A/S. www.sivatec.com
30. Logset OY. www.logset.com
31. Mobiler Holzhäcksler. Modul für Mengle-Fahrgestell, Bauereihe 6000.
32. LHM Hakkuri OY. www.lhmhakkuri.com
33. Morbark inc. www.morbark.com
34. Pinox OY. www.pinox.com
35. John Deere Forestry OY. www.deere.com/fi_FI/
36. Komatsu Forest OY. www.komatsuforest.com
37. Metsänomistajan puunkorju, in Työtehoseuran Julkaisuja 307. 1989, Vaasa OY.
38. Maaselän Kone OY. www.maaselankone.fi.
39. Posch GmbH. www.posch.com
40. Laitilan Tautarakenne OY. www.japa.fi
41. Saarman, E. Puiduteadus. 1998: OÜ Vali Press.
42. Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, ed. Sjaak van Loo, J.K. 2002: Twente University Press.
43. Pottie, M., Guimier, D. Preparation of Forest Biomass for Optimal Conversion. 1985, Forest Engineering Research Institute of Canada, p. 112.
44. Straw for Energy Production: Tegnology – Environment – Economy. 1998, The Centre of Biomass Technology, p. 52.
45. Klemetti, V., Scholz, A., Selin, P., Nyrönen, T. Advantages of mole drainage in the peat harvesting fields during the first two experimental years. In Conference on Peat Production and Use, June 11 – 15. 1990. Jyväskylä, Finland.
46. Lakso, E., Ihme, R., Heikkinen, K. Development of methods for purification runoff water from peat production areas. In International Conference on Peat Production and Use, June 11–15. 1990. Jyväskylä, Finland.
47. Varpu Savolainen, H.B. Wood Fuels. 2000, Jyväskylä, p. 192.
48. Senior, J. Boiler Test Calculations. 1989, London, p. 140.

49. Audit Procedures for Solid-Fuel-Fired Heating Plants. 1997, MOTIVA, Ekono Energy, VTT Energy: Helsinki, p. 80.
50. Irak, A., Veide, H. Aurukatlad. 1952, Tallinn: ERK, p. 288.
51. Kotimaista polttoainetta käyttävien pienten kaukolämpöjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. In KTM Energiaosasto, Sarja D:92. 1986, EKONO OY: Helsinki, p. 173.
52. Stassen, H.E. Small-Scale Biomass Gasifiers for Heat and Power: A Global Review. 1995, World Bank Technical Paper No. 296. Energy series: Washington, p. 88.
53. Saviharju, K. Combustion of Low Grade Fuels in Finland. In VTT Symposium 107: Low-grade fuels. 1990, Technical Research Centre of Finland: Espoo, pp. 67 – 80.
54. Houmann Jakobsen, H., Helge, T. Gasification breakthrough in biomass. News from DBDH, 2005. 2/2005: pp. 14–17.
55. Condens OY. www.condens.fi
56. Energiesparend: Info-Mappe: O.Ö.ENERGIESPARVERBAND.
57. Aagard Jensen, J.-O., Jakobsen, L.K. DH production based on bio fuels. News from DBDH. 2/2005: pp. 11–13.
58. Alle 10 MW:n biolämpölaitoksen suunniteluperiaatet. 2001, OPET Finland, Elomatic: Jyväskylä.
59. Energiabilanss 1993, 1994., 2003: Statistikaamet.
60. Tükkurba põletamine kivisöekateldes. 1991: EV Riiklik Energiaamet, TTÜ STI, Eesti Innavatsiooni-fond, p. 24.

Villu Vares, Ülo Kask, Peeter Muiste,
Tõnu Pihu, Sulev Soosaar
BIOKURO NAUDOTOJO ŽINYNAS

Iš anglų kalbos vertė *Vaida Vrubliauskienė*
Vertimo recenzentas dr. *Stanislovas Vrubliauskas*

Formatas 70×100/16, 10,8 apsk. leid. I.
Išleido leidykla „Žara“, a. d. 2699, LT-03007 Vilnius
Tel./faks. (8-5) 272 91 17. El. paštas info@zara.lt
Puslapis internete www.zara.lt
Spausdino AB „Aušra“, Vytauto pr. 23 Kaunas

Dėl išaugusių iškastinio kuro bei elektros energijos kainų vis labiau domimasi medžio skiedrų ir granuliu naudojimu šilumos gamybai, taip pat kombinuotai šilumos ir elektros energijos gamybai. Baltijos šalyse yra nemažai aukštos kvalifikacijos energetikos specialistų, ekspertų gerai išmanančių medienos kuro gamybos ir naudojimo specifiką bei teoriją, tačiau kol kas šių žinių pritaikymas praktikoje nėra paplitęs. Ši knyga – tai praktinės patirties apžvalga, padėsianti savivaldybių, šilumos tiekimo bei bioenergijos gamybos įmonių pareigūnams bei vadovams priimti teisingus sprendimus, renkantis bioenergijos gamybos jėgainės technologiją ir dydį. Žinyną parengė Talino technologijos universitetas, turintis didelę teorinę bei praktinę patirtį bioenergetikos srityje.



9 789986 341802