

KURINĀMĀS KOKSNES SALĪDZINĀJUMS AR CITIEM KURINĀMĀ VEIDIEM

Fuelwood Comparison with Other Kinds of Fuel

J. Dolacis, E. Tomsons, J. Hrols

Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts,
Dzērbenes 27, Rīga, LV – 1006, tālr. 7553063,
e-pasts: dolacis@edi.lv, fakss: 7550635

Abstract

A part of Latvia's forest resources, namely, branches, stumps, small stump top ends, firewood, slabs, sawdust, etc. remains unutilised both in the felling sites and woodworking plants. All this can be successfully utilised for production of heat energy, thereby replacing a part of the imported natural gas, coal and liquid fuel. To assess the utilisation of a definite type of primary energy, not only its accessibility and costs, but also calorific value should be known. The rational utilisation of energy resources in Latvia is urgent, since less than 30% from the consumption is obtained in this country. Thus, in 2000, the Latvia's energy balance showed the total consumption of different types of primary energy resources to be 159 145 TJ ($T = 10^{12}$). Utilising firewood, woodworking waste and chips, 34 250 TJ of energy was produced, or 21.5 % from the total primary energy consumed in Latvia. In the present study, fuel wood is compared with other types of fuel. If the equivalent value of one ton of coal (t_{ce}) is 29.308 MJ/kg, then the calorific value of natural gas and dry wood is 1.507 and 0.644, respectively. If 18.883 MJ of heat is obtained from 1 kg of oven dry wood, then 1.3 kg of wood with the relative moisture (W_r) content 20% and about 2.0 kg of freshly cut wood are necessary. To replace 1 ton of sawdust pellets or granules, 2.44 steres of birch firewood with the moisture content $W_r = 20\%$ or 2.63 steres with $W_r = 40\%$ are necessary. The above-mentioned amount of pellets or granules can be replaced by 3.47 steres of spruce firewood with $W_r = 20\%$ or 3.76 steres with $W_r = 40\%$. The production of 1 kWh of heat from natural gas yields 0.224 kg of carbon dioxide, but in the case of fully combusted wood, from 0.35 to 0.4 kg of carbon dioxide.

Keywords: *fuelwood; chips, heat value of wood species.*

Lai izvērtētu konkrētā primārās enerģijas veida izmantošanu, jāzin ne tikai tā pieejamību un izmaksas, bet arī siltumspēju. Energoresursu racionāla izmantošana Latvijā ir ļoti aktuāla, jo mazāk kā 30 % no patērētiem ir iegūti pašā valstī. Tā, 2000. gada energobalance parāda, ka Latvijā kopējais dažāda veida primāro energoresursu patēriņš bija 159 145 TJ ($T = 10^{12}$). Izmantojot malku, kokapstrādes atliekas un šķeldas, ieguva 34 250 TJ enerģijas, vai 21,5 % no visas Latvijā patērētās primārās enerģijas.

Energoresursu racionāla izmantošana Latvijā ir ļoti aktuāla, jo mazāk kā 30 % no patērētiem ir iegūti pašā valstī. Tā, 2000. gada energobalance parāda, ka Latvijā kopējais dažāda veida primāro energoresursu patēriņš bija 159 145 TJ ($T = 10^{12}$) [1]. Izmantojot malku, kokapstrādes atliekas un šķeldas, ieguva 34 250 TJ enerģijas, vai 21,5 % no visas Latvijā patērētās primārās enerģijas. Izmantotā kūdra, kūdras briketes, kokss nodrošināja tikai 1,8 % no kopējā energopatēriņa. Bet Latvijā saražotās hidroelektrostaciju enerģijas daudzums bija 6,4 % no patērētās primārās enerģijas.

Lai valsts būtu pilnīgi neatkarīga no citu valstu politikas ietekmes, tad viss energopatēriņš būtu jānodrošina bez importēto primāro energoresursu izmantošanas. Jāatzīmē, ka 2000. gadā Latvijā bija patērēta importētā dabas gāze 31,9 % un naftas produkti – 31,7 % apmērā no kopējās izmantotās enerģijas daudzuma. Kā redzams, tad koksne Latvijā ir viens no galvenajiem vietējiem atjaunojamiem energoresursiem. Tā, 2000. gadā Latvijā no kurināmās koksnes ieguva 34,25 PJ enerģijas ($P = 10^{15}$). No tās 24,3 % bija iegūta sadedzinot koksni dažāda tipa katlumājās, 38,93 % – mājsaimniecībā, 19,91 % – rūpniecībā un 16,82 % – dažādi pārējie patērētāji.

Lai objektīvi risinātu jautājumu par konkrēta primārās enerģijas veida izmantošanu vai aizstāšanu ar citu siltuma, elektrības, mehāniskās piedziņas u.c. procesu nodrošināšanu, jāzina

ne tikai enerģijas veida pieejamība un izmaksas, bet arī to siltumspēja. Tāpēc šajā darbā salīdzināti dažāda veida energoresursu siltumspēja un nepieciešamais kurināmā daudzums 1 MJ vai 1 kWh enerģijas ieguvei – 1. tabula [2-5]. Energoresursa kurināmā vērtība aprēķināta izdalot kurināmā zemāko sadegšanas siltumu ar ogļu ekvivalentu $t_{ce} = 29,308$ MJ/kg (t_{ce} – ogļu tonnas ekvivalents). Ja ūdeņradim kurināmā vērtība ir 4,098 un dabas gāzei (kuru piegādā Latvijas patērētājiem saskaņā ar LR Ministru Kabineta noteikumiem Nr. 23, 01.20.1998) ir 1,507, tad sausai koksnei (mitrums $W = 0\%$) tā ir 0,644. Ja koksnes relatīvais mitrums ir 10 %, kāds parasti ir kokskaidu granulām un briketēm, to kurināmā vērtība ir 0,572, vai divas reizes mazāks nekā akmeņoglēm. Bet kurināmām šķeldām un nežāvētai kurināmāi koksnei relatīvais mitrums var būt no 30 % līdz 50 %. Pie relatīvā mitruma 40%, koksnes kurināmā vērtība ir 0,349 un 1 kWh siltuma enerģijas ieguvei nepieciešams 0,376 kg koksnes – skat. 1. tabulu.

1. tabula

Dažāda veida kurināmā salīdzinājums pēc iegūtā sadegšanas siltuma

Nr. p/k	Kurināmais	Zemākais sadegšanas siltums		Kurināmā vērtība* $Q_z/29,308$	Nepieciešamais kurināmā daudzums	
		MJ/kg	kWh/kg		g/MJ	g/kWh
1	Ūdeņradis**	120,1	33,36	4,098	8,33	29,98
2	Sašķidrināta gāze	45,9	12,75	1,566	21,79	78,43
3	Dabas gāze (Latvijā)***	44,17	12,27	1,507	22,64	81,5
4	Benzīns	43,96	12,21	1,5	22,75	81,9
5	Petroleja	43,12	11,98	1,471	23,19	83,47
6	Dīzeļdegviela, krāšņu kurināmais	42,6	11,83	1,454	23,47	84,53
7	Mazuts:					
	T40-mazsērains	40,61	11,28	1,385	24,63	88,65
	T100-sērains	40,40	11,22	1,379	24,75	89,13
8	Ogleklis	33,91	9,41	1,157	29,49	106,27
9	Antracīts	27,21	7,56	0,928	36,75	132,28
10	Ogles	24,86	6,9	0,848	40,23	144,93
11	Koksne:					
	$W_r = 0\%$	18,88	5,24	0,644	52,97	190,84
	$W_r = 10\%$	16,75	4,65	0,572	59,7	215,05
	$W_r = 20\%$	14,57	4,05	0,497	68,63	246,91
	$W_r = 30\%$	12,36	3,43	0,422	80,91	291,55
	$W_r = 40\%$	10,24	2,89	0,349	97,66	346,02
	$W_r = 50\%$	8,11	2,25	0,277	123,31	444,44
	$W_r = 60\%$	6,0	1,67	0,205	166,67	598,8
	$W_r = 70\%$	3,85	1,07	0,131	259,74	934,58
12	Salmi, $W_r = 10\%$	15,05	4,18	0,514	66,45	239,23
13	Kūdra, $W_r = 40\%$	10,72	2,98	0,366	93,28	335,57
14	Dabiskais urāns	485×10^3	134830	16 547	0,00206	0,00742
15	^{235}U	$68,3 \times 10^6$	19×10^6	$2,3 \times 10^6$	14×10^{-6}	52×10^{-6}
16	^{239}Pu	$57,7 \times 10^6$	16×10^6	$1,9 \times 10^6$	17×10^{-6}	62×10^{-6}

Piezīme: * t_{ce} – pēc ogļu tonnas ekvivalenta = 29,308 MJ/kg;

** ūdeņradim $Q_z = 10,83$ MJ/m³ un 3,01 kWh/m³;

*** dabas gāzei $Q_z = 31,8$ MJ/m³ un 8,83 kWh/m³.

Interesanti salīdzināt klasisko kurināmo veidu vērtības ar kodoldalīšanās materiālu siltuma vērtībām. Urānam (^{235}U) tā ir $2,33 \times 10^6$ reizes lielāka par ogļu ekvivalentu un 1 kWh siltuma enerģijas iegūšanai nepieciešams 0,000 052 g kodoldalīšanās materiāla.

Dažādu sugu koksne atšķiras savā starpā ar blīvumu pie vienāda mitruma. Līdz ar to sadedzinot 1 m³ koksnes, iegūstam atšķirīgu siltuma daudzumu – 2. tabula.

2. tabula

Absolūti sausas koksnes siltumspējas salīdzinājums

Nr. p/k	Suga	Blīvums, kg/m ³	1 m ³ koksnes siltumspēja, GJ/m ³ pie W = 0 %.		1 m ³ siltumspēja pret ozolu
			augstākā	zemākā	
1	Ozols	670	13,605	12,652	1,000
2	Kļava	660	13,402	12,463	0,985
3	Osis	640	12,996	12,085	0,955
4	Bērzs	620	12,590	11,708	0,925
5	Lapegle	600	12,184	11,330	0,986
6	Dižskābardis	580	11,778	10,921	0,866
7	Melnalksnis	540	10,965	10,197	0,806
8	Alksnis	495	10,051	9,347	0,739
9	Priede	480	9,747	9,064	0,716
10	Apse	465	9,442	8,781	0,694
11	Liepa	460	9,341	8,686	0,687
12	Papele	440	8,935	8,309	0,657
13	Egle	420	8,529	7,931	0,627

Ja absolūti sausas ozola koksnes 1 m³ siltumspēju pieņem par 1,0, tad salīdzinot ar bērza koksni tā ir par 7,5 % mazāka, bet ar egles koksni – par 37,3 % mazāka. Tas attiecas arī uz tilpuma (stera) siltumspēju.

Ja siltumenerģijas ieguvei izmanto svaigi cirstu koksni kurināšanas sezonā – no oktobra mēneša līdz marta mēnesim, tādā gadījumā izmantojamās koksnes relatīvais mitrums svārstās no 44 % līdz 54 %. Tas nozīmē, ka 1 tonna svaigi cirstas koksnes satur no 440 līdz 540 kg ūdens. Svaigi cirstās koksnes mitrums atkarīgs kā no sugas, tā arī no ciršanas laika (mēneša), kas ietekmē zemāko sadegšanas siltumu – 3. tabula.

3. tabula

Svaigi cirstas koksnes blīvums (ρ_w) un zemākais sadegšanas siltums (Q_z^d) atkarībā no koka sugas un ciršanas mēneša

Suga	Raksturlielums	Gada mēnesis					
		X	XI	XII	I	II	III
Priede	ρ_w , t/m ³	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84
	Q_z^d , MJ/kg	8,17	7,94	7,94	7,94	7,94	8,05
Egle	ρ_w , t/m ³	0,72	0,75	0,78	0,73	0,79	0,79
	Q_z^d , MJ/kg	8,31	7,88	7,47	8,16	7,34	7,34
Bērzs	ρ_w , t/m ³	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,94
	Q_z^d , MJ/kg	9,33	9,21	9,21	9,21	9,33	9,21
Apse	ρ_w , t/m ³	0,83	0,85	0,82	0,81	0,83	0,83
	Q_z^d , MJ/kg	7,95	7,67	8,04	8,18	7,95	7,95

Ja absolūti sausas koksnes zemākais sadegšanas siltums ir 18,883 MJ/kg, tad no svaigi cirstas bērza koksnes var iegūt apmēram divas reizes mazāk (apmēram 49 % no maksimāli

iegūstamā daudzuma) siltumu. Bet no apses, egles un priedes – tikai no 39 % līdz 44 % no maksimāli iespējamā siltuma daudzuma, skat. 3. tabulu.

Lai malku efektīvi izmantotu, lietderīgi to iepriekš žāvēt 1 – 2 gadus, kamēr relatīvais mitrums nebūtu lielāks par 20 %. Pie šāda mitruma no maklas var iegūt 14,49 MJ/kg siltuma, vai 77 % no absolūti sausas koksnes siltuma.

Ja no 1 kg absolūti sausas koksnes iegūstam 18,883 MJ siltuma, tad koksnei ar relatīvo mitrumu 20 % tāda paša siltuma daudzuma iegūšanai nepieciešams 1,3 kg, ja tā ir svaigi cirsta.- tad apmēram 2 kg. Tāpēc, kurināšanai paredzētai koksnei pēc iespējas jābūt ar zemāku mitruma saturu, kas ievērojami samazinās patērētās koksnes daudzumu.

Tā kā malku piegādā un izmanto steros, kas apmēram atbilst 0,7 m³ koksnes daudzumam, tad lietderīgi zināt stera blīvumu (kg/sters) un izmantojamās malkas stera zemāko sadegšanas siltumu (GJ/sters) – 4. un 5. tabula.

4.tabula

Dažādu koku sugu koksnes stera blīvums atkarībā no tās relatīvā mitruma (W_r , %)

Suga	Blīvums (kg/sters) pie dažādiem mitrumiem (W_r , %)				
	0	20	30	40	50
Bērzs	434	466	519	605	724
Egle	294	326	365	426	511
Priede	336	372	416	486	583
Alksnis	346	385	431	503	604
Apse	325	364	407	475	570

5.tabula

Dažādu koku sugu malkas stera zemākās siltumspējas (Q_z^d , GJ/sters) atkarība no tās relatīvā mitruma (W_r , %)

Suga	Zemākā stera siltumspēja (GJ/sters) pie dažādiem mitrumiem (W_r , %)				
	0	20	30	40	50
Bērzs	8,20	6,76	6,42	6,20	5,87
Egle	5,55	4,73	4,51	4,36	4,14
Priede	6,35	5,39	5,14	4,98	4,73
Alksnis	6,53	5,58	5,33	5,15	4,90
Apse	6,14	5,28	5,03	4,86	4,62

Pēdējā laikā Latvijā vērojama tendence no zāģskaidām ražot kurināmās briketes un granulas. Brikešu un granulu ražošanai izmanto žāvētas zāģskaidas, kuras pēc tam sapresē bez saistvielu izmantošanas, tām piešķirot noteiktu formu (cilindrisku, ķieģeļveida, seškantīgu, ar dobumu vai bez tā un tml.). Izmantojamo zāģskaidu brikešu vai granulu relatīvais mitrums ir 6 – 11 %, kura uzturēšanai, uzglabājot, tās nepieciešams turēt plēvju iesaiņojumā, kas pasargā no mitruma uzsūkšanas un sadalīšanās zāģskaidās. Tāpēc šādu brikešu un granulu siltumspēja ir augstāka nekā malkai, kuras relatīvais mitrums pie tās uzglabāšanas 1 – 2 gadus ir apmēram 20 %. Bet sakarā ar patērēto siltumu zāģskaidu žāvēšanai un elektroenerģiju, kā arī energopatēriņu, 1 tonnas izmaksa ir no LVL 40, – līdz 55, –. Izmaksas atkarīgas no pielietojamās tehnoloģijas, zāģskaidu izejas mitruma, to bioloģiskās sadalīšanās pakāpes un frakcionālā sastāva.

Pateiz dažādu sugu koksnes malkas stera izmaksas ar piegādi svārstās no LVL 6, – līdz 8, –. Lai izvērtētu un atrisinātu jautājumu par pieņemamāka kurināmā veida izvēli, nepieciešams salīdzināt kokskaidu briketes un granulas ar dažādu koku sugu malku atkarībā no mitruma [6] – 6. tabula.

Redzams, ka 1 tonna kokskaidu brikešu un granulu pie relatīvā mitruma 9 % aizstāšanai nepieciešami 2,44 steri bērza malkas pie relatīvā mitruma 20 % vai 2,63 steri pie relatīvā mitruma 40 %. Tā kā egles malkai stera blīvums ir zemāks, nekā bērza malkai, tad 1 t brikešu vai granulu pie relatīvā mitruma 9 % nepieciešams 3,47 steri egles malkas ar mitrumu 20 % un 3,76 steri ar mitrumu 40 %.

6. tabula

Zāgskaidu brikešu un granulu 1 t sadegšanas siltuma ekvivalents daudzums, kas atbilst dažādu koku sugu malkas aizstāšanai steros

Briekšu un granulu relatīvais mitrums, %	Dažādu koku sugu malkas degšanas siltuma ekvivalents steru daudzums pie dažādiem relatīvajiem koksnes mitrumiem, kas atbilst 1 t briekšu vai granulu sadedzināšanas siltumam			
	$W_r = 20\%$	$W_r = 30\%$	$W_r = 40\%$	$W_r = 50\%$
B ē r z s				
6	2,53	2,64	2,72	2,89
9	2,44	2,55	2,63	2,80
12	2,34	2,45	2,52	2,68
E g l e				
6	3,59	3,77	3,89	4,15
9	3,47	3,64	3,76	4,01
12	3,33	3,50	3,61	3,85
P r i e d e				
6	3,19	3,31	3,41	3,66
9	3,08	3,20	3,29	3,54
12	2,96	3,07	3,16	3,40
A l k s n i s				
6	3,13	3,22	3,34	3,55
9	3,02	3,11	3,23	3,43
12	2,90	2,99	3,10	3,20
A p s e				
6	3,25	3,39	3,46	3,72
9	3,14	3,28	3,34	3,59
12	3,01	3,15	3,21	3,45

Visu veidu enerģijas ražošana zināmā veidā ietekmē apkārtējo vidi. Kurināmā degšanas procesā rodas skābo vielu izmeši, siltumnīcas efektu izraisošas gāzes, putekļi un pelni. Viena no lielākām problēmām ir siltumnīcas efektu izraisošās gāzes, galvenokārt oglekļa dioksīds (CO_2), kas rodas sadegot organiskas izcelsmes kurināmajam. Zinot oglekļa saturu konkrētā kurināmā veidam, un to, ka tā 1 kg sadegot, rodas 3,667 kg vai $1,855 \text{ m}^3$ ogļskābās gāzes (CO_2) [7], mēs varam aprēķināt, cik ogļskābās gāzes radīsies no 1 kg konkrētā kurināmā sadedzināšanas. Liela daļa no ogļskābās gāzes, kas rodas sadegot biokurināmajam (koksne, salmi, lauksaimniecības produktu atliekas, kūdra u.c.) iekļaujas dabiskajā apītē – tiek izmantota tālākajā fotosintēzes procesā, augu veidošanās procesā. Dažāda veida biokurināmajos ir ūdeņradis, kas sadegot rada ūdeni. Lai sadedzinātu 1 kg ūdeņraža, nepieciešami 8 kg skābekļa, kā rezultātā rodas 9 kg vai $11,116 \text{ m}^3$ ūdens tvaiku. Kurināmajā esošajā 1 kg sēra sadegšanai nepieciešams 1 kg skābekļa, kā rezultātā rodas 2 kg sēra dioksīda (SO_2).

Parasti kurināmā sadedzināšanai izmanto nevis tīru skābekli, bet gaisu. Gaiss satur skābekli 23,2 % (masas procenti) un 76,8 % slāpekļa. Slāpekļis, kas atrodas izmantojamajā kurināmajā, kā arī gaisā rada slāpekļa oksīdus, tikai pie ievērojami augstas temperatūras.

Lai iegūtu 1 kWh siltuma enerģijas nepieciešams patērēt noteiktu kurināmā daudzumu, kuru sadedzinot, rodas dažāda veida izmeši. Tā, 1 kWh_{th} siltuma iegūšanai no dabas gāzes veidojas 0,224 kg CO₂ gāzes, bet izmantojot krāšņu kurināmo degvielu, rodas 0,27 kg ogļskābās gāzes, ogle – 0,332 kg CO₂ gāzes. Zināms, ka 1 kg CO₂ gāzē ir 0,2727 kg oglekļa. Pie koksnes pilnīgas sadegšanas rodas samērā daudz ogļskābās gāzes, t.i. – no 0,35 kg/kWh līdz 0,4 kg/kWh. Minētā ogļskābā gāze ir neiztrūkstoša fotosintēzes izejviela. Izmantojot kodoldegvielu, ogļskābā gāze, sēra dioksīds vai slāpekļa oksīdi neizdalās.

Interesanti atzīmēt, ka lai apsildītu vienas ģimenes dzīvojamo telpu 100 m² lielumā, vidēji sezonā nepieciešams 25 MWh_{th} siltuma enerģijas. Ja izmantotu dabas gāzi ar 100 % lietderības koeficientu, tad 25 MWh_{th} siltuma enerģijas ieguvei jāsadedzina 2,04 t (2,8 tūkst. m³) dabas gāzes, radot 5600 kg ogļskābās gāzes vai 1530 kg oglekļa.

Secinājumi

1. Ja ogļu vienas tonnas ekvivalenta vērtība (t_{ce}) ir 29,308 MJ/kg, tad kurināmā vērtība dabas gāzei ir 1,507, bet sausai koksnei – 0,644.
2. Ja 1 m³ sausas ozola koksnes zemākā siltumspēja ir 12,652 GJ, tad bērza koksnei tā ir par 7,5 % mazāka, alksnim – par 26,1%, priedei – par 28,4 %, bet eglei – par 37,3 % mazāka.
3. Ja no 1 kg absolūti sausas koksnes iegūst 18,883 MJ siltuma, tad nepieciešams 1,3 kg koksnes ar relatīvo mitrumu 20 % un apmēram 2,0 kg, ja koksne ir svaigi cirsta.
4. 1 tonnas zāgskaidu briekšu vai granulu ($W_r = 9\%$) aizstāšanai nepieciešami 2,44 steri bērza malkas ar $W_r = 20\%$, vai 2,63 steri ar $W_r = 40\%$. Minēto daudzumu briekšu vai granulu var aizstāt ar 3,47 steriem egles malkas ar $W_r = 20\%$, vai 3,76 steriem ar $W_r = 40\%$.
5. 1 kWh siltuma iegūšana no dabas gāzes rada 0,224 kg ogļskābās gāzes, bet no pilnīgi sadedzinātas koksnes – no 0,35 kg līdz 0,4 kg ogļskābās gāzes.

Literatūra

1. Energobalance 2000. gadā. LR Centrālās statistikas pārvaldes statistisko datu krājums. LR CSP, Rīga, 2001, 85 lpp.
2. Равич М.Б. Эффективность использования топлива, «Наука», М., 1977, 344 с.
3. Энергетическое топливо СССР. Справочник. «Энергоиздат», М., 1991, 184 с.
4. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. «Лесная промышленность», М., 1989, 296 с.
5. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найденов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. «Лесная промышленность», М., 1987, 224 с.
6. Tomsons E., Dolacis J., Hrolis J., Cīrule D. Biofuel: comparison of firewood and pellets. – *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. No 4, 2002, 43 – 50 pp.
7. Osipovs L. Ķīmijas tehnoloģijas pamatprocesi un aparāti. “Zvaigzne”, Rīga, 1991, 680 lpp.