



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

SOOJUSTEHNKA INSTITUUT

Soojusenergeetika õppetool

MSE40LT

Siim Bokka

LOKAALKÜTE, VÕIMALUSED JA TULEVIK EESTIS

Bakalaureusetöö

Autor taotleb

tehnikateaduste bakalaureuse

akadeemilist kraadi

Tallinn

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

TTÜ soojustehnika instituut

Soojusenergeetika õppetool

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2015. aasta 6. semester

Üliõpilane: Siim Bokka, 121016 (nimi, kood)

Õppekava: MASB02/09

Eriala: Soojusenergeetika

Juhendaja: Professor Aadu Paist (amet, nimi)

Konsultandid: (nimi, amet, telefon)

.....

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Lokaalküte, võimalused ja tulevik Eestis

(inglise keeles) Local heating, opportunities and the future prospects of Estonia

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Kirjandusega tutvumine	10.03.2015
2.	Refereeritava osa valmis kirjutamine	30.04.2015
3.	Tabelite ja sedelite koostamine	10.05.2015
4.	Lõputöö valmis kirjutamine	31.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Lokaalkütte tehnoloogiate ning kütteks sobivate kütuste hinnad ja pakutavus Eesti, muutused ning areng tulevikus.

Täiendavad märkused ja nõuded:.....

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt

Töö esitamise tähtaeg.....

Üliõpilane Siim Bokka /allkiri/

kuupäev.....

Juhendaja Aadu Paist /allkiri/

kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöörde

Sisukord

EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1. KÜTTESEADMETEST ÜLDISELT.....	8
1.1 Abiseadmed.....	8
1.2. Katelseadmete regulatsioon Eestis.....	9
2. EESTIS KASUTATAVAD KÜTUSED.....	11
2.1 Kütuste liigitus.....	11
2.2 Maagaas.....	12
2.3 Kerge kütteõli.....	14
2.4 Puitkütused.....	16
2.5 Looduslikud söed.....	18
2.6 Turvas.....	19
2.7 Kütuste võrdlus ning valik.....	21
3. LOKAALKATLAD.....	23
3.1 Restkoleded.....	24
3.1.1 Ülemise põlemisega.....	24
3.1.2 Alumise põlemisega.....	25
3.1.3 Alttõmbega.....	26
3.1.4 Universaalkatel.....	26
3.2 Kamberkolded ja nende põletid.....	27
3.2.1 Gaaspõletid.....	28
3.2.2 Vedelkütuste põletid ning pihustid.....	29
3.2.3 Tahkekütuse põletid.....	30
3.3 Kondensatsioonkatlad.....	31
3.4 Päikeseküttesüsteem.....	32
3.4 Katelde hooldus.....	33
3.6 Lokaalkatelde valik ning turu ülevaade Eestis.....	34
4. TULEVIK.....	41
KOKKUVÕTE.....	44
SUMMARY.....	45
KASUTATUD KIRJANDUS.....	46

EESSÕNA

Lõputöö teema valisin Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika instituudi kodulehel õppejõudude poolt väljapakutud teemade hulgast. Teema väljapakujaks ja juhendajaks oli professor Aadu Paist, kes on eelnevalt uurinud ning tegelenud lokaalkateldega.

Ühtlasi sooviksin avaldada tänu kõigile töö koostamisel abiks olnud inimestele.

SISSEJUHATUS

Teema „Lokaalküte, võimalused ja tulevik Eestis“ valisin, sest tundus huvitav ning aktuaalne kütuseturu hindade pideva muutuse tõttu. Töös annan ülevaate Eesti pakutavatest lokaalküttele sobivatest kütustest, nende põletamistehnoloogiatest ning hindadest. Samuti analüüsin tulevikus toimuvaid muudatusi nii seadustes kui ka tehnoloogiates.

Hoone soojaga varustamine on meie kliimas olulise tähtsusega- tuleb katta nii küttevajadus kui ka soojavee tarbe vajadus. Selleks on palju viise ning võimalusi. Suuremates asulates on lihtsaimaks ning tihti ka odavaimaks lahenduseks kaugküte. Kuid kõikjal sellist võimalust ei ole ning siis tuleb leida alternatiiv. Selles osas on valik suur ja lai: kohtküte, maasoojuspump, õhksoojuspump, päikesepaneelid, lokaalküte või kombineeritud süsteemid. Antud töös uurin põhjalikumalt Eestis pakutavaid lokaalkütte võimalusi ning annan ülevaate ka sellega kombineeritud päikeseküttesüsteemist.

Töö on koostatud kirjanduse ning veebilehtedelt leiduva informatsiooni refereerimise ning analüüsimise põhjal. Palju abi oli varasemalt bakalaureuse õppes olnud ainetest „Katlatehnika“ ning „Kütused ja põlemisteooria“. Ideid ja mõtteid andis ka juhendaja professor Aadu Paist.

1. KÜTTESEADMETEST ÜLDISELT

Küttesüsteemi ülesandeks on toota soojust võimalikult efektiivselt ning vähimate kadudega. Tagatud peavad olema seadustest ja tarbija poolt seatud näitajad ja soovid. Suvisel perioodil kasutatakse sooja tarbevee tootmiseks ning välistemperatuuri langedes küttevajaduste täitmiseks.

Küttesüsteeme liigitatakse soojusallika asukoha järgi: koht-, lokaal- ja kaugküttesüsteem. Kohtkütteks nimetatakse süsteemi, mille soojusenergia toodetakse kohapeal ning antakse üle keskkonnale ilma soojuskandjateta. Sellises süsteemis puuduvad lekked. Klassikalisteks kohtkütteks on elektriküte, ahjuküte ning gaasiküte, kuid tänapäeval on kasutusel ka soojuspumpadel põhinevaid süsteeme. [18]

Süsteemi, mille soojust toodetakse väljaspool köetavaid ruume ning sellega varustatakse ühte või enama hoone ruume nimetatakse lokaalkütteks. Eraldi jaguneb veel kaugküte, mille puhul varustatakse soojaga tervet linna, asulat või teatud piirkonda. Kindlat piiri nende kahe süsteemi eristamiseks pole määratud. Antud töö keskendub just nimelt lokaalküttele. 2010. aastal kasutas hinnangulist 40% kuni 50% majapidamistest soojaga varustamiseks antud viisi. [13]

1.1 Abiseadmed

Abiseadmed tagavad katla funktsioneerimise: ühed suunavad või eemaldavad katlast keskkondi ning teised töötlevad neid. Need tagavad katla stabiilse, kõrge kasuteguriga ning toodangu näitajad vastavalt tarbija nõudmistele. On abiseadmeid milleta katlatöö poleks võimalik, kuid on ka selliseid, mis pole küll otseselt tööks vajalikud, kuid täiustavad või reguleerivad protsessi.

Kütuste omadused katlasse andes, eriti väiksemate kollete puhul, on kindlalt määratletud. Tihti tuleb nende parameetreid või omadusi muuta. Näiteks peenestada, filtreerida, soojendada või rõhku muuta - seda kõike tehakse abiseadmetega. Lokaalkatelde puhul ostetakse aga enamasti katla nõuetele vastav kütus ning abiseadmeid ei kasutata. [33]

Koldesse annavad seadmed hapnikku õhuga, et tagada efektiivne põlemine ning samas hoida võimalikult väikesed kaod korstna kaudu. Seda teostatakse õhukanalite, ventilaatorite ning siibrite abiga. [33]

Tahkete kütuste põletamisel tekib räbu ja tuhka, mida tuleb aeg-ajalt eemaldada, et hoida katla kasutegur võimalikult kõrge- põlemisproduktid küttepindadel vähendavad soojusvahetust. Harvem tuleb seda teostada gaasiliste ja vedelkütuste puhul. Suurematel kateldel on selleks mehaanilised, pneumaatilised või hüdraulilised puhastusseadmed, kuid lokaalkateldel toimub see enamasti käsitsi. Kallimate seadmete puhul võib olla ka paigaldatud lihtsamad puhastusseadmed (suruõhul). Põlemisgaasid eemaldatakse õhutrakti kaudu, mis koosneb õhukanalitest, ventilaatorist ning korstnast. Hea loomuliku tõmbe puhul ventilaator puudub. [33]

Katlas kasutatav vesi peab vastama kindlatele nõuetele. Selleks kasutatakse vee ettevalmistus seadmeid. Termoõli ettevalmistust ei vaja. Vee rõhk peab enne katlasse sisenemist olema suurem, kui katla enda rõhk. Selle tagavad pumbad. Kuuma vee või auru rõhku ja temperatuuri reguleeritakse reguleerimis seadmetega ning tarbijani jõuab läbi jaotusseadmete. Suuremate katelde puhul võidakse kasutada ka soojusvaheteid. [33]

1.2. Katelseadmete regulatsioon Eestis

Kateldega seotud nõuded on Euroopa Liidus (k. a. Eestis) kehtestatud standarditega. Lokaalkatelde puhul on põhiliseks standardiks EVS-EN 303-5:2012, mis määratleb käsitsi ja automaatselt köetavaid tahkekütusekatlaid nimisoojustootlikusega kuni 500 kW. Gaaskütuse katelde puhul tuleb arvestada standardi EVS-EN 15502-1:2012 nõuetega ning vedelkütuste (kuni 70 kw) nõuded on kirjas standardis EVS-EN 15035:2007. Samuti tuleb arvestada muude ehitusega ning käitlemisega seotud standarditega nagu näiteks EVS 812-3:2013, mis määrab ehitise tuleohutusega seotud nõuded.

Antud standardid on kehtivad kogu Euroopa liidus ja siin toodetud või tarnitavad katlad peavad vastama nendes kehtestatud nõuetele. Neis võib leida alates kütuse nõutavast niiskusest kuni katla keevituste kohta nõudeid. Samuti on seal määratud, kuidas ja millal tuleks kütteseadmeid katsetada ning ohutusnõuded. Enamus nõuded on olulised vaid katlatootjale ning Euroopa liitu tarnijale. Samas võiks olla nendega kutsis ka iga katlaomanik,

et tagada ohutus nii endale kui ka loodusele ning seaduslik käsitlemine. Eraldi järelvalvet ja registrit Eestis eraomandis olevatele lokaalkateldele ei peeta. [17]

Standardiga EVS 812-3:2013 on määratud katlaruumi tuleohutuse seotud nõuded, mida tuleb järgida planeerimisel. Seal ei ole otseseid ruumi pindala nõudeid, kuid on määratud erinevad kaugused teatud katlaosadest, mis peavad vabaks jääma. Olulise punktina võib nimetada näiteks, et katlaruum peab olema varustatud tulekinda uksega, kui katlavõimsus ületab 25 kW. Samuti määratakse ära kütuste hoiustamistingimused. [25]

2. EESTIS KASUTATAVAD KÜTUSED

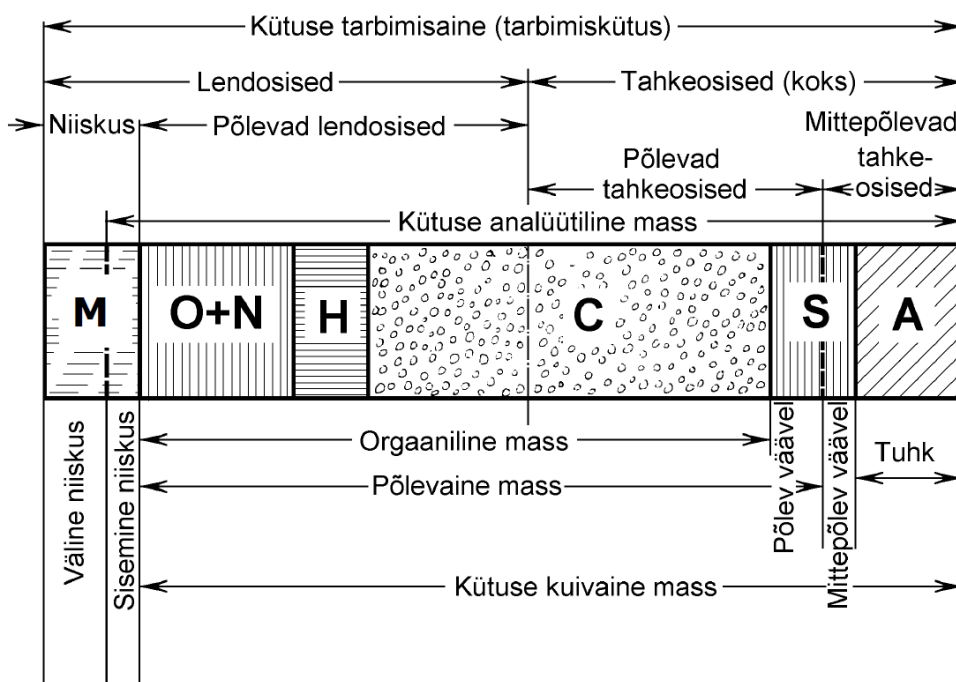
Kütuseks nimetatakse ainet, mille keemilisel reageerimisel oksüdeerijaga eraldub soojust. Enamasti on selleks õhus sisalduv hapnik. Et sellist ainet saaks ka kütusena kasutada peab seda esinema looduses suurtes kogustes ning lihtsasti kättesaadav, reaktsioon oksüdeerijaga kiire ja tõhus ning reaktsiooni jäägid ei tohi saastada ohtlikult keskkonda. [24]

Põhiliselt kasutatavateks kütusteks Eesti lokaalkatlamajades on maagaas, kerge kütteõli, söed, turvas (brikett, frees-, tükk- ja pelletturvas), puit ning selle töödeldud tooted (pellet, hakkpuit).

2.1 Kütuste liigitus

Liigitamiseks on mitmeid võimalusi: tekke, agregaatoleku, koostise ning omaduste järgi. Jaotamine ning nende uurimine on oluline, et oleks võimalik leida sarnaste kütuste puhul kombineeritud või universaalseid põletamisviise.

Põhiliseks kütuse uurimise aluseks on kütuse koostis. Selle järgi saab teada kütteväärtuse, põlemisjäägid, niiskussisalduse ning massi. Samuti saab analüüsida sadestiste ning tuha teket ja koostist.



Sele 2.1 Kütuse koostis [25]

Tekke järgi jagunevad kütused taastuvateks ja mittetaastuvateks. Mittetaastuvateks nimetatakse fossiilseid kütuseid, mis on tekkinud 0,5- 500 miljonit aastat tagasi elanud organismide jäänustest. Antud töös vaadeldavatest mittetaastuvateks energiaallikateks on maagaas, kütteeõlid ning söed. Taastuvad kütused tekivad organismide elutegevusest ning neid tekib juurde vähemalt tarbimise piires. Vaadeldavas töös on selleks puit. [25]

Kasutatavad energiaallikad võivad olla nii vedelas, tahkes kui ka gaasilises olekus. Tahkete kütuste puhul on olulisteks näitajateks elementkoostis, niiskus, tuhasus (ka koostis), kütteväärtus, lendosa ja koks. Vedelate puhul on oluline lisaks teada leekpunkti temperatuuri, süttimis- ja hangumistemperatuuri ning viskoossust. [25]

Kütuseid on võimalik muundada ja töödelda ühest olekust teise. Näiteks halupuidu kuumutamisel üle 700°C vabanevad lendosad ning seda saab kasutada eraldi kütusena. Puidugaasi puhul on aga tegemist tehiskütusega, kuna looduses seda ei esine. Kõiki töötlemata kujul olevaid energiaallikaid liigitatakse looduslikeks kütusteks.

2.2 Maagaas

Maagaas on süsivesinikgaas, mis on tekkinud miljoneid aastaid tagasi orgaaniliste ainete lagunemise tulemusena. Saadakse puuraukudest gaasimaardlatest või nafta tootmisest. Põhiliseks koostisosaks on metaan (75-98%) ning lisaks võib sisaldada veel etaani, propaani, butaani, pentaani, vesiniku, väävelvesiniku, lämmastiku ning heeliumi. Koostis erineb piirkonniti. [11]

Eestis kasutatav maagaas tarnitakse Venemaalt. Põhiliselt tuleb kütus tarbijani jaotustorustike kaudu. Eestis on umbes 30 gaasivõrgu ettevõtet, kelle hallata on kokku umbes 3000 km gaasitorustikke. Maagaasi kasutatakse aastas umbes 700 miljonit m³ ning ööpäevane tarbimine on tugevas sõltuvuses ilmast. [15]



Sele 2.2. Maagaasi jaotustorustik Eestis [5]

Tabel 2.1. Venemaa maagaasi keemiline koostis ja kütteväärtus

Metaan, %	Etaan, %	Propaan, %	Butaan, %	CO ₂ , %	N ₂ , %	Kütteväärtus, MJ/m ³
98	0,10	-	-	0,30	1,60	33,5

Tabel 2.2. Maagaasi elementaarkoostis

Süsinik, %	Vesinik, %	Väävel, %	Lämmastik, %	Hapnik, %	Tuhk, %
73,90	24	-	1,50	0,10	-

Maagaasi hind ostes Eesti Gaas ASilt lõpptarbijale koosneb gaasi omahinnast (sõltub aastas kasutatava gaasi kogusest), aktsiisist (0,02814 EUR/m³), võrgutasust (0,03858 EUR/m³) ning käibemaksust. [4]

Tabel 2.2. Eesti Gaasi gaasi hinnad sõltuvalt kogusest [4]

Kasutatav kogus aastas, m ³	Hind, €/m ³	Ühe MJ hind, €
200	0,704064	0,021
200-750	0,536064	0,016
750-100 000	0,470064	0,014
100 000-....	0,458064	0,0136

Maagaasi eelised:

- Ei teki tuhka
- Hea automatiseeritavus
- Kõrge kütteväärtus
- Keskkonnasõbralik (väävlisisaldus peaaegu puudub)

Maagaasi miinused:

- Kõrge hind
- Saadavus piiratud ja tülikas piirkondades, kus puudub gaasijaotusvõrk

2.3 Kerge kütteõli

Kergeteks kütteõlideks on ahjukütus ning küttepetrool. Eraldi kasutatakse vastavalt aastaajale suvist või talvist kütteõli, mis erinevad üksteisest viskoossuselt ja hangumistemperatuurilt. Spetsiaalselt on ka väävlivabu kütteõlised (nimi sisaldab sõna „green“), mis on mõeldud katelseadmetele, kus pööratakse suitsugaaside puhtusele erilist tähelepanu. Näiteks kuivatusprotsessides ning kondensatsioonkateldes. [31]

Eestisse tarnitakse kerget kütteõli põhiliselt Soomest (Neste), kuid ka Leedust ja SRÜ riikidest. Neste toodab kütteõlisi nimega Tempera, millest enamlevinumad on Tempera 3 ja Tempera 22. Number nime järel tähistab madalaimat temperatuuri, mille juures kütust võib säilitada. [31]

Tabel 2.3. Suvise ja talvise kergekütteõli näitajad [25]

Näitaja	Suvine		Talvine	
	Ühik	Norm	Ühik	Norm
Tihedus 15 °C	kg/m ³	Max 860	kg/m ³	Max 860
Viskoossus (50 °C) mm ² /s	80...100	95	140...180	170
Fraktsioonkoostis				
10% mahust aurustunud	°C	Min 160	°C	Min 160
50% mahust aurustunud	°C	Max 280	°C	Max 280
100% mahust aurustunud	°C	Max 360	°C	Max 360
Kinemaatiline viskoossus (20 °C)	mm ² /s	Max 5,2	mm ² /s	Max 4,0
Leekpunkt	°C	Min 42	°C	Min 42
Hägustumispunkt	°C	Max -5	°C	Max -24
Filtreeritavuspunkt	°C	Ei normita	°C	Max -30
Hangumispunkt	°C	<-15	°C	<-35
10% jäägi koksiarv	Massi%	<0,35	Massi%	<0,35
Tuhasus	Massi%	<0,02	Massi%	<0,02
Üldine väävlisisaldus	Massi%	<0,5	Massi%	<0,5
Happesus	mg KOH/ 100cm ³	<5	mg KOH/ 100cm ³	<5
Veesisaldus	Massi%	<0,03	Massi%	<0,03
Kütteväärtus	MJ/kg	Min 41,0	MJ/kg	Min 41,0

Tabel 2.3. Kerge kütteõli elementaarkoostis ja kütteväärtus

Süsinik, %	Vesinik, %	Väävel, %	Lämmastik, %	Hapnik, %	Tuhk, %	Kütteväärtus, MJ/kg
86,60	13,20	0,30	0,20	0,30	-	42,7

Tabel 2.4. Kerge kütteõli hind Eestis [26]

Hind, €/l	Ühe MJ hind, €
0,709	0,014

Kerge kütteõli eelised:

- Suur kütteväärtus
- Ei teki tuhka
- Hea automatiseeritavus

Kerge kütteõli miinused:

- Vajab eraldi kütusehoidlat
- Sisaldab väävlit
- Põletamisel vabaneb ebameeldiv õlilõhn
- Kütuse kvaliteet on kõikum

2.4 Puitkütused

Traditsiooniliseks puitkütuseks on halupuit, kuid tänapäeval kasutatakse ära ka raie- ning puidutööstuse jääke, millest toodetakse pelletit, briketti ning hakkpuitu. Need kõik on kasutatavad lokaalkateldes kütusena. Vähem populaarsemateks energiaallikateks on puidugaas ning –süsi. [32]

Halupuiduks nimetatakse kindla pikkusega saetud ja lõhutud halge. Standard pikkusteks on 1; 0,75; 0,5; 0,33; ja 0,25 meetrit. Olulised näitajad on puidu liik ning niiskus. [25]

Hakkpuit on toodetud tarbepuiduks sobimatutest puudest, võsast või metsamajanduse jääkidest, mida töödeldakse puidupeenesti abil. Tavaliselt on tüki suurus 25-40 mm. Omadused ning näitajad võivad oluliselt erineda, kuna valmistamisel kasutatakse erinevat liiki ning niiskusega puitu. [10]

Puidubrikettiks nimetatakse kuivast peenest tootmisjäätmest pressitud suure rõhu all (70-200 MPa) sideaineta korrapärase kujuga toode, pikkusega 50-80 mm. Enamasti kasutatakse valmistamiseks saepuru. [25]

Pellet on puidujäätmest pressitud peened silindrilised tükid läbimõõduga 4-12 mm ning pikkusega kuni 30 mm. Valmistamiseks kasutatakse hõövlilaaste, saepuru või muid puidutööstuse jääke. Antud kütus on Eestis aina rohkem kasutatav ning lihtsasti kättesaadav, sest kodumaine toodang on suur. Suurimaks tootjaks on AS Graanul Invest, mis valmistab 800 000 tonni puidupelletit aastas. Pelleti suureks eeliseks on väga hea automatiseeritus sarnaselt vedel- ja gaasiküttele, kuid 2 kuni 3 korda odavam hind. [6]



Sele 2.3. Puitkütused [9]

Metsast saadakse puitu umbes 59%-69%, ülejäänud osa moodustavad kännud, oksad ja koor. Eestis oli metsamaad 2010. aastal 2,2 miljonit hektarit ehk pea pool maismaast. Puidutagavara oli 458 000 000 m³, millest 34% männikud, 31% kaasikud ning 16% kuusikud. [25]

Puidu koostis ning omadused erinevad liigist, kuid üldehituselt on sarnased. Puidurakkude kest koosneb põhiliselt tselluloosist (40%-45%), ligniinist (16%-33%) ning hemitselluloosist (25-40%), millest kõrgeima kütteväärtusega on ligniin. Väga oluliseks puidu kütteväärtuse mõjutajaks on niiskus, mida värskelt langetatud puus on lausa 50%. Ülejäänud osa moodustab kuivosa, millest umbes 85% lendainet, 14,5% koksi ning 0,5% tõrva. [10]

Pelleti, briketti ning hakkpuidu tootmisel kasutatakse tihti erinevat liiki puitu ja võsa. Nende uurimiseks tuleb lähtuda kasutatud liikide omadustest arvestades koguseid.

Tabel 2.5. Puiduliikide keemiline koostis

Puuliik	Süsinik, %	Vesinik, %	Hapnik ja lämmastik, %	Tuhk, %	Kütteväärtus, MJ/kg
Mänd	50,60	6,20	43,20	0,60	19,4
Kuusik	51,50	6,20	42,30	0,40	19
Kask	51	6,20	42,80	0,50	19,4
Haab	49,20	6,10	44,70	0,60	18,4
Lepp	51,10	6,20	43,70	0,70	18,5

Tabel 2.6. Ülevaade puitkütuste hindadest Eestis [22]

Puuliik	Hind	Kütteväärtus, MJ/kg	Ühe MJ hind, €/MJ
Halupuud	50 €/ruum	19	0,005
Hakkpuit	37 €/tm	19	0,004
Brikett	0,17 €/kg	16	0,01
Pellet	0,2 €/kg	17	0,011

Puitkütuste eelised:

Taastuv kütus

2 kuni 3 korda odavam fossiilsetest kütustest

Vähe väävlit

Kodumaine kütus

Puitkütuste miinused:

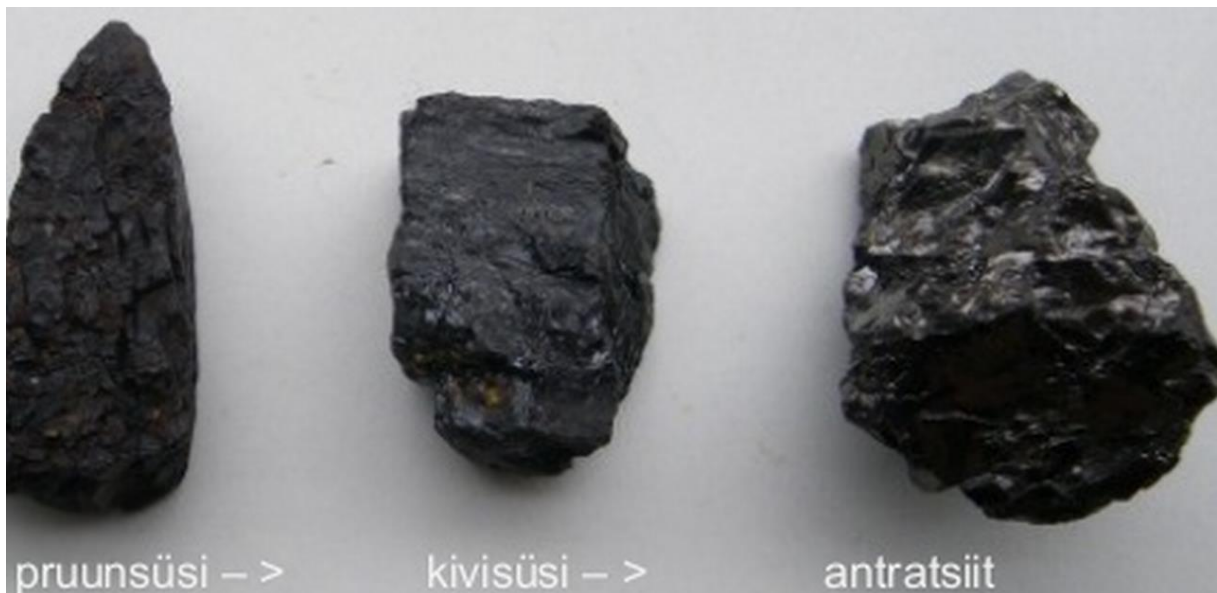
Põletamisel tekib tuhka

Vajab kuiva kütusehoidlat

Sisaldab tõrva

2.5 Looduslikud söed

Looduslike sütena tuntakse suure süsinikusisaldusega maavara, mis on tekkinud taimse materjali mattumisel ning mittetäielikul lagunemisel. Neid jaotatakse vintriniidi peegeldavuse keskmise näitaja järgi antratsiidiks, kivisöeks ja pruunsöeks. Erinevuse määrab mattumissügavus ning aeg. [31]



Sele 2.4. Söed [28]

Antrasiidid on vanim ning suurima süsiniku sisaldusega süsi. Iseloomulikeks omadusteks on suur tihedus ning metalliline läige. Antrasiidid jagunevad veel omakorda kolmeks lendosasisalduse järgi: meta-antrasiit (lendosi alla 2%), antratsiit (2-8%) ning poolantrasiit (8-14%). Suure süsinikusisalduse tõttu on põlevaine kütteväärtus ligilähedane puhta süsiniku kütteväärtusele. [25]

Kivisüsi on musta või hallikasmusta värvi süsi, mille lendosasisaldus ei üle 9%. Eristatakse nelja erinevat kivisöe liiki: läikiv, poolläikiv, matt ning kiuline. [25]

Pruunsüsi on pruunikas klaustobioliit, millel on suur lendosasisaldus (üle 40%). Võrreldes kivisöega on pruunsöel suur hügroskoopsus, suurem hapnikusisaldus ning väiksem süsinikusisaldus. Viimase näitaja tõttu on ka kütteväärtus madalam. Pruunsüsi pikaajaline hoiustamine on probleemne, kuna võib isesüttida suure lendosa sisalduse tõttu. Briketeeritud pruunsütt on võimalik põletada kivisöe põletamiseks mõeldud koldes. [25]

Tabel 2.7. Söede keemiline koostis ning kütteväärtus

Söe liik	Süsinik, %	Vesinik, %	Hapnik, %	Väävel, %	Kütteväärtus, MJ/kg
Pruunsüsi	60-70	6	17-34	0,5-3	10,5- 15,5
Kivisüsi	70-90	6-4	10-3	1	20- 30
Antrasiit	>91.5	<3.75	<2.5	1	25- 30

Tabel 2.8. Söede saadavus ja hinnad Eestis [8]

Söe liik	Hind, €/kg	Ühe MJ hind, €/kg
Pruunsüsi	Eestis müüjad puuduvad	-
Kivisüsi	0,181	0,007
Antrasiit	Eestis müüjad puuduvad	-

Söede eelised:

Suur kütteväärtus

Söede miinused:

Väike müüjate turg Eestis

Tekib tuhka

Sisaldab väävlit

2.6 Turvas

Turvas on tekkinud samal viisil nagu looduslikud söed, kuid mattumissügavus ning aeg on palju väiksemad. Turba edasisel ladestumisel saaks sellest süsi. Seega on turvas geoloogilise vanuse järgi söe kõige noorem liik. Kuigi turvast tekib 0,5- 1 millimeeter aastas liigitatakse see siiski mittetaastuvate kütuste alla, sest tekib juurde vähem kui tarbitakse. [25]

Turba puhul saab eristada kahte alatüüpi- vähelagunenud kõrgsoo- ehk rabaturvas ja hästi lagunenud madalsooturvas. Esimest kasutatakse absorbeerivate materjalide tootmiseks ja allapanuna loomakasvatuses. Kütuseks sobib hästilagunenud madalsooturvas, mida kasutatakse ka väetisena, keemiatööstuses ning meditsiinis. Kaevandatud materjalist toodetakse freesturvas freesimise, pööramise, vallitamise, kogumise ning aunatamise teel. Töödeldud lõpp produkti edasi töötlemisel saab valmistada tükkturvast, turbabriketti ja -pelleteid. [30]

Kõige rohkem kasutatakse ja toodetakse maailmas freesturvast, lausa 95% kogu toodangust. See sobib kõige paremini suurtarbijale. Briketti kasutatavad põhiliselt üksikkütjad, tükkturvast aga mõeldud rohkem väiketarbija kateldele. Seda põhjustab asjaolu, et automatiseeritud etteandega katelde puhul sobib pressturvast paremini kui brikett. Tükkturvast on võimalik kasutada nii käsietteande kui ka automatiseeritud etteande puhul. [27]

Eestis on soid üle 1 000 000 ha, milles põletamiseks sobilikke turbavarusid umbes 1 000 000 000 tonni. Reaalselt on aga kättesaadav vaid 360 000 000 tonni. Suurimad sood asuvad Ida-Virumaal ning Pärnumaal. [25] Eestis toimub freesturba tootmine mai algusest augusti lõpuni. [30]



Sele 2.5. Turvas [30]

Tabel 2.9. Eesti turba keemiline koostis

Kütus	Süsinik, %	Vesinik, %	Hapnik, %	Väävel, %
Turvas	50-55	6	35-45	0,1-0,8

Tabel 2.10. Küteturbade näitajad

Kütus	Niiskus, %	Tuhasisaldus, %	Väävlisisaldus, %	Kütteväärtus, MJ/kg
Freesturvas	35-50	2-11	0,35	9,1- 10,5
Tükkurvas	25-40	2-11	0,35	11,1- 12,8
Turbabrikett	10-14	2-11	0,35	16- 16,8
Turbapellet	10-20	2-11	0,35	15,2- 17,6

Tabel 2.11. Ülevaade küteturba hindadest Eestis [7]

Kütus	Hind, €/kg	Ühe MJ hind, €/MJ
Freesturvas	0,11	0,011
Tükkurvas	0,12	0,01
Turbabrikett	0,121	0,0074
Turbapellet	0,12	0,0073

Turba eelised:

Kodumaine kütus

Sisaldab vähe väävli

Turba miinused:

Vajab kuiva kütusehoidlat

Tekib tahma

2.7 Kütuste võrdlus ning valik

Lokaalkütte valiku puhul kütuse järgi tuleb läbi mõelda mitmed olulised tegureid. Mõni esmapilgul odav kütus võib osutuda palju kulukamaks. Esiteks vajavad osad kütused eraldi spetsiaalseid kütusehoidlaid, näiteks vedelkütus mahutit, puit ulualust. Samuti on kasutegur kütuste põletamisel erinev. Suurema mineraalosa kütused saastavad küttepindu rohkem, seega on vajalik tihedam hooldus. Oluliseks teguriks on ka automatiseeritus- teatud kütuste puhul pole see võimalik. Arvesse tuleb võtta ka kütuse kättesaadavust ning hinda piirkonnas.

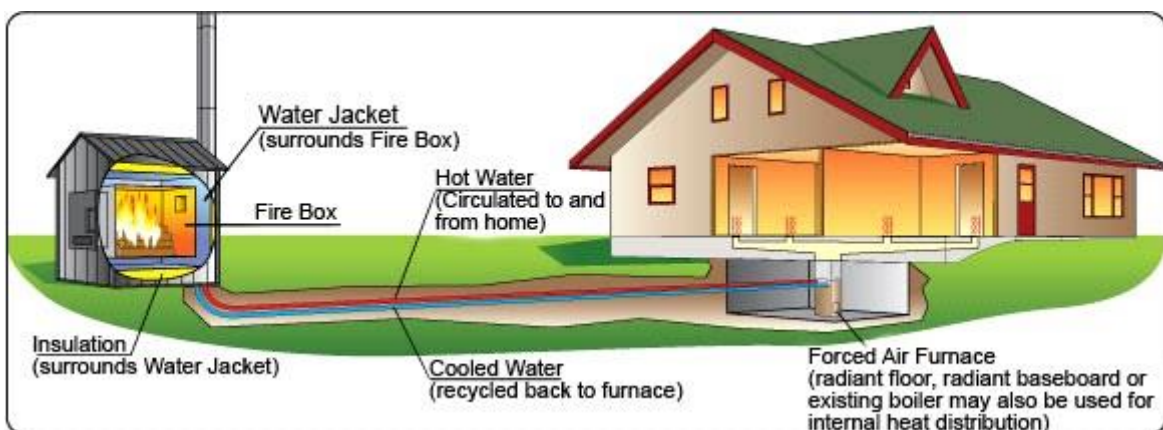
Igal kütusel on omad plussid ja miinused ning nende põhjal tulekski valik teha vastavalt vajadustele ning soovidele. Õli- ja maagaasi põletamine on hästi automatiseeritav ning küttepinnad eriti ei saastu väikese mineraalosa tõttu. Samas kütuse hind kalleim. Enamus biokütuse puhul tuleb aga arvestada etteandesüsteemi ning kütuselao ehitamis kuluga ning suhteliselt tiheda katla hooldusega. Samas hind oluliselt odavam fossiilsetest kütustest.

3. LOKAALKATLAD

Lokaalkateldeks on seadmed, mida kasutatakse kütuse energia muundamiseks soojuseks. Need asuvad köetavatest ruumidest väljaspool ning võib kasutada mitme hoone soojaga varustamiseks. Kütusteks on orgaanilise päritoluga põlevmaavarad, bioloogilised taastuvad kütteained ning nende töötlemissaadused. [25]

Katla põhiosaks on tema kolle, kus toimub kütuse energia muundamine soojusenergiaks põlemise teel. Saadud soojus kantakse edasi küttepindadele läbi metallist soojusvahetuspinde veele või termoõlile. Kollete järgi käib lokaalkatelde liigitus: rest- ning kamberkolded. [14]

Lokaalkateldest saadavat soojust kasutatakse enamasti hoone või hoonete kütmiseks ning sooja tarbevee tootmiseks. Vesi või termoõli kuumutatakse ette antud temperatuurini. Edasi juhitakse soojuskandja soojusvahetitesse, kus antakse energia üle köetavale keskkonnale (õhule või külmale veele). Tihti kasutatakse ka akumulatsiooni paaki energia salvestamiseks. Maha jahtunud soojakandja tagastub katlasse. Termoõlile või veele antav energia maht on tugevas sõltuvuses välisõhu temperatuurist. Mida madalam on välisõhu temperatuur seda rohkem energiat tuleb kulutada, et hoones hoida soovitud kliima ning ettenähtud soojavee temperatuur. [27]



Sele 3.1. Lokaalkütte skeem elamule [16]

3.1 Restkolleded

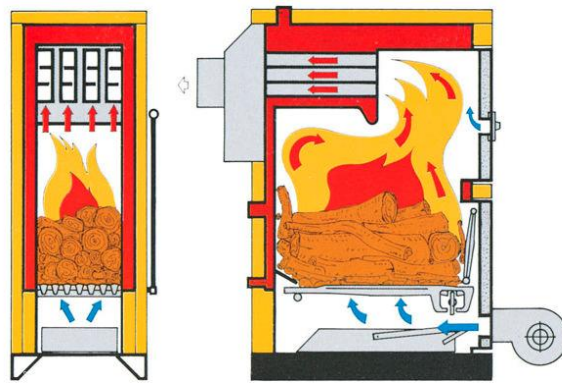
Tahkekütuste põletamiseks kasutatakse enamasti kiht- ehk restkoldeid. Need kolded jaotatakse omakorda tiheda kütusekihiga ning keevkihtkoldeks. Viimase puhul saab vaadelda kahte erinevat tehnoloogiat: tsirkuleeriv ja statsionaarne. Lokaalkatelde puhul on kasutusel vaid tiheda kütusekihiga kolded. [25]

Antud kolletes on kütusekiht restil, kuhu suunatakse alt primaarõhku ja ülevalt sekundaarõhku. Tiheda kütusekihiga kolletes tuleb anda hapniku piisavalt täielikuks põlemiseks, kuid samas ei tohi tükki-kütus restilt minema lennelda. Selleks peab olema ette antav kütuse tükisuurus võimalikult ühtlane. Minema kanduv peenike puru põleb ära kolde mahus lendosadega. [25]

Restkolletega katlaid saab jagada põlemise järgi kolme klassi: ülemise põlemisega, alumise põlemisega ning pöördleegiga ehk alltõmbega katlad. Eraldi tehnoloogiana saab veel eristada universaalkatlaid. [25]

3.1.1 Ülemise põlemisega

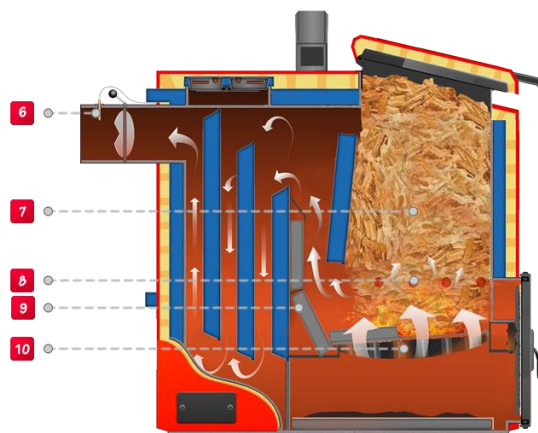
Ülemise põlemise korral toimub tahkete põlemisproduktide, termiline lagunemine ja lendosade põlemine samas koldekambris. Tegemist on kõige traditsioonilisema koldega, mis on mõeldud algselt lendosavaeste kütuste põletamiseks. Enamus soojust eraldub kiirguse teel kolde seintele. Suitsugaasid eralduvad tavaliselt korstna loomuliku tõmbe abil. Põlemisest tekkinud tuhk kukub läbi resti tuhakasti. Ülemise põlemisega katelde puhul on soovitatav töötada vaid nominaalvõimsusel, sest osalisel koormusel on põlemata osa põlemisgaasis suhteliselt kõrge. Selleks kasutatakse enamasti antud tehnoloogia puhul ka soojussalvestit. Oma lihtsa konstruktsiooni pärast on tegu odavaima lokaalkatлага eramu kütmiseks. [25]



Sele 3.2. Ülemise põlemisega katel [2]

3.1.2 Alumise põlemisega

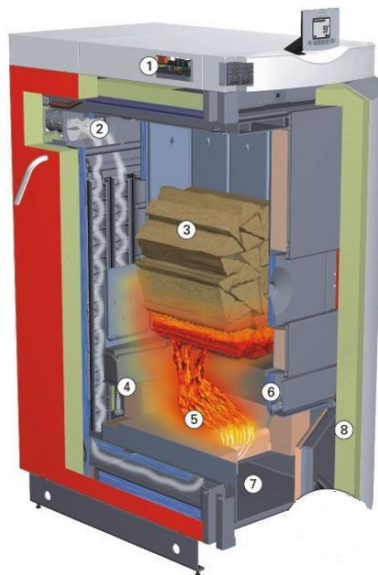
Alumise põlemisega katla puhul asub resti kohal kütuse šaht, kust valgub ärapõlenud kütuse asemel pidevalt uus peale. Sellise tehnoloogia eeliseks on kütuse pidev kuivenemine ja kuumenemine allapoole langedes. Resti läheduses toimub kooksi põlemine ning lendosa eraldumine. Lendosa põleb lõpuni eraldi paiknevas kambris. Primaarõhku suunatakse alumise põlemisega katla puhul restile ning sekundaarõhku lendosade põlemiskambrisse. Suitsugaasid ja tuhk eraldatakse samal viisil nagu eelmises peatükis vaadeldud restkolde puhul. Nende katelde põlemine on küll stabiilsem ning kasutegur suurem kui ülemise põlemisega katedel, kuid kuni 50 % kallimad. [25]



Sele 3.3. Alumise põlemisega katel Master (6- suitsugaaside ava; 8- kolle; 10- tuharest) [19]

3.1.3 Alttõmbega

Alttõmbega ehk puugaasikatel puhul toimub põlemisprotsess kahes astmes. Koldes gaasistatakse kütus suurel kuumusel, kust need liiguvad edasi läbi keraamilise resti järelpõlemiskabrisse. Seal toimub vabanenud gaaside põletamine kõrgetel temperatuuridel. Kuna põlemistingimused on väga head, siis põlemiskambri maht on väiksem ning kasutegur kõrgem (üle 90%) kui alumise põlemisega katlal. Keraamilise resti suure takistuse tõttu vajatakse põlemisõhu- ja tõmbeventilaatorit. Tegu on uusima tehnoloogiaga tahkekütuste põletamisel, seega seetõttu on ka neil kõrgeim hind eelnevate vaadeldud kateldega võrreldes. [25]



Sele 3.4. Alttõmbega katel (2; suitsugaaside käik; 3- kolle; 4- küttepinnad; 5- järelpõlemiskolle; 6- primaarõhu ava; 7- tuhakast; 8- sekundaarõhu ava) [12]

3.1.4 Universaalkatel

Universaalkatla puhul on katlas kaks teineteisest sõltumatut kollet, kus ülemises toimub tahkekütuste ning alumises automaatse etteandega kütuse (vedel- või gaaskütus, pellet) põletamine. Mõlemat kollet saab ka korraga kasutada, kuid võib ka eraldi. Teise varjandi puhul lülitab automaatika alumise põleti sisse alles siis, kui vee temperatuur langeb alla etteantud suuruse. Enamasti on katel varustatud ka elektriküttekehaga või võimalus selle paigaldamiseks, seega on väga lai valik millega kütta. Kuna katlal on mitu kollet ning põletit siis on tegu väga kallite seadmetega. Universaalkatel tasub vaid juhul ära, kui on pidevalt

tahke kütusena kasutatavaid jäätmeid ning on oluline erinevate energiaallikate kasutamine. [25]

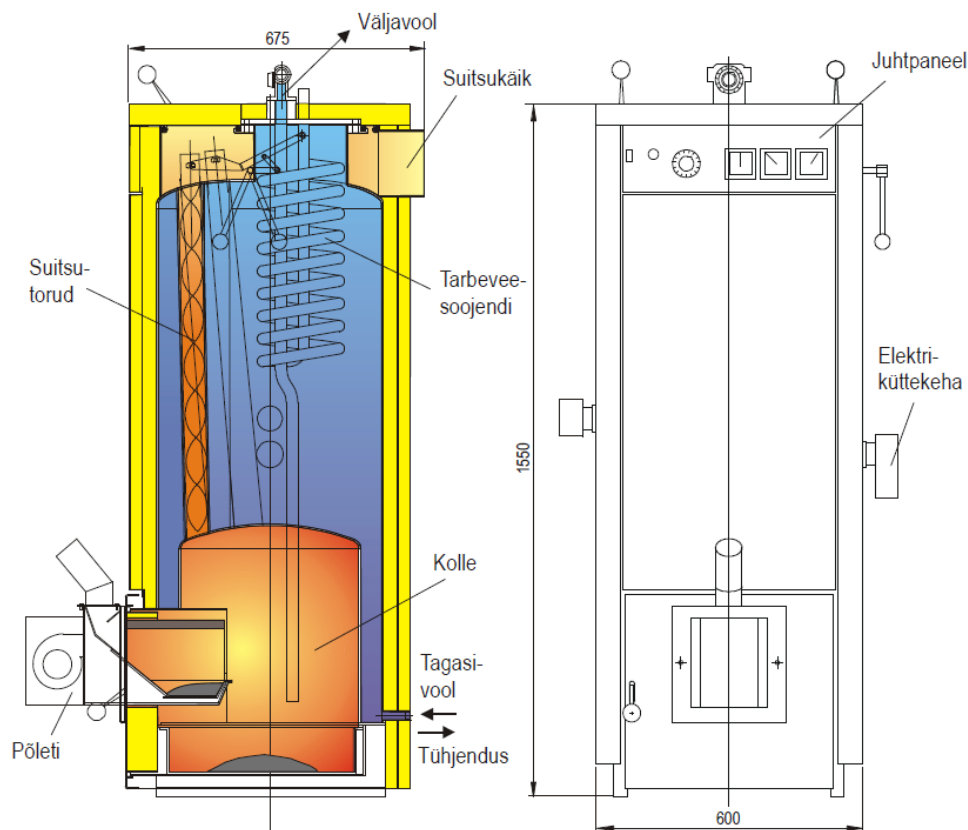


Sele 3.5 Universaalkatel Multimax [3]

3.2 Kamberkolded ja nende põletid

Kamberkollete oluliseks osaks on põleti, mis segab kütuse ja põlemisõhu ning suunab need koldesse. Segu liigub läbi koldekambri mahu, kus toimub põlemisprotsess. Liikumise järgi saab koldeid liigitada kaheks: keeris- ning otsevoolukolle. Esimese puhul toimub liikumine tsirkuleerivalt, teise puhul on liikumine aga otsevooluline. Sellise tehnoloogiaga saab põletada vedel-, gaas- ning tahkekütuseid. Kolded on iga kütuse puhul suhteliselt lihtsa ja sarnase ehitusega, suurem erinevus tuleneb põletitest. [25]

Gaas- ja vedelkütuseid saab enamasti põletada samades kolletes ning neil on enamasti kombineeritud gaas-vedelkütusepõletid. Seda võimaldab mõlema kütuseliigi suur sarnasus: ei teki tuhka ning põletamine toimub gaasilises olekus. Universaalse kamberkolde projekteerimisel tuleb aga siiski arvestada teatud kütuste iseärasusega: vedelkütus peab enne süttimist aurustuma ning saab alles koldes seguneda õhuga, samuti on kiirusomadused gaaskütusest paremad. [25]



Sele 3.5. Kamberkoldega katel PELLE [25]

3.2.1 Gaaspõletid

Gaaskütuste põletamiseks kasutatakse injektioon- ning sundsegunemispõleteid. Injektioonpõletite puhul saabub kütus düüsi suhteliselt väiksele kiirusel ning suurel rõhul. Düüsi väljumisel seguneb turbulentsne gaasijuga segunemiskambris oleva õhuga. Lõpuks läbib segu difuusori, kus langeb rõhk ning tõuseb kiirus, ning suudmes oleva stabilisaatori. Õigesti projekteeritud ning reguleeritud injektioonpõletis tagab kütuse täieliku põlemise. Oluline on hoida koldes ühtlast hõrendust, et tagada gaasi ja õhu ühtlane segunemine. [33]

Sundsegunemispõletid jagavad gaasi peenikesteks jugadeks ning suunab need keerilistesse õhujugadesse nii, et oleks tagatud nende ühtlane segunemine. Gaasi kiirus on enamasti õhu omast 2,5 kuni 5 korda suurem. Lõplik segunemine toimub turbulentsse difusiooni vahendusel põleti suudme lähedal. Sundsegunemispõletid saavad olla suurema võimsusega ja on ohutumad kui injektioonpõletid. [33]

Väiksematel kateldel on põleti enamasti juba külge ehitatud, suuremate puhul tuleb tihti see eraldi juurde osta. Näiteks Viljandi Metall AS pool toodetavale katlale PELLE võib paigaldada pelleti-, õli- või vedelküttepõleti. Gaasipõletite suureks eeliseks on see, et nende nominaalvõimsus on suures vahemikus reguleeritav ja väga töökindlad. Samuti on hooldusvälp pikk.



Sele 3.6. Gaasi põleti Bentone STG 120-2 [20]

3.2.2 Vedelkütuste põletid ning pihustid

Vedelkütuste puhul toimub põletamine aurufaasis, kuna keemistemperatuur on madalam süttimistemperatuurist. Seega intensiivsema ning efektiivsema põlemise saavutamiseks kütus pihustatakse peenikesteks tilkadeks. Seeläbi suurendatakse aurustuspinda. Samuti tagab see ühtlasema ning parema õhuga segunemise. Pihustamisel aga tekivad erineva suurusega tilgad, mis põlevad erineval kiirusel. Põlemise lõpliku aja ning täiuslikkuse määravad just suurema läbimõõduga tilgad. [25]

Leegi kuju sõltub oluliselt kasutatavatest pihustitest. Laiemalt saab vaadelda kahte erinevat tüüpi: otsevoolu- ning keerispihusteid. Esimesel juhul suunatakse õhk pihusti suudme juurde väljastpoolt ning kütuse aurustumisel seguneb. Täielik põlemine toimub järelpõlemistsoonis. Keerispihustite korral antakse vedelkütuse tilkadele keeriseline liikumine ning paisatakse laiali tsentrifugaaljõu mõjul. Selline viis on efektiivsem ja intensiivsem kui otsevoolupihustite korral. [33]

Pihusteid saab vaadelda veel, mis energia arvelt kütuse pihustamine toimub. Mehaanilistes pihustites toimub see kütuse rõhu arvelt. Vedelkütusele antakse suur kiirus ning tihti ka keeriseline liikumine düüsi abil. Selliste pihustite puhul peab vedelkütuse rõhk olema vähemalt 1 MPa ning kütus peab olema hoolikalt filtreeritud, et vältida ummistuste teket. Maksimaalne kasutatav rõhk on 3,5 MPa. Tootlikust saab vähendada kuni 53% protsendini rõhku muutes. [33]

Rotatsioonpihusteid nimetatakse ka rotatsioonpõletiteks, sest komplekti kuulub ventilaator, õhuaparaat ning vahest ka kütusepump. Pihustamine teostatakse pöörleva pihustuskoonuse ja õhujugadega. Kütust antakse pihustuskoonuse (pöörleb 6000 kuni 7000 p/min) sisepinnale, kust see tsentrifugaaljõu mõjul laiali paiskub kelmena ning laguneb tilkadeks. Kelme parema pihustumise saamiseks juhitakse pihustuskoonust ümbritsevast pilust õhku. Tegu on väga heade pihustitega, kuna saab kasutada 15% kuni 100% koormuse vahemikus ning ei vaja kütuse filtreerimist. Miinuseks on keerukas konstruktsioon ning müra töötamisel. [33]



Sele 3.7. Kerge kütteõli põleti Bentone ST50 [20]

3.2.3 Tahkekütuse põletid

Tahkekütuse põletamiseks vajalikud seadmed on kütusepunker etteandeteoga, juhtplokk, põleti ning pealevoolutoru. Põleteid saab liigitada kolmeks kütuse etteande järgi: ülemise, horisontaalse ning alumise. Tööpõhimõttelt on kõik sarnased. Etteandesüsteem annab kütust põlemisepeaga põletisse või restile. Sellega saab reguleerida võimsust. Resti alt suunatakse primaarõhku, mis puhastab ka resti tuhast, ning sekundaarõhku põlemisprotsessi kohale. Enamasti kasutatakse tahkekütuste põletite puhul kütuseks pelletit. [14, 25]

Ülemise etteande puhul on tegemist kõige lihtsama konstruktsiooniga, kuid vajab hea kvaliteediga kütust. Põlemine toimub restil, kuhu kütus jõuab etteande toru kaudu. Tuhk eemaldatakse primaarõhu abil. [25]

Horisontaalse etteandande puhul jõuab kütus põlemisrestile põleti korpuses asuvast horisontaalselt asetsevast seesmisest teost. Primaar- ja sekundaarõhu etteanne ning tuha eemaldus toimub samal põhimõttel nagu ülemise etteande puhulgi. Eeliseks eelmise põleti ees on ühtlasem kütuse restil anne ning pole nii tundlik kvaliteedi suhtes. [25]

Alumise etteande puhul antakse kütust horisontaalselt asuvast teost alt poolt läbi pöördkambri põlemispeale. Tuhk langeb põleti äärtelt maha uue kütuse peale tulekuga. Seetõttu on võimalik kasutada põletada ka suure tuhasisaldusega kütuseid. Keerulise konstruktsiooni tõttu on tegu kõige kallima tahkekütuse põletiga. [25]

3.3 Kondensatsioonkatlad

Koldest lahkudes on suitsugaasides veeauru, mille soojusmahtuvus on suur. Veeaur tuleb koldesse põlemisõhuga, kütuse niiskuse vabanemisel ning vesiniku põlemisel. Enne korrosioonikindlate teraste tundumist ja kasutamist ei olnud võimalik seda soojust kätte saada ning suitsugaaside temperatuur katlast lahkudes pidi olema kõrgem kastepunktist, et mitte kahjustada küttepindu. Seetõttu kondensatsioon soojust ei arvestatud üldse kütuse kütteväärtuse hulka. Tänapäeval nimetatakse seda alumiseks kütteväärtuseks. [25]

Roostevaba terase kasutuselevõtt katlaehituses lubas suitsugaaside temperatuuri jahutada alla kastepunkti, kondenseerida veeaur ning vabanenud soojus ära kasutada. Neid katlaid nimetataksegi kondensatsioonikateldeks. Selliste katelde puhul saab kasutada kütuste puhul ülemise kütteväärtuse mõistet, mis arvestab ka veeauru kondenseerimisest saadavat soojushulka. Euroopas kasutatakse kasuteguri määramiseks aga alumist kütteväärtust, seega kondensatsioonikatelde puhul võib kasutegur olla üle 100% (näiteks maagaasi puhul kuni 111%). [25]

3.4 Päikeseküttesüsteem

Aastasadu on inimesed kasutanud päikeseenergiat viljade ja taimede kasvatamiseks kasvuhoonetes. Tänapäeval on loodud selle energia efektiivsemaks ja laiaulatuslikumaks ära kasutamiseks erinevaid tehnoloogiaid alates lihtsamatest peegelsüsteemidest kuni nanotehnoloogiani. Laiemalt võttes on kaks tehnoloogiat: päikesekollektorid ja –paneelid. Esimesi kasutatakse soojavee ning teisi elektrienergia tootmiseks. [23]

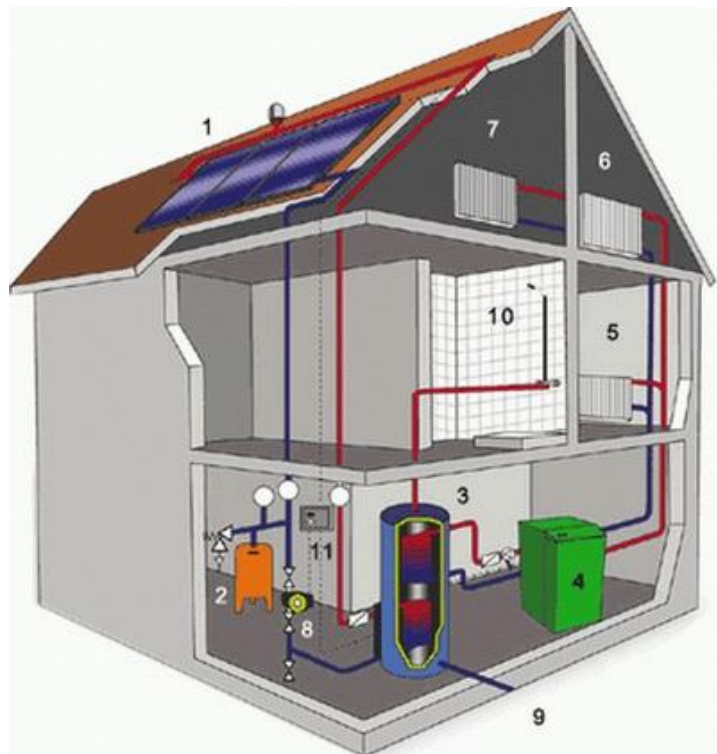
Päikeseküttesüsteemiks nimetatakse päikeseenergia kombineerimist põhiküttesüsteemiga. Päikeseenergia soojuseks muundamiseks kasutatakse kollektoreid, sest nende kasutegur on suurem. Kütteperioodil toetab sellise kombineeritud süsteemi puhul päikesekollektor põhiküttesüsteemi. Eesti tingimustes suudavad kollektorid katta kogu sooja tarbevee koormuse märtsi lõpust oktoobri alguseni, kuid peale seda tuleb appi võtta põhiküttesüsteem. Kütteperioodil toetab põhiküttesüsteemi kuni 35%. Selline kombineeritud süsteem aitab hoida küttekulusid kokku kuni 50% aastas. [31]

Päikesekollektorid paigaldatakse katusele ning ühendatakse hoones asuva akumulatsiooni paagiga. Süsteemis kasutatakse soojuskandjaks antifriisi. Päike soendab katusel olevaid paneele, mille abil tõstetakse soojuskandja temperatuur kuni 90 kraadini. Sealt liigub vedelik akumulatsiooni paaki, kus energia antakse üle kütte- või soojaveesüsteemile. [31]

Päikeseküttesüsteemi puhul kasutatakse tasapinnalisi või vaakumtorudega kollektoreid. Tasapinnaline kollektor on kaetud karastatud kiirgusneelava klaasiga. Selle all asub vasktorust soojusvaheti, milles ringleb külmumiskindel soojuskandja. Vaakumtorudega kollektor koosneb vaakumtorudest, mis neelavad kiirguse ning kannavad soojust edasi vasktorus liikuvale soojuskandjale. Keerulisema ehitusetõttu on teine variant küll kallim, kuid efektiivsem, sest säilitab kõrge neeldavuse päikese erinevatel kiirgusnurkadel ja välistemperatuuri alanedes. Lisaks toimib osaliselt ka hajuskiirguse korral. Samas on tasapinnalist kollektorit lihtsam lumest puhastada. [23]

Eesti oludes on soovitatav elamule pindalaga 100-150 m² paigaldada päikesekollektoreid pindalaga 12- 20 m² ning akumulatsioonipaak mahuga vähemalt 200 liitrit. Sellise süsteemi juurde ehitamine on eriti efektiivne, kui on juba olemas põhiküttesüsteem suure akumulatsioonipaagiga, kuhu lisatakse soojusvaheti. Kollektoreid on võimalik paigaldada nii katusele kui ka maapinnale. [23]

Päikeseküttesüsteemi maksumus ning tasuvusaeg oleneb kollektorite tüübist, paigaldamise asukohast (maapind/katus, nurk päikese suhtes), sooja tarbevee kasutamisest ja olemasolevatest küttesüsteemist majapidamises. Suurimad kulud ongi ostes ja paigaldades, jooksvad kulud on madalad. Mida rohkem kasutatakse päikeseenergia abil toodetud soojust, seda kiiremini tasub selline kombineeritud süsteem end ära. [23]



Sele 3.8. Päikeseküttega kombineeritud süsteemi skeem (1- päikesepaneelid; 3- akumulatsiooni paak; 4- katel; 5, 6, 7- küttesüsteem; 10- vee süsteem; 11- juhtpaneel) [23]

3.4 Katelde hooldus

Katla tööea ning maksimaalse kasuteguri säilitamiseks peab neile teostama vastavalt tootja poolt etteantud vahemiku järel hooldust. See hõlmab põleti ning katla puhastamist, filtrite vahetust, sisemist keemilist puhastust ning üleüldist visuaalset kontrolli. Hooldusvälp on enamasti tahkekütusel töötavatel kateldel lühem kui gaasil ja vedelkütuse korral. See tuleneb suuremast mineraalosa sisaldusest, mis ei põle ning settib küttepindadele (välimine saastumine). Sellised sadestised võivad olla nii pudedad ja lahtiselt kui ka kõvad ning tugevalt

küttepinnal kinni. On veel palju vahepealseid vorme. Nende olek sõltub põletavast kütusest, põletamis meetodist, põlemisgaasi kiirusest jne. Samuti põhjustab probleeme soojuskandja poolne saastumine (sisemine saastumine). Saastajateks on soolad, katlamuda ja –kivi. [29, 33]

Sadestiste tõttu väheneb soojusvahetus kolde ja soojuskandja vahel ning seega ka kasutegur, sest suitsugaasid lahkuvad katlast kõrgemal temperatuuril. Välised sadestised põhjustavad veel gaasitrakti aerodünaamilist takistust, mille tulemusel suureneb suitsutõmburi elektrikulu. [33]

Lokaalkateldele teostatakse tavaliselt koldepoolset hooldust mehaaniliselt käsitsi või spetsiaalsete seadmetega. Sisemise hoolduse puhul kasutatakse enamasti kemikaale või läbipesu. Viimast tuleks teostada vähemalt iga kahe aasta tagant, kuid soovitatavalt iga aasta. Välimise hoolduse tihedus sõltub kasutatavast kütusest, kuid vähemalt iga kuu aja tagant. [1]

Eestis on umbes 14 firmat, mis pakuvad erinevaid hoolduseid kateldele. Teenuste hinnad enamasti jäävad 20€ ja 100€ vahemikku, olenevalt katlast ning selle suuruselt. Koldepoolsed hooldused on aga suhteliselt lihtsad ning teostatavad ilma spetsialistide abita katla kasutusjuhendi järgi. Näiteks pelletikatelde puhul tuleks iga nädala aja tagant ära kraapida küttepindadele tekkinud tuhk ja tahm, tühjendada tuhapann ja tuharest. Seda saab teha kühvli ja harjaga, mis on katlaga kaasas. [29]

3.6 Lokaalkatelde valik ning turu ülevaade Eestis

Katla valikul tuleks alustada vajatavas võimsuse arvutamisest. Aluseks tuleb võtta tippkoormuse (talvel) ajal vajatav soojushulk, vastasel juhul tuleb sel ajal kasutada lisa kütteseadet. Üldiselt vajatav võimsus hoonetüübi järgi:

- 8–50 kW ühepereelamu
- 50–100 kW paarismaja või väiksem ridaelamu
- 100–200 kW väiksem kortermaja
- 200–300 kW keskmine kortermaja
- kuni 500 kW suurem korterelamu, koolimajad, haiglad

Katla valiku puhul on otstarbekas teostada majanduslikud arvutused arvestades investeeritavat summat. Tehnoloogiate hinnad on väga erinevad ning tihti vaja juurde erinevaid lisaseadmeid. Investeeringu suuruse mõjustaks on ka kütuse etteanne: käsitsi või automatiseeritud. Esimene

on küll oluliselt odavam, kuid kütteperioodil tuleb käia katelt pidevalt täitmas. Kirjutamata reegel on, et mida kallim on kütus seda odavam on põletamiseks sobiv katelseade. Samuti on enamasti odavate kütuste puhul miinuseks madalam põletamis kasutegur, mis võib oluliselt muuta tegelikku kütuse hinda ühe kättesaadava MJ kohta. Näiteks puiduhalu põletamisel algavad kasutegurid lokaalkateldel 75%, kuid gaasi põletamisel on sama näitaja üle 90%. [25]

Kohalikke lokaalkatelde tootjaid on Eestis väga vähe. Ainukesed on Viljandi Metall AS ja Rapla Metall OÜ. Esimene pakub pelletikatel PELLE, millele saab paigaldada ka vedel- või gaaskütte põletit, ja teine puitkütuse katelt LUK. Parem olukord on aga edasimüüjatega, millega tegeleb 27 firmat. Ülevaate Eestis tegutsevatest edasimüüjatest ja nende poolt pakutavatest kateldest annab Tabel 3.1. Päikeseküttesüsteeme pakkuvaid firmasid, nii paigaldust kui ka edasimüüjaid, on samuti väga palju ning tootevalik suur.

Tabel 3.1. Lokaalkatelde edasimüüjad Eestis ning nende poolt pakutavad tooted

FIRMA	KODULEHT	PAKUTAVAD KATLAD
ART Kütteseadmed OÜ	http://www.kytteseadmed.ee/	Teraskatlad SIMPLEX, PACK-P; pelletikatel ULMA
AS TERMOX	http://www.termox.ee/	Gaasi- ja õlikatlad ACV
AVM-TERM	http://www.avmterm.ee/	Pelletikatlad PELLE, LUK; malmkatel VIADRUS; puugaaskatlad ATTACK ja DPX
Din Energiaservice OÜ	http://www.din.ee/	Õli- ja gaasikatlad Lamborghini
Efipa OÜ	http://www.efipa.ee/	Pelletikatlad, altpõlemisega katlad KALVIS
ET Torel OÜ	http://www.ettorel.ee/	Puugaasikatel ATMOS; malmkatel FERROLI; altpõlemisega katlad SOLO, KALVIS
GasTerm Eesti OÜ	http://www.gasterm.ee/	Gaasikatlad JUNKERS ja CERASMARTMODUL
Hemeltron OÜ	http://www.hemeltron.ee/	Puugaasikatlad MAGA, ATMOS, ATTACK, BORMMER, BUDERUS, MODRATHERM, CENTROMETAL, VIADRUS, ROJEK, KLAVIS, VIGAS; altpõlemisega katlad DAKON, KLAVIS, KOSTRZEWA, MODERATOR, OPOP, TEHNOSERV, VIENYBE, VIADRUS, METAL-FACH, GALMET; pealtpõlemisega katlad VIADRUS, UNI, UNIVERSAL, CENTROMETAL, TEHNOSERV, NOVA, ARITERM, SUNSYSTEM BURNIT, CHT ULTIMA, LUK; universaalkatlad LUK, KLAVIS, OPOP, CENTROMETAL, ATTACK, ATMOS, METAL-

		FACH, KOSTRZEWA; pelletikatlad PROPEL, PELLTECH, EKOPOWER, DOMUSA, RTB, CENTROMETAL, ATTACK, PELLE, KOSTRZEWA, NORDJYSK, OPOP, MODERATOR, ATMOS, ARITERM, GRANDEG, VIADRUS, MAGA, LUK, LAVIS, CT, METAL-FACH, CANTINOLA; hakkepuidukatlad MODERATOR ja CT; gaasikatlad JUNKERS;
INTERBAUEN OÜ	http://www.interbauen.ee/	Atpõlemisega ja pelletikatlad KALVIS
Kolmtex OÜ	http://www.gilles.ee/	Hakkepuidu- ja pelletikatlad GILLES
Küttemaailm OÜ	http://www.kyttemaailm.ee/	Pelletikatlad ATTACK ja PASQUALICCHIO; puugaasikatlad ATTACK; gaasikatlad JUNKERS
Küttemeister OÜ	http://www.kyttemeister.ee/	Pelletikatlad BLACK STAR ja RTB; teraskatlad ELEKTROMET
Kyte.ee OÜ	http://www.kyte.ee/	Pelletikatlad PELLE ja PELLX; malmkatlad VIADRUS ja UNI; gaasikatlad JUNKERS
Magvaless OÜ	http://www.magvaless.ee/	Gaasikatlad VITODENS
OÜ Cerbos	http://www.cerbos.ee/	Puugaasikatlad ATMOS; pelleti- ja hakkpuidukatlad ATMOS, PELLE, EVERCLEAN, MINI BIO, VETO; puugaasikatlad ATMOS; malmkatlad UNI ja VIADRUS; puukatlad LUX

OÜ Küttesalong	http://www.küttesalong.ee/	Pelletikatel PELLE
OÜ Verdon	http://www.verdonprojekt.ee/	Pelletikatlad BIO ja ECO
Pelletikamin OÜ	http://www.pelletikamin.ee/	Pelletikatlad MZ
Pumbajaam OÜ	http://www.pumbajaam.ee/	Malmkatlad S-MAX, VIADRUS; puugaasi katlad ATMOS; teraskatlad DAKON; õlikatlad VIADRUS, Simplex; universaalkatlad ATMOS; pelletikatlad ATMOS
Rabota RX OÜ	http://www.katlad.eu/	Ülemise põlemisega katlad LIEPSNELE
Rantila OÜ	http://energiakeskus24.ee/	Malmkatlad VIADRUS; pelletikatlad ja ülemise põlemisega katlad PEREKO
Robert Bosch OÜ	http://www.junkers.ee/	Gaasikatlad JUNKERS
Robert Bosch OÜ	http://www.buderus.ee/	Malm-, teras- ja puidukatlad BUDERUS
Soojapood OÜ	http://www.soojapood.ee/	Malmkatelad SIME, VIADRUS; pelletikatlad SOKOL ja BLACK STAR; teraskatlad TBK
Toru-Jüri OÜ	http://www.torujyri.ee/	Malmkatlad VIADRUS, S-MAX, SUN ja UNI; pealtlaetavad DOR; puugaasikatlad ATMOS; altpõlemisega katlad ARITERM; teraskatlad NOVA;

		kombneeritud katlad ATMOS; pelletikatlad VIADRUS, ARITERM, ATMOS, BLACK STAR, KALORINA ja D'ALESSANDRO
Viessmann UAB	http://www.viessmann.ee/	Õli-, gaasi- ja puidukatlad VIESSMANN
Viiratsi AGRO OÜ	http://www.ostakatel.ee/	Malmkatlad OPOP ja VIADRUS; pealtlaetavad EKO; puugaasikatlad ECOMAX ja ATMOS; pelletikatlad WOODY, BIOPEL, BLACK STAR; universaalkatlad UNI

Pakkumise valik Eestis on suur ning lai. On esindatud kõikide tuntumate firmade tooted ning leidub ka vähem tuntuid. Pakutakse kõiki eelnevalt vaadeldud põletustehnoloogiatega katlaid, eriti suur valik on pelletikatelde osas. Hindadest ülevaate saamiseks on alljärgnev tabel 25 kW võimsusega kateldest, mis sobib keskmise suurusega (150 - 300 m²) ühepereelamu soojusvajaduse katmiseks. Hindade aluseks on võetud põhiliselt edasimüüja Hemeltron OÜ katlavalik, sest neil on Eestis suurim valik erinevatest tehnoloogiatest. Kõik hinnad sisaldavad käibemaksu.

Tabel 3.2. 25 kW katelde hinnad Eestis ja kasutegurid

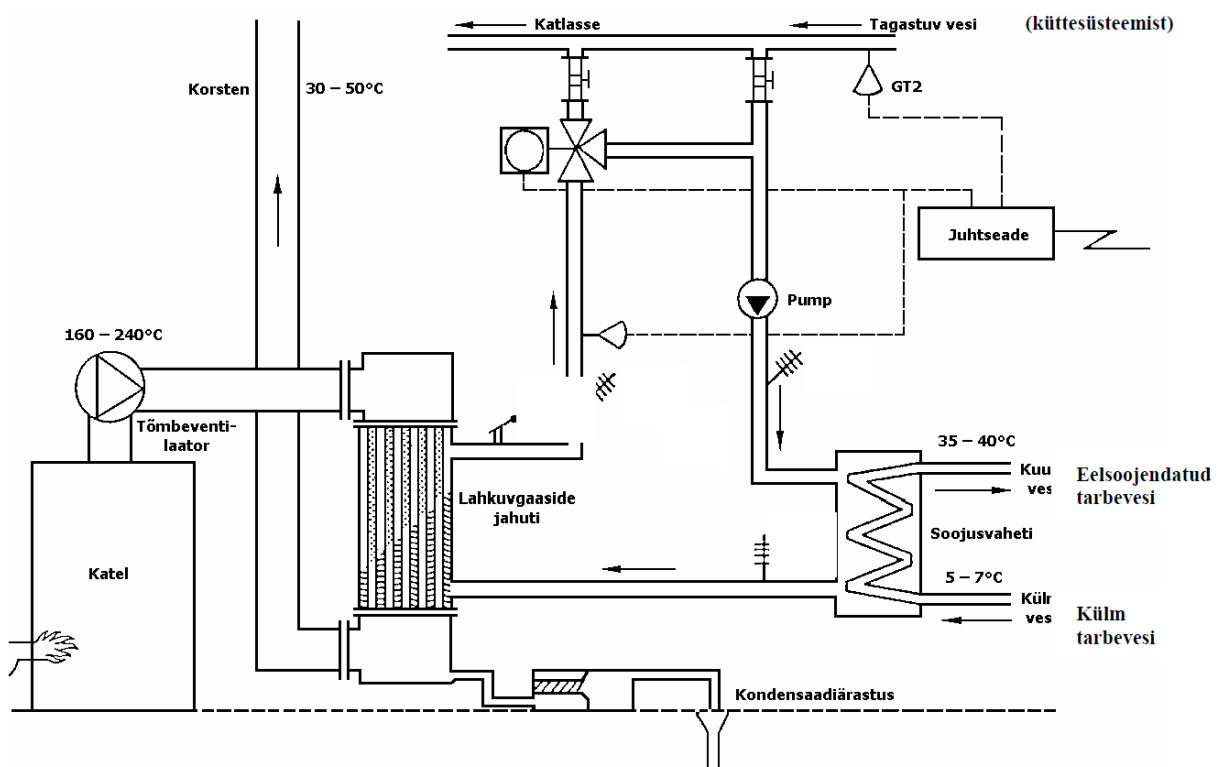
Katlaliik	Põletatav kütus	Hinnavahemik, €	Kasutegur, ca %	Kütuse etteanne	Märkused
Puugaasikatlad	Puuhälud	1680...3300	90	Käsitsi	
Altpõlemiskatlad	Puuhälud	906...1800	82	Käsitsi	
Pealtpõlemiskatlad	Puuhälud	720...1560	82	Käsitsi	
Universaalkatlad	Pellet, õli, gaas puuhälud, kivisüsi, turba- ja puitbrikett	2580...3600	90	Automatiseeritud, käsitsi	Kasutatav kütus erineb kateldel. Automaatses osas saab kasutatada enamasti pelletit või vedelkütust/gaasi. Käsitsilaaditavad osas tahkekütuseid.
Pelletikatlad	Pellet	3000...5280	90	Automatiseeritud	Hinnad sisaldavad etteandesüsteemi, katelt, põletit ja mahutit. Kallimatel on isegi isepuhastus süsteem komplektis. Ainult katla hind jääb vahemikku 1556...1620 €.
Hakkepuidukatlad	Hakkepuit	3534-5718	80	Automatiseeritud	Hinnad sisaldavad etteandesüsteemi, katelt, põletit ja mahutit. Antud juhul 30 kW katlad, sellest väiksema võimsusega ei pakuta.
Gaasikatlad	Maagaas	1100...1400	üle 90	Automatiseeritud	Kondensatsioonkatlaid pakutakse Eestis alates 60 kW ning nende hind algab 4000 €

Katelseadme valikul tuleb lähtuda kulutatava summa võimalikust, majandusarvutusest ning kui palju on võimalik/tahetakse ise katlaga tegelda. Odavaimateks variantideks on käsitsi laetavad alt- ja ülemispõlemisega halupuidu katlad. Nende puhul tuleb arvestada tiheda hooldustsükliga. Automatiseeritavatest kateldes on odavaimad kerge kütteõli ja gaasi seadmed, kuid kütuse hind kallim. Majanduslikult oleks mõistlik vältida fossiilseid kütuseid kasutavaid seadmeid, sest nende hind pidevalt tõuseb. Seega automatiseeritavate puhul jääb valikusse pelletikatel, mille puhul algne investeering on suurem, kuid mitu korda odavama kütuse tõttu jooksvad kulud väiksemad.

4. TULEVIK

Tulevikus võib oodata pigem kombineeritud süsteemide edasist ja suuremat arengut, kui täiesti uute põletustehnoloogiate vallas. Tuleks leida paremaid ja efektiivsemaid võimalusi, kuidas kaasata taastuvat energiat üldisse küttesüsteemi. Täielikult rohelisest energiast soojusvajadus täita põhjamaade oludes on pea võimatu ning väga kallis ning seega tulekski pigem keskenduda nende kombineerimisele.

Uusim ning seega ka kõige rohkem arenev ala on katlatehnikas kondensatsioonkatelde tehnoloogia. See on tingitud veeauru kondenseerumisest saadava soojuse ärakasutamise võimalusest, mis varem ei olnud võimalik. Selle tehnoloogia uusimaks edasiarenduseks kondensatsioonseadmed, mis saab panna standardkatla järele ning see abil tõsta süsteemi kasutegurit. Antud seadme kasulikus on eriti märgatav niiskete ning suure vesinikusaldusega kütuste põletamisel. Praegusel hetkel selliseid seadmeid Eestis ei pakuta ning on suhteliselt kallid, kuid tehnika arengul, kütuste kallinemisel ning standardite rangestumisel võivad antud seadmed muutuda aktuaalseks.



Sele 4.1. Kondensatsioonseadmega skeem [25]

Kütuste osas võib oodata fossiilkütuste kasutamise vähenemist ning suuremat kodumaiste ning teiste taastuvate energiaallikate kasutamise osakaalu suurenemist. Sellist käitumist pooldatakse ka riitlikul tasandil kütuseaktsiiside tõstmisega ning erinevate toetustega. Ka keskkütte katlamaju ehitatakse ümber puiduhakke peale vedelkütuse ja gaasi kõrge hinna tõttu.

Tulevikus võib oodata ka standardites heitgaasidega seotud näitajate rangemaks muutumist, nagu paljudel teistel aladel, kus toimub kütuste põletamine, seda järk järgult tehakse: näiteks automootorid, katlamajad. Seetõttu aga peavad katlatootjad leidma uusi ja paremaid lahendusi ohtlike suitsugaaside neutraliseerimiseks. Üheks potentsiaalseks lahenduseks võib olla, nagu ka suurtes katlamajades, suitsugaaside puhastid. Hetkel on nende hind väga kallis (mõningal juhul sama kallis kui katel ise). Väiksemate puhastusseadmete tehnoloogia arenemisel ja nende suuremal kasutamisel hind langeks.

Hetkel puudub Eestis täielikult ülevaade ja järelevalve eraomandis olevatele lokaalkateldele ning seetõttu võib selles osas tulevikus muutusi tulla. Näiteks hakatakse nõudma suuremate lokaalkatelde registreerimist riikliku andmebaasi ning katla näitajate ning tugevus teste teatud aja tagant.

KOKKUVÕTE

Eestis on külma kliima tõttu hoonete küttel hästi oluline osa ning igal majapidamisel tuleb leida endale kõige sobivaim lahendus selle tagamiseks. Uuritu põhjal võib öelda, et üheks konkureerivaks hoonete kütteviisiks on lokaalküte, valikute osas nii kütuste kui ka seadmete poolest. Ka mitmed uued tehnoloogilised lahendused täiendavad olemasolevat lokaalkütte süsteemi.

Kodumaistest kütustest on võimalik kasutada puitkütuseid ja turvast. Need olid ka hinna poolest soodsaimad kütused Eesti turul. Eriti aktuaalne on puidupelletite (graanulite) kasutamine lokaalküttes, mida toodetakse Eestis suurtes kogustes. Samuti on katelde ja põletite valik selle kütuse puhul suur. Kõige kallimateks kütusteks Eesti turul on kütteõli ning maagaas kuid nende kasutamisel lokaalküttes on omad eelised. Näiteks neid kütuseid kasutatavad katlad on väga hästi automatiseeritavad ning mugavad kasutada. Eestis pakutakse tahketest kütustest küllaltki soodsa hinnaga ka kivisütt, mis ei ole eriti populaarne.

Lokaalkatlamajade katelde kolded liigitatakse: rest- ja kamberkolleteks. Restkoldeid kasutatakse tahkete kütuste korral, kamberkoldeid aga vedel- ja gaaskütuste põletamisel. Eestis on vaid mõned väikekatelde ehitajat: Viljandi Metall AS ja Rapla Metall OÜ. Edasimüüjaid on aga suhteliselt palju ning on esindatud nii kuulsate ja ka palju vähem kuulsamate firmade katlad. Kokku on aktiivselt edasimüümisega tegelevaid firmasid ca 27. Kuulsaimatest on näiteks esindatud VIESSMANN, ATMOS, JUNKERS jne. Ka nende valikus on palju pelletite põletamise komplekse.

Tulevik liigub keskkonnasäästlikuma eluviisi poole ja seega ka biokütusel töötavate lokaalkatelde kasutamisele.

Aina populaarsemaks muutuvad ka kombineeritud süsteemid, mis hoiavad nii loodust ning samas aitavad vähendada küttekulusid (kombinatsioonid päikesepaneelidega, kondensatsioon katlad jne). Lisaks luuakse uusi võimalusi katelde kasuteguri suurendamiseks läbi uute tehnoloogiate. Tulevikus võivad karmistuda nõuded ka heitmetele lokaalkateldest, mis sunnib kasutama spetsiaalseid filtreid ja suitsugaaside puhasteid, et vähendada tahkete heitmete mõju ümbritsevale keskkonnale.

SUMMARY

Because of the cold and changing climate in Estonia it is an important and challenging task for each household to find a suitable method for providing heat throughout the year. According to the research it can be said that local heating is a competitive solution to the problem, because of a large variety of fuels and appliances. Also there are many new technological developments that successfully improve the present local heating system.

Wood-based fuels and peat are the most abundant and cheapest fuels in the Estonian market. The use of wood-pellets has become very popular in domestic use and it is being manufactured in large *quantities*. Also, there is a wide selection of different boilers and burners available for this fuel. Currently the most expensive fuels in the market are natural gas and heating oil. On the contrary, those fuels are easy to use and boilers can be well-automated. Also, coal is one of the fuels that has a low price in the market, but the use of it is not very popular in Estonia.

The furnaces of local heating boilers can be divided into grate and chamber furnaces. Grate firing is used for solid fuels, however, chamber furnaces are used for burning liquid or gaseous fuels. There are only a few small-scale boiler manufacturers in Estonia: Viljandi Metall Inc and Rapla Metall Ltd. On the other hand, many active resellers (approx 27) can be found in the market whose selection includes well-known brands like VIESSMANN, ATMOS, JUNKERS etc. and less popular brands. Most of the resellers offer a wide selection of pellet boilers and burners.

The future moves in to the environmentally friendly society and because of that the use of biomass as a fuel has become more important in local heating appliances.

Also combined eco-friendly systems including solar panels, condensation boilers are gradually gaining popularity. In addition, many new solutions for improving boiler efficiency are being developed. In the future the requirements for the emissions for local heating devices might become more strict, meaning that the installation of special filters and flue gas cleaners will be compulsory in order to reduce the components emitted to the atmosphere.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. A-Klassi Hooldus OÜ kodulehekülj [WWW] <http://www.tehnohooldus.ee/kuttusteemide-hooldus/> (01.05.2015)
2. ArchiExpo veebilehekülj [WWW] http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/wood-boiler-floor-mounted-home-log-burning-886-4099041.jpg (05.04.2015)
3. Azura kodulehekülj [WWW] http://www.azurahomedesign.com/7780-thickbox_default/multimax-boiler-22kw.jpg (25.04.2015)
4. AS Eesti Gaas kodulehekülj [WWW] <http://www.gaas.ee/maagaasi-hind-alates-01-01-2015/> (03.04.2015)
5. AS Eesti Gaas kodulehekülj [WWW] <http://www.gaas.ee/maagaas/maagaas-eestis/> (03.04.2015)
6. AS Graanul Invest kodulehekülj [WWW] <http://www.graanulinvest.ee/est/avaleht> (24.05.2015)
7. AS Tootsi Turvas kodulehekülj [WWW] <http://www.vapo.ee/> (05.05.2015)
8. Canker-ul OÜ kodulehekülj [WWW] <http://www.canker.ee/est/hinnakiri.html> (10.04.2015)
9. Eco-Fuels veebilehekülj [WWW] <http://www.eco-fuels.eu/> (15.05.2015)
10. Eesti Erametsanduse veebilehekülj [WWW] http://www.eramets.ee/static/files/762.Brosyyr_Puitkytus_2010.pdf (21.04.2015)
11. Eesti Gaasiliidu kodulehekülj [WWW] <http://www.egl.ee/index.php?page=41> (03.04.2015)
12. Energia Rural veebilehekülj [WWW] <http://energiarural.energia-rural.com/2014/01/28/calderas-lena-llama-invertida/> (15.04.2015)
13. Energiatalgud veebilehekülj [WWW] <http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Lokaalk%C3%BCte&menu-86> (01.05.2015)
14. Energiatalgud veebilehekülj [WWW] http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=K%C3%BCtuste_p%C3%B5letamine&menu-123 (01.04.2015)
15. Energiatalgud veebilehekülj [WWW] http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/4/47/Maagaas_ENMAK_kotov_181212.pdf (10.04.2015)

16. Hearth veebilehekülg [WWW] <http://www.hearth.com/econtent/index.php/articles/owb> (20.04.2015)
17. Küttekatlad. (2012). Osa nr. 5. Käsitsi ja automaatselt köetavad katlad
nimisoojustootlikkusega kuni 500 kW. EVS-EN 303-5:2012. Tallinn: Standardiamet.
18. Kõiv, T., Rant, A. (2012). Hoonete küte. Tallinn: TTÜ kirjastus.
19. K. W. Boilers kodulehekülg [WWW] <http://www.kwboilers.net/solid-fuel-boilers.html> (15.04.2015)
20. Oil Burner Spares kodulehekülg [WWW] <http://oilburnerspares.com/spares/1/oilburners/complete-burners.html> (05.05.2015)
21. Ollin Süsteemid OÜ kodulehekülg [WWW] http://www.os.ee/artiklid/artikkel_2.htm (25.04.2015)
22. OÜ Asalto kodulehekülg [WWW] <http://kytteladu.ee/> (10.05.2015)
23. OÜ Cerbos kodulehekülg [WWW] <http://www.cerbos.ee/et/content/16-paikesekute-muutub-uha-populaarsemaks> (25.04.2015)
24. Paist, A. (2014). Kütuse ja põlemine.
25. Paist, A., Kristjan, P. (2013). Lokaalkatlamajad. Tallinn: TTÜ kirjastus.
26. Poweron OÜ kodulehekülg [WWW] <http://www.poweron.ee/hulgimuuk.php> (15.04.2015)
27. Seppänen, O., Seppänen, M. (1998). Hoone sisekliima kujundamine. Tallinn: Koolibri.
28. Slideshare veebilehekülg [WWW] <http://image.slidesharecdn.com/7-131126143934-phpapp01/95/7kl-kivimid-24-638.jpg?cb=1385498493> (19.04.2015)
29. Tallinna linna kodulehekülg [WWW] <http://www.tallinn.ee/energiaagentuur/Aadu-Paist-Olikutte-alternatiiv.pdf> (04.05.2015)
30. Tartu Ülikooli kodulehekülg [WWW] <http://www.ut.ee/BGGM/maavara/turvas.html> (20.04.2015)
31. Torulill OÜ kodulehekülg [WWW] <http://torulill.ee/kuttusteemid/Kuttusteemivalik-15.html> (08.04.2015)
32. Vares, V., Kask Ü., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S. (2005). Biokütuse kasutaja käsiraamat. Tallinn: TTÜ kirjastus.
33. Katelseadmed. Tallinn: Valgus.