Tallinna Tehnikaülikool
Soojustehnika Instituut

Vaivara valla

SOOJUSMAJANDUSE ARENGUKAVA 2013 – 2020

Vastutav täitja:
Aleksandr Hlebnikov
Täitjad:
Anna Volkova
Sulev Soosaar

Veebruar 2013

SISUKORD

Sissejuhatus **5**
1 Vaivara valla kaugküttesüsteemide kirjeldus **6**
1.1 Tootmisvõimsuste (katlamajade) ja soojusvõrkude kirjeldus 6
1.2 Kaugkütte tarbijate kirjeldus 12
1.3 Soojuskoormuse muutuse prognoosimisest lähiaastateks 13
1.4 Soojuse hind ja selle reguleerimine 14
1.4.1 Soojuse hinna tase ja selle muutumine 14
1.4.2 Soojuse hinna reguleerimisest 16
2 Vaivara valla kaugküttevõrkude põhinäitajad ja efektiivsus **18**
2.1 Kaugkütte soojusvõrkude põhinäitajad, efektiivsus, soojuskadude analüüs 18
2.2 Soojusvõrkudes teostatud rekonstrueerimistööd ning nende mõju efektiivsusele 29
2.3 Soojusvõrkude praegused probleemid ja soojusvõrgu rekonstrueerimise võimalused lähitulevikus 30
3 Võimalused kaugkütte edasiseks arenguks lähi- ja kaugemas tulevikus **31**
3.1 Taastuvale kütusele ülemineku võimalused 31
3.1.1 Võimalikud tehnilised lahendused üleminekuks taastuvale kütusele (eelkolded puitkütuse gaasistamiseks olemasolevatele leeksuitsutoru kateldele, kütuse ladustamine ja sööturid) 31
3.1.2 Taastuva kütuse kättesaadavus vaadeldavas piirkonnas 33
3.1.3 Taastuvale kütusele üleminekuks vajaliku investeeringu suuruse, tasuvusaja ja soojuse hinna analüüs 34
3.1.4 Teiste taastuvate energiaallikate (tuuleenergia, päikeseenergia) ja soojuspumpade kasutuselevõtu võimalustest 35
3.2 Olgina aleviku kaugküttevõrgu ühendamise võimalused Narva linna kaugküttevõrguga 36
3.3 Soojuse ja elektri koostootmise võimalused Vaivara kaugküttesoojusvõrkude baasil (koostootmismoodul maagaasil) 37
3.3.1 Võimalikud tehnilised lahendused koostootmiseks 37
3.3.2 Soojuse akumulatsioonipaakide kasutamine süsteemis 41
3.4 Kaugkütte soojusvõrkude vanade osade rekonstrueerimisega saavutatava soojussäästu, rekonstrueerimise maksumuse ja tasuvusaja hinnang 43
3.5 Tarbijate soojussõlmede täiustamise võimalused 46
4 Energia- ja kliimapoliitika ning õigusaktide võimalik mõju arengukava rakendamisele **47**
5 Kokkuvõte ja järeldused **51**

Lisad

Lisa 1. Olgina kaugküttevõrgu skeem
Lisa 2. Sinimäe kaugküttevõrgu skeem

Tabelid

Tabel 1.1. Kaugküttesoojuse tarbimine Olgina ja Sinimäe asulates, MWh 12
Tabel 1.2. Kokkuvõte energiaauditites pakutud energiasäästu meetmete tulemustest 14
Tabel 1.3. KA Vaiko AS müüdud soojuse aasta keskmine käibemaksuta hind, €/MWh 14
Tabel 1.4. Saastetasud heitmete viimise eest välisõhk 16
Tabel 2.1. Olgina soojusvõrku iseloomustavad suurused enne ja pärast rekonstrueerimist..... 24
Tabel 2.2. Sinimäe soojusvõrku iseloomustavad suurused enne ja pärast rekonstrueerimist .. 24
Tabel 2.3. Rootsi tüüpilisi kaugküttevõrke iseloomustavad suurused..... 24
Tabel 2.4. Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudes teostatud rekonstrueerimistööde mahud ja maksumused 29
Tabel 3.1. Tüüpilised võimsused eri põletusviiside korral ja katelde jagunemine vastavalt kasutusvaldkonnale Soomes 32
Tabel 3.2. Pikaajaline puiduressurss Narva piirkonnas – keskmine energiasisaldus, GWh/a.. 33
Tabel 3.3. Võimalike SEK-agregaatide parameetrid..... 41
Tabel 3.4. Olgina soojusvõrgu vanade osade pikkused ja nende rekonstrueerimise hinnanguline maksumus 43
Tabel 3.5. Sinimäe soojusvõrgu vanade osade pikkused ja nende rekonstrueerimise hinnanguline maksumus 44
Tabel 4.1. Energiatõhususarvu piirväärtused (kWh/(m^2 a), mida ei tohi ületada..... 49

Joonised

Joonis 1.1. Olgina soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude graafik 7
Joonis 1.2. Olgina soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude kestusgraafik 8
Joonis 1.3. Olgina soojusvõrgu reaalne ja normaliseeritud soojuse väljastus ning tarbimine aastate lõikes..... 8
Joonis 1.4. Olgina soojusvõrgu reaalne soojuse tarbimine kuude lõikes 9
Joonis 1.5. Olgina soojusvõrgu normaliseeritud soojuse tarbimine kuude lõikes..... 9
Joonis 1.6. Sinimäe soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude graafik 10
Joonis 1.7. Sinimäe soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude kestusgraafik 10
Joonis 1.8. Sinimäe soojusvõrgu reaalne ja normaliseeritud soojuse väljastus ja tarbimine aastate lõikes..... 11
Joonis 1.9. Sinimäe soojusvõrgu reaalne soojuse tarbimine kuude lõikes 11
Joonis 1.10. Sinimäe soojusvõrgu normaliseeritud soojuse tarbimine kuude lõikes 12
Joonis 1.11. Maagaasi ja soojuse hindade areng (KA Vaiko AS, 2008–2012)..... 15
Joonis 2.1. Soojusläbikandetegurid Olgina võrgus (enne ja pärast täielikku rekonstrueerimist) ning teistes Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkudes 20
Joonis 2.2. Soojusläbikandetegurid Sinimäe võrgus (enne ja pärast täielikku rekonstrueerimist) ning teistes Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkudes..... 21
Joonis 2.3. Olgina kaugküttevõrgu ning teiste Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkude mahulise eriväljastuse sõltuvus pikkuselisest eriväljastusest 22
Joonis 2.4. Sinimäe kaugküttevõrgu ning teiste Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkude mahulise eriväljastuse sõltuvus pikkuselisest eriväljastusest..... 22
Joonis 2.5. Kaugküttevõrgu toru majanduslikult optimaalse sisediameetri leidmine 26
Joonis 2.6. Toru optimaalse sisediameetri sõltuvus soojuskoormusest..... 27
Joonis 2.7. Soojuskandja optimaalse kiiruse sõltuvus toru sisediameetrist 27
Joonis 2.8. Optimaalse erirõhukao sõltuvus toru sisediameetrist..... 28
Joonis 3.1. Biokütusekatlamaja seadmete paiknemise skeem (Thermia OY, Soome) 31

Joonis 3.2. Niiske biokütuse põlemistsoonid kaldrestil 32
Joonis 3.3. Puiduhakkekatla kasutuselevõtu tasuvus Olginas 35
Joonis 3.4. SEK-agregaadi elektrilise võimsuse valik Olgina kaugküttevõrgu jaoks 38
Joonis 3.5. SEK-agregaadi elektrilise võimsuse valik Sinimäe kaugküttevõrgu jaoks 38
Joonis 3.6. Olgina soojusvõrgu soojusvajaduse katmine SEK-agregaadi ja olemasoleva katla poolt 39
Joonis 3.7. Sinimäe soojusvõrgu soojusvajaduse katmine SEK-agregaadi ja olemasoleva katlaga 39
Joonis 3.8. Olgina soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi elektri toodang aasta jooksul 40
Joonis 3.9. Olgina soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi soojuse toodang aasta jooksul 40
Joonis 3.10. Sinimäe soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi elektri toodang aasta jooksul 40
Joonis 3.11. Sinimäe soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi soojuse toodang aasta jooksul 40
Joonis 3.12. Olgina soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane elektri toodang 42
Joonis 3.13. Olgina soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane soojuse toodang 42
Joonis 3.14. Soojuse akumulatsioonipaagi töö koos SEK-agregaadiga Olgina soojusvõrgus . 42
Joonis 3.15. Sinimäe soojusvõrgus koos soojuseakumulatsiooni paagiga töötava SEK-agregaadi aastane elektri toodang 42
Joonis 3.16. Sinimäe soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane soojuse toodang 42
Joonis 3.17. SEK-agregaadi töö koos soojuse akumulatsioonipaagiga Sinimäe soojusvõrgus 42
Joonis 3.18. Olgina soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimise tasuvus 45
Joonis 3.19. Sinimäe soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimise tasuvus 46

Sissejuhatus

Käesolev töö on teostatud Vaivara Vallavalitsuse tellimusel eesmärgiga koostada valla soojusmajanduse arengukava perspektiiviga kuni aastani 2022. Töö keskendub vallas olevate kaugküttesüsteemide praeguse olukorra ja nende edasise arengu võimaluste analüüsile.

Töös vaadeldakse kaugküttesüsteeme tervikuna, s.t käsitletakse nii soojuse tootmist katlamajades kui soojuse edastamist võrkudes ja soojuse tarbijate olukorda. Soojuse tootmise tõhustamise ja odavamaks muutmise eesmärgil vaadeldakse võimalusi puiduhakke kasutamiseks ning soojuse ja elektri koostootmise kasutuselevõtuks. Lühidalt käsitletakse ka soojuspumpade ja päikeseenergia kasutusvõimalusi.

Soojusvõrkude osas analüüsitakse praegust olukorda ja võrkude täieliku rekonstrueerimise mõju soojuskadudele. Hinnatakse Olgina ja Narva kaugküttevõrkude ühendamise majanduslikku otstarbekust.

Antakse ülevaade kaugküttesoojuse tarbijatest ja hinnatakse võimalikku soojuse kokkuhoidu hoonete säästumeetmete teostamisel. Hinnangu aluseks on seni elamutes läbi viidud energiaauditite tulemused.

Töö on teostatud Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituudis. Töös kasutati andmeid Vaivara vallavalitsuselt, ettevõtetelt KA VAIKO AS ja AS Narva Soojusvõrk ning varem elamutes teostatud energiaauditite aruannetest.

Autorid tänavad Vaivara vallavalitsuse ja KA VAIKO AS töötajaid, eriti Mihhail Knjazetskit, hea koostöö eest.

1 Vaivara valla kaugküttesüsteemide kirjeldus

1.1 Tootmisvõimsuste (katlamajade) ja soojusvõrkude kirjeldus

Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudes põhikütusena kasutatakse maagaasi ning reservkütusena põlevkiviõli. Põhiseadmete tehnilised andmed on järgmised.

Olgina katlamaja soojavarustussüsteem

Katlamaja on varustatud kahe Kiviõli-80 (nominaalvõimsus 1 MW) tüüpi ja ühe VIESSMANN VITOPLEX 100 tüüpi (nominaalvõimsus 1,2 MW) kuumavee katlaga.

Katlad on varustatud automaatpõletitega: 1) Rootsi firmalt BENTONE, põleti mark TG-180-2 (gaasipõleti katlal Kiviõli-80); 2) põleti FBR FNDP 1200/2 (masuudipõleti katlal Kiviõli-80); 3) põleti ECOFLAM BLU 1400PR MD (gaasipõleti katlal VIESSMANN).

Kõikide katelde töö toimub täielikult automaatrežiimis. Soojuskoormuse reguleerimine toimub automaatselt välisõhu temperatuuri järgi. Tänapäeval piisab VIESSMANN katla võimsusest, kasutatav kütus on maagaas. VIESSMANN VITOPLEX 100 paigaldatud 2005. aastal. Reservkütuseks on põlevkiviõli, mahuti asub katlamajas eraldi ruumis.

Sinimäe katlamaja soojusvarustussüsteem

Katlamaja on varustatud kahe kuumaveekatlaga – üks Kiviõli-80, mis on varustatud firma ECOFLAM kahekütuselise automaatpõletiga MULTIFLAM 120 PR MD ja teine VITOPLEX 100 firmalt VIESSMANN, mis on varustatud Rootsi firma BENTONE BG 700 automaatse gaasipõletiga. Katlamajas on maa-alune pumpadega varustatud vedelkütuse mahuti 25 m^3. Katlamaja töö on täielikult automatiseeritud mõlema kütuseliigi puhul. Katel Kiviõli-80 on tavaliselt reservis. Katlamaja on varustatud soojusarvestiga. Põhikütus on maagaas. Kiviõli-80 (1 MW nominaalvõimsus); VIESSMANN VITOPLEX 100 (1,2 MW nominaalvõimsus). Paigaldatud 2001. aastal.

Kaugküttevõrgu ringluspumpade tehnilised andmed
(tüüp, võimsus, arendatav surve, vee kulu):

SINIMÄE
KOLMEX
Tüüp: AL-1065/2
Võimsus: 4 kW
Vee kulu: ~10 l/s
LOWARA
Tüüp: FCE50-160/40
Võimsus: 4 kW
Vee kulu: 15,5-36 m^3/h

OLGINA
LOWARA
Tüüp: FCE50-200/75
Võimsus: 7 kW
Vee kulu: 34,9-52,0 m^3/h
KOLMEKS
Tüüp: L-80A/2
Võimsus: 4 kW
Vee kulu: 2,9-79 m^3/h

Kaugküttevõrgu lisavee ettevalmistamise seadmete tüüp ja tehnilised andmed:

SINIMÄE

Veepehmendusseadme MINI BOY KL 4 (juhtventiiliga ERIE seeria 541 D19)

Üldandmed:

Toorvee rõhk	1,4 kuni 8,3 baari
Elektriühendused	220 V, 50 Hz
Vee temperatuur	max 35 °C
Ümbritseva keskkonna temperatuur	max 40°C
Seadme jõudlus	16 °dH*m^3
Soola kulu regenereerimiseks	0,96 kg/reg
Soola varu paagis	10 kg

OLGINA

Veetöötlusseadmed kontrolleriga GE700logix

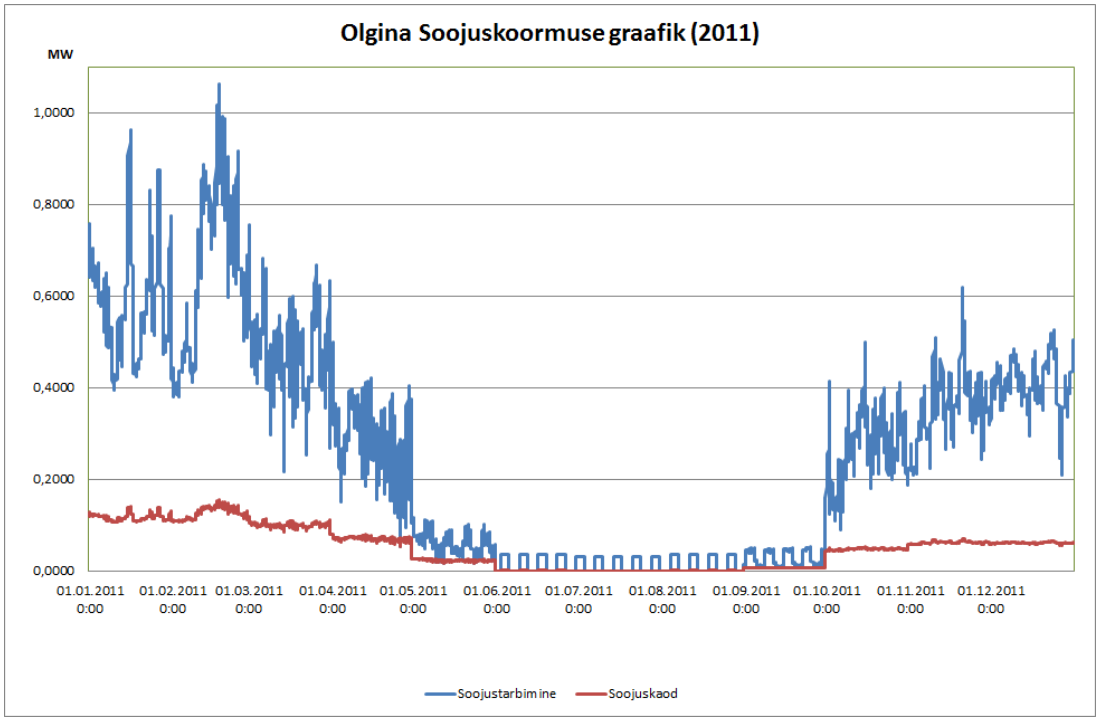
Olgina ja Sinimäe soojusvõrgud on maa-alused soojusvõrgud.

Olgina soojusvõrgu kogupikkus on 709 m, rekonstrueeritud on 559 m (79%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maa-aluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 150 m (21%).

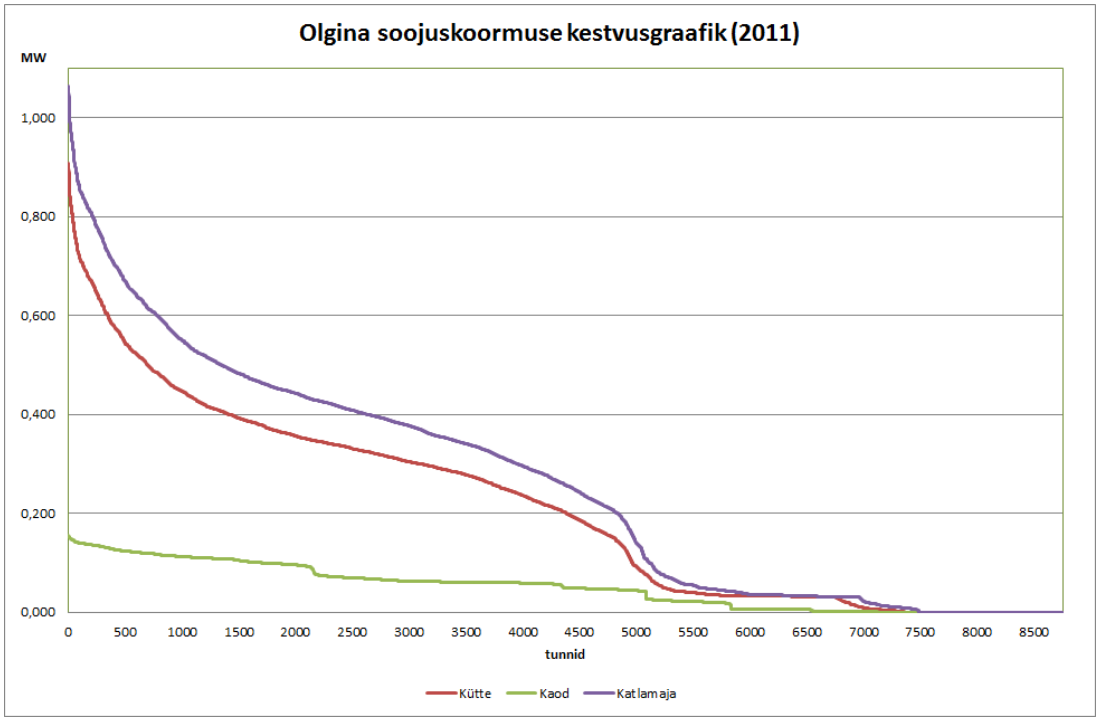
Sinimäe soojusvõrgu summaarne pikkus on 912 m. Sinimäe soojusvõrgus on rekonstrueeritud 647 m (71%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maa-aluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 265 m (29%).

Soojusvõrkude soojusisolatsiooni seisukorra ja tehniliste näitajate põhjalik analüüs on toodud järgnevates peatükkides.

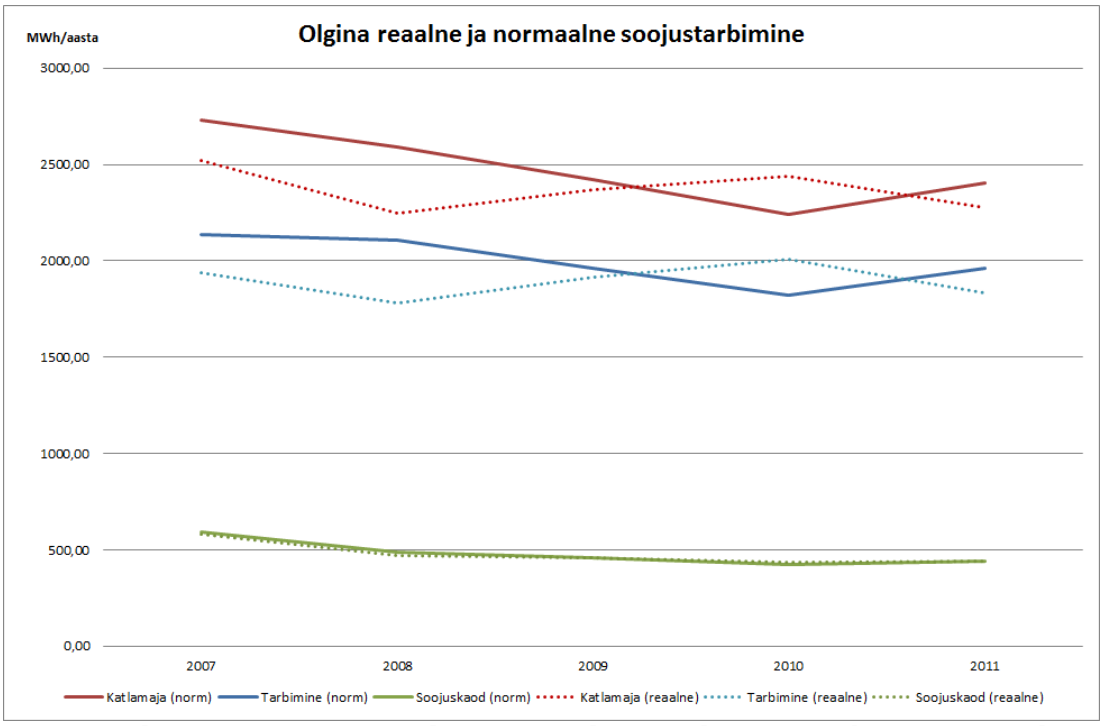
Järgnevalt on toodud ülevaade Olgina soojusvõrkude soojustoodangust ja tegelikest soojuskoormustest. Andmed on esitatud aastate lõikes ja normaliseeritud kujul.



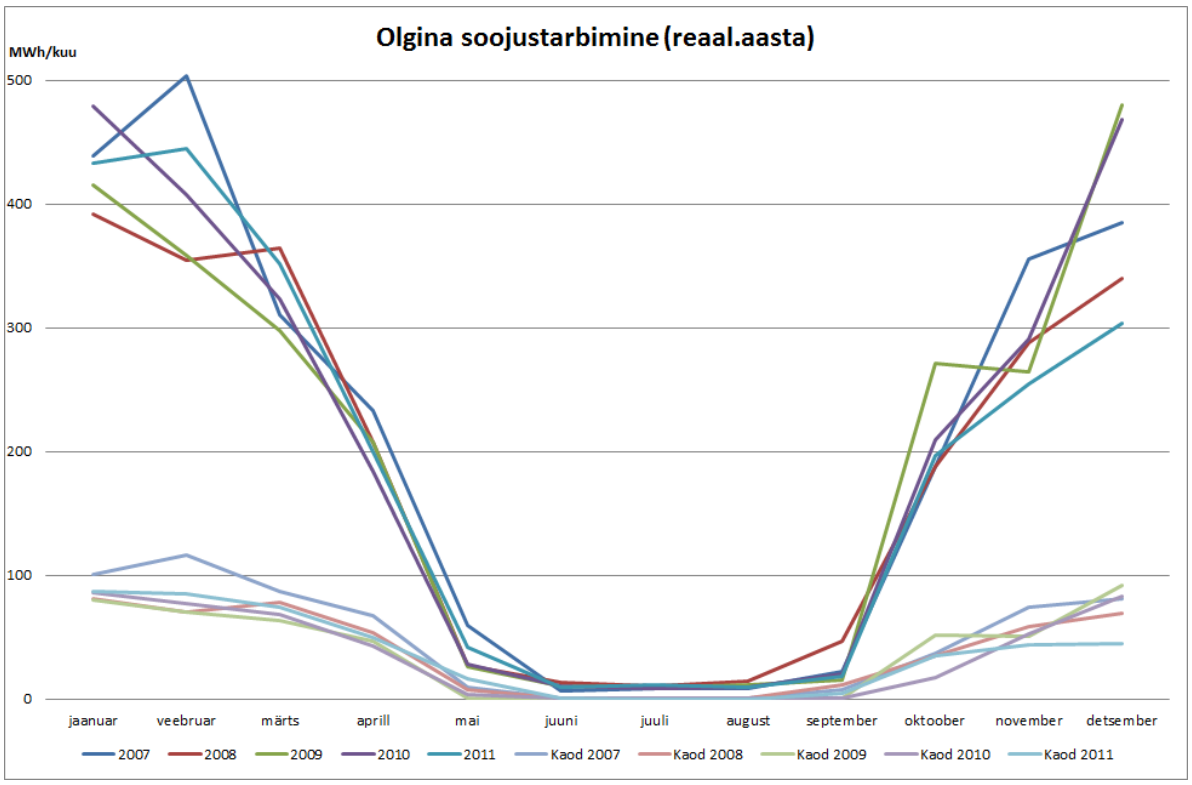
Joonis 1.1. Olgina soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude graafik



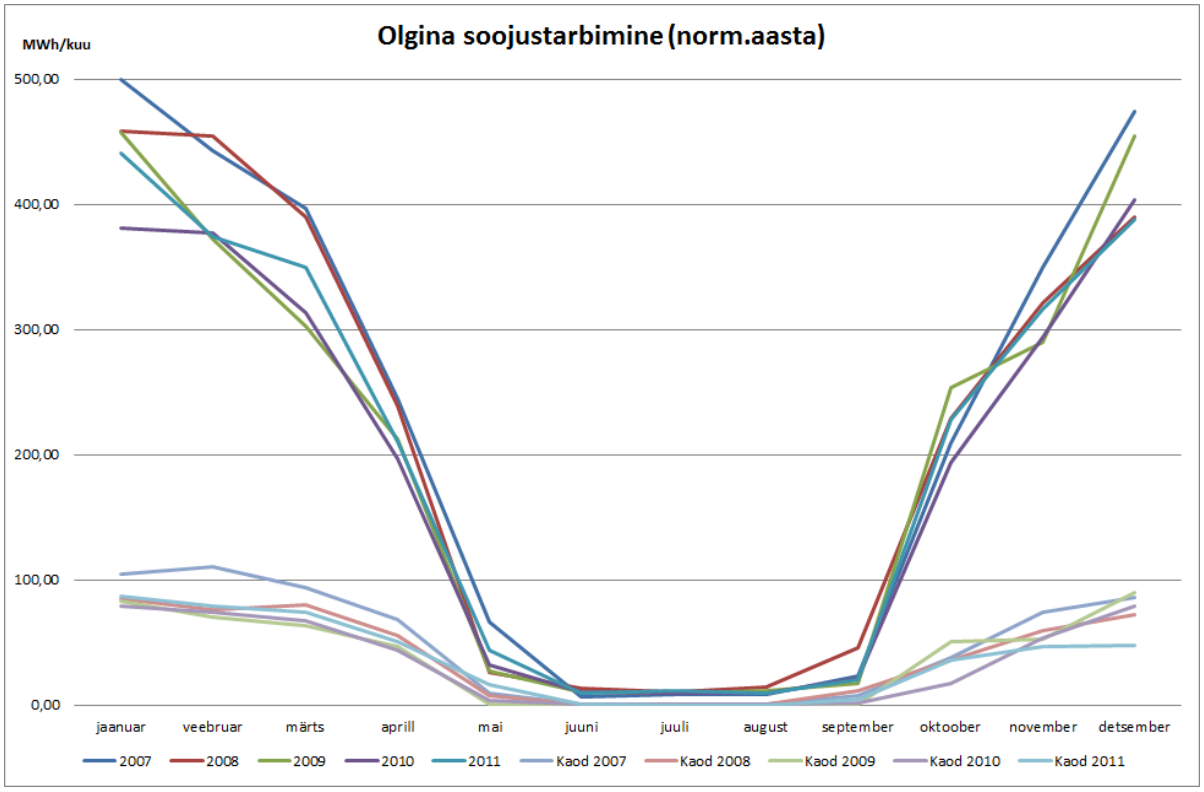
Joonis 1.2. Olgina soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude kestusgraafik



Joonis 1.3. Olgina soojusvõrgu reaalne ja normaliseeritud soojuse väljastus ning tarbimine aastate lõikes



Joonis 1.4. Olgina soojusvõrgu reaalne soojuse tarbimine kuude lõikes

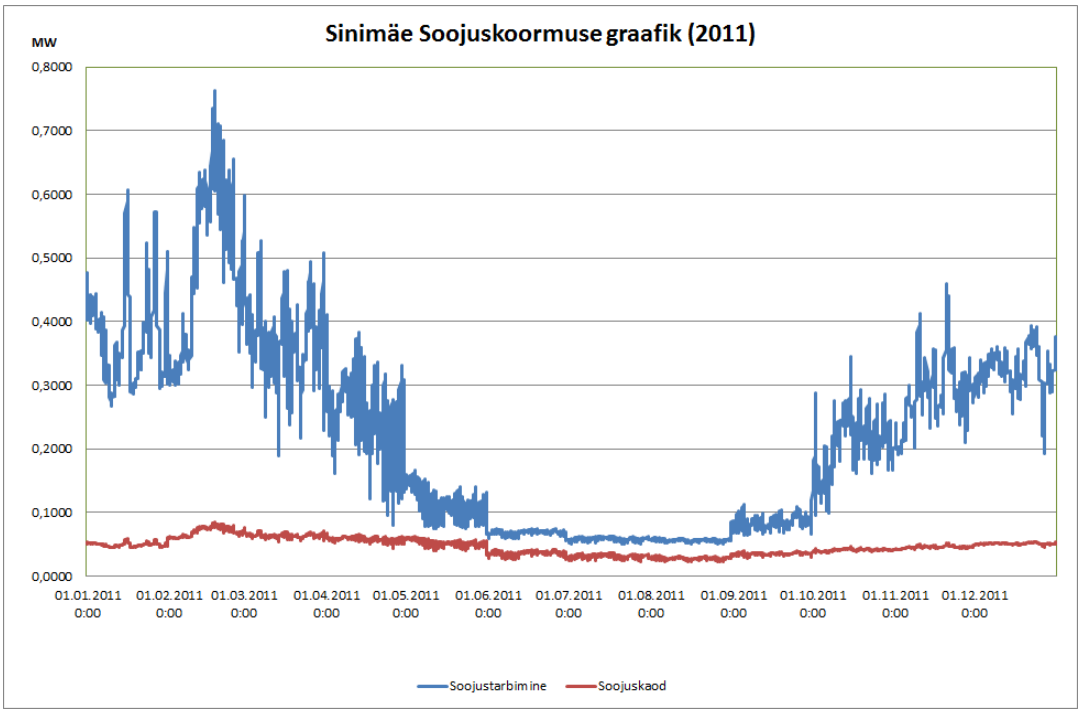


Joonis 1.5. Olgina soojusvõrgu normaliseeritud soojuse tarbimine kuude lõikes

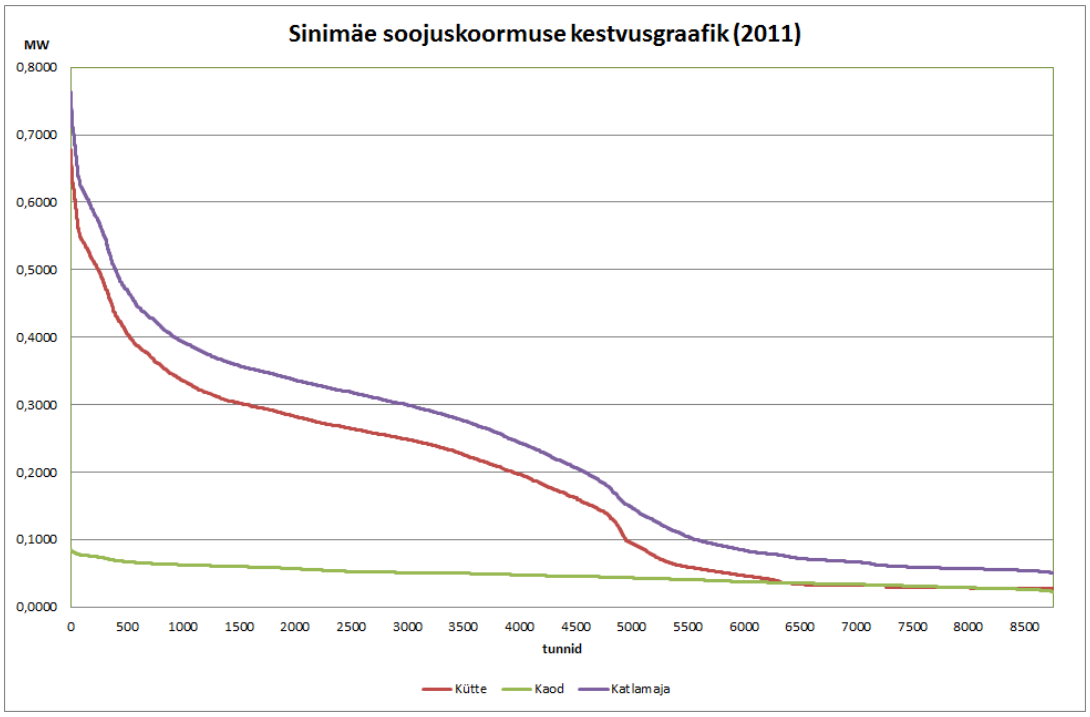
Olgina soojusvõrgu suurim soojuskoormus võib ulatuda 1,1-1,2 MW-ni. Olgina soojusvõrk töötab kogu kütteperioodi jooksul. Suvisel ajal annab katlamaja ainult sooja tarbevett eraldi jooksva toru kaudu katlamaja lähedal asuvasse sauna.

Viimasel 2012 aastal katlamaja väljastati summaarselt 2304 MWh soojust. Tarbitud soojuse kogus oli 1959 MWh ning võrgu soojuskadu oli 345 MWh, ehk 15%. Viimaste aastate jooksul on märgata soojuskadude olulist vähenemist tänu suuremahulistele rekonstrueerimistöödele. Samuti on normaliseeritud tarbimise graafikult viimaste aastate kohta märgata tarbimise vähenemise tendentsi, nähtavasti tarbijad lülitavad sügisel oma küttesüsteemid hiljem sisse ja kevadel varem välja.

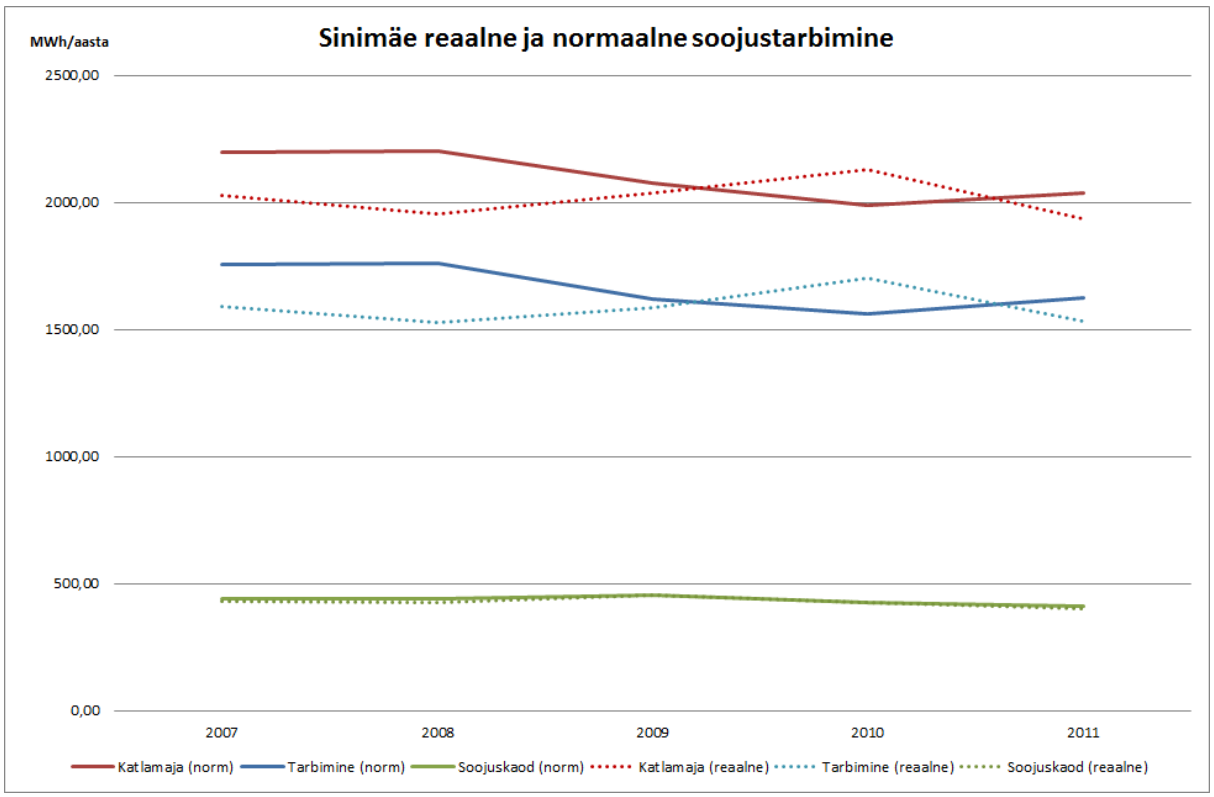
Järgnevalt on toodud ülevaade Sinimäe soojusvõrkude soojustoodangust ja tegelikest soojuskoormustest. Andmed on esitatud aastate lõikes ja normaliseeritud kujul.



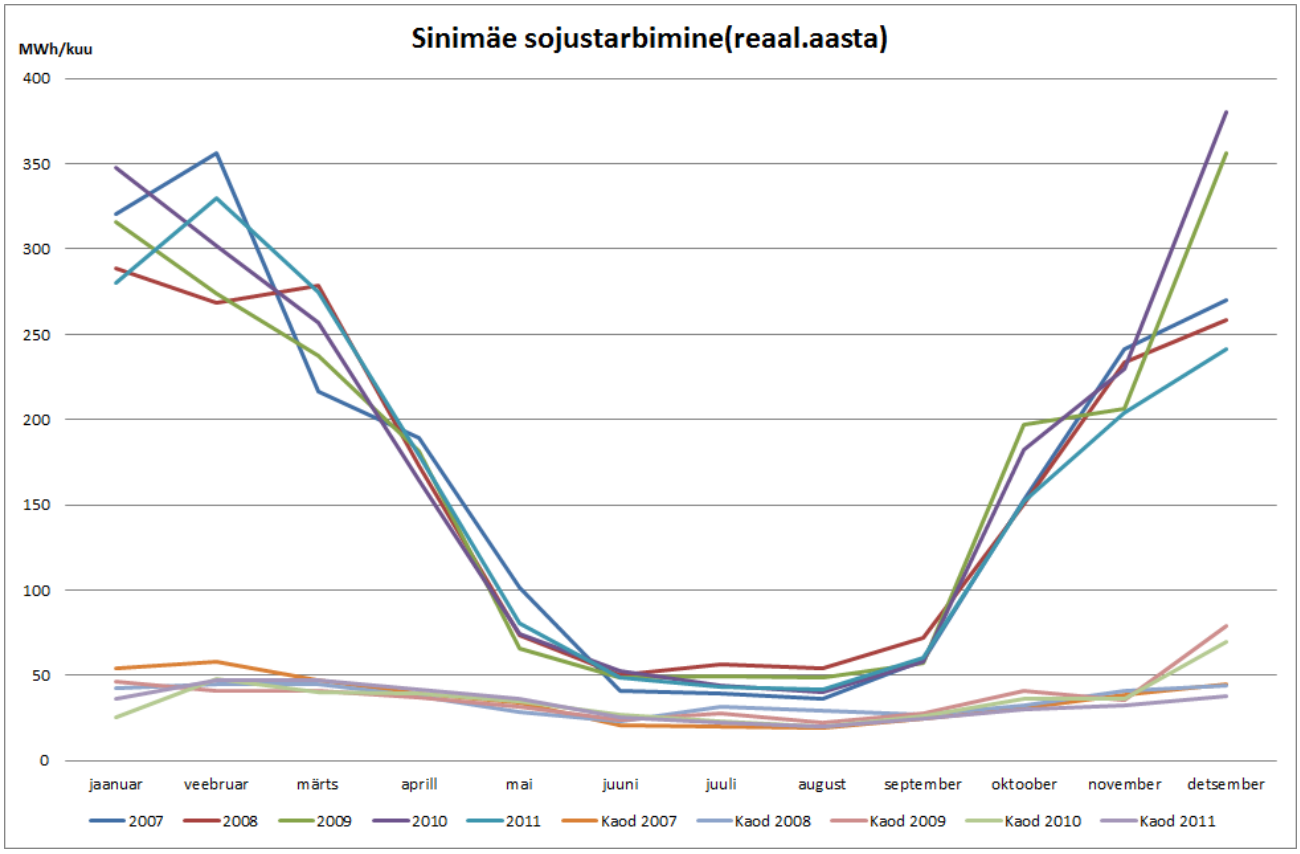
Joonis 1.6. Sinimäe soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude graafik



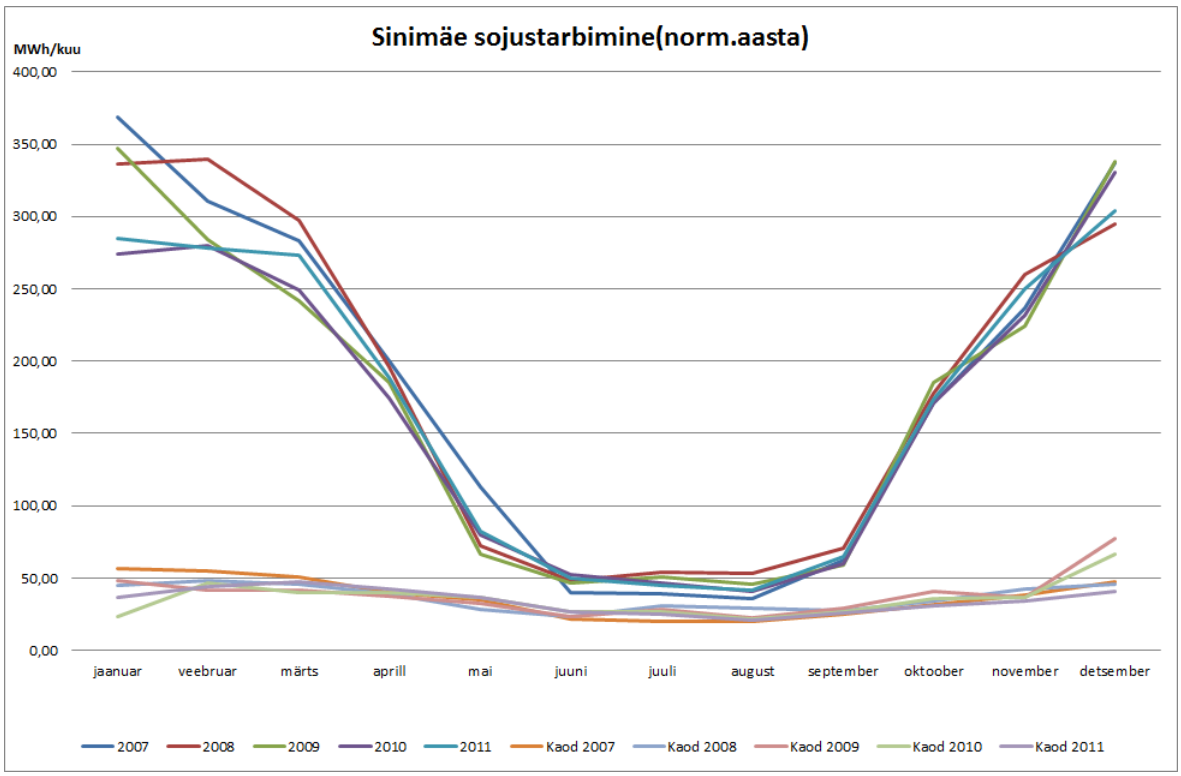
Joonis 1.7. Sinimäe soojusvõrgu tegeliku soojuskoormuse ja soojuskadude kestusgraafik



Joonis 1.8. Sinimäe soojusvõrgu reaalne ja normaliseeritud soojuse väljastus ja tarbimine aastate lõikes



Joonis 1.9. Sinimäe soojusvõrgu reaalne soojuse tarbimine kuude lõikes



Joonis 1.10. Sinimäe soojusvõrgu normaliseeritud soojuse tarbimine kuude lõikes

Viimasel 2012 aastal Sinimäe katlamaja väljastas summaarselt 2026 MWh soojust. Tarbitud soojuse kogus oli 1574 MWh ning võrgu soojuskadu oli 453 MWh, ehk 22,3 %. Alates 2007. aastast on märgata soojuskadude olulist vähenemist tänu suuremahulistele rekonstrueerimistöödele. Samuti on normaliseeritud tarbimise graafikult viimaste aastate kohta märgata tarbimise vähenemise tendentsi, nähtavasti tarbijad lülitavad sügisel oma küttesüsteemid hiljem sisse ja kevadel varem välja.

1.2 Kaugkütte tarbijate kirjeldus

KA Vaiko AS Olgina katlamaja varustab soojusega 11 hoonet: 7 elamut (Narva mnt 3, 5, 7, 9,11, 14 ja 17), lasteaeda (Narva mnt 8), huvikeskust (Narva mnt 12) ja sauna (Männiku 1) ning firma Tego Remont OÜ hoonet (Narva mnt 12). Hoonete kogu köetav kubatuur on 28.33 tuh m^3. Sooja tarbeveega varustatakse ainult sauna, ülejäänud hoonete sooja tarbeveega tsentraalset varustamist katlamajast ei toimu.

Sinimäel asuv KA Vaiko AS katlamaja varustab soojusega 12 hoonet: 8 elamut (Aia tn 1 ja 3; Uus tn 2, 4 ja 6; Pargi tn 3 ja 5; Roheline tn 12), vallamaja (Pargi tn 2), kooli (Kesk tn 1), raamatukogu ja muuseumi (vastavalt Roheline tn 16 ja 19C) ning kahes elamus (Aia tn 1, Uus tn 6) asuvaid bürooruume. Sooja tarbeveega varustatakse 8 hoonet: Aia 1, uus 4 ja 6, Pargi 2, 3 ja 5, Roheline 19B ning kuni oktoobrini 2012 samuti koolimaja (Kesk 1).

Tabel 1.1. Kaugküttesoojuse tarbimine Olgina ja Sinimäe asulates, MWh

Olgina

Aadress	2009	2010	2011	2012	Keskmine 2009-12
Narva mnt. 3 – Elamu	229,5	242,8	226,4	254,8	238,4
Narva mnt. 5 – Elamu	257,9	252,2	243,9	267,0	255,3
Narva mnt. 7 – Elamu	168,6	162,2	154,2	180,0	166,2
Narva mnt. 8 – Lasteaed	97,0	103,3	91,3	94,1	96,4
Narva mnt. 9 – Elamu	186,2	192,7	175,9	192,7	186,9
Narva mnt. 11– Elamu	272,1	336,4	301,7	306,1	304,1

Narva mnt. 12 – Huvikeskus	118,5	119,0	112,4	117,6	116,9
Narva mnt. 14 – Elamu	8,8	7,9	8,5	8,1	8,3
Narva mnt. 17 – Elamu	294,1	320,5	271,2	283,5	292,3
Narva mnt 12 – Ettevõte	48,8	46,9	38,5	46,5	45,2
Männiku 1 – Saun	231,5	221,6	210,0	209,0	218,0
KOKKU Olgina	**1912,9**	**2005,5**	**1833,8**	**1959,4**	**1927,9**
sh soe tarbevesi	177,8	159,1	156,8	149,0	160,7

Sinimäe

Aia 1 – Elamu-büroohoone	116,0	121,0	122,9	136,4	124,1
Aia 3 – Elamu	218,9	256,2	218,5	223,0	229,1
Uus 2 – Elamu	190,2	213,9	176,6	192,2	193,2
Uus 4 – Elamu	134,8	141,9	135,1	152,7	141,2
Uus 6 – Elamu-büroohoone	139,8	135,2	126,2	152,8	138,5
Pargi 2 – Vallamaja	84,2	88,8	77,9	85,8	84,2
Pargi 3 – Elamu	142,6	150,2	131,2	140,6	141,1
Pargi 5 – Elamu	156,3	160,9	142,5	158,9	154,7
Roheline 12 – Elamu	26,8	31,4	27,3	29,5	28,8
Roheline 16 – Raamatukogu	44,7	43,9	36,2	41,0	41,5
Roheline 19C – Muuseum	25,0	28,3	25,0	22,4	25,2
Kesk 1 – Kool	306,6	333,0	313,7	210,5	290,9
Lastekodu 2 – Hoolekandeküla				27,9	27,9
KOKKU Sinimäe	**1586,0**	**1704,5**	**1533,2**	**1573,7**	**1620,3**
sh soe tarbevesi	337,8	295,9	293,4	329,7	**314,2**

KOKKU Olgina ja Sinimäe	**3498,9**	**3710,1**	**3367,0**	**3533,1**	**3527,3**
sh soe tarbevesi	**515,5**	**454,9**	**450,2**	**478,8**	**474,9**

1.3 Soojuskoormuse muutuse prognoosimisest lähiaastateks

Kaugkütte soojuskoormuse arengut tulevikus võib hüppeliselt mõjutada uute tarbijate lisandumine ja ka võimalik tarbijate lahkumine kaugküttesüsteemist. Järk-järgulist alandavat mõju avaldavad soojuskoormusele tarbijate juures teostatud energiasäästumeetmed – nt hoonete täiendav soojustamine ja küttesüsteemide korrastamine.

Vastavalt vallavalitsusest ja KA Vaiko AS-st saadud infole uute kaugküttetarbijate lisandumist lähiaastatel ei ole alust prognoosida, kuna vastavaid plaane pole vallavalitsusele esitatud. Samuti pole ette näha olemasolevate tarbijate lahkumist kaugküttest. Seega avaldavad soojuskoormuse muutumisele mõju tarbijate juures teostatud meetmed soojuse tarbimise tõhustamiseks.

Põhiliselt 2011. aastal on kaheksas elamus teostatud energiaauditid, mille käigus on elamutele väljastatud ka energiatarbimise taset kajastavad energiamärgised. Energiamärgise saanud elamud kuuluvad kaalutud energiakasutusteguri (KEK) väärtusest (kWh/(m^2 a)) tulenevalt valdavalt E klassi, mis on allpool Eestis kehtestatud KEK-skaala keskmist väärtust, s.o skaala keskmisest suurema energiakasutusega. Seega on olemas oluline potentsiaal hoonete energiakulu, eriti soojuse tarbimise, vähendamiseks. Selles osas on soovitusi antud ka energiaauditite aruannetes. Auditites välja pakutud tööd hoonete energiatarbimise vähendamiseks on jaotatud kolme paketti, lähtudes seejuures tööde mahust ja maksumusest. Kokkuhoiumeetmed kõigis pakettides puudutavad järgmiseid hoone osasid ja tehnosüsteeme:

- katus;
- seinad;
- aknad;
- kelder;
- küttesüsteem;
- ventilatsioon.

Kokkuvõtlik analüüs auditites välja pakutud kokkuhoiumeetmete kavandatud tulemustest on esitatud järgnevas tabelis.

Tabel 1.2. Kokkuvõte energiaauditites pakutud energiasäästu meetmete tulemustest

Näitaja	Meetmete pakett		
	1	2	3
Meetmete erimaksumus elamu netopinna kohta, €/m^2	35	60	95
Energia erisääst aastas, kWh/(m^2 a)	35	60	85
Potentsiaalne soojuse sääst elamutes, MWh/a			
Olginas	375	645	913
Sinimäel	305	525	744
Kokku	680	1170	1657

Märkus: Tabelis esitatud potentsiaalne soojuse aastane sääst on arvutatud juhuks, kui kõigis vastava piirkonna elamutes teostatakse kõik vastava paketi säästumeetmed.

Kommentaarina tabeli juurde tuleb lisada, et käesoleval ajal ja lähitulevikus saab reaalselt teostatavateks meetmeteks lugeda ainult pakett 1 meetmeid ja neidki suudetakse suure tõenäosusega realiseerida vaid osaliselt ja järk-järgult. Seetõttu tarbimise olulist vähenemist säästumeetmete tõttu lähiaastatel pole ette näha.

Auditites pakutud meetmete erimaksumus säästetava energiahulga kohta jääb piiridesse 0,9 – 1,2 €/kWh. Auditites esitatud meetmete tasuvusajad (lihtne tasuvusaeg) olid põhiliselt vahemikus 7 – 25 aastat. Seejuures tuleb kõigi majandusnäitajate juures arvestada, et auditid viidi läbi põhiliselt 2011. aastal, praeguseks on tõusnud nii materjalide ja seadmete kui ka töö hinnad. Samuti on tõusnud säästetava energia (soojus, elekter) hind.

1.4 Soojuse hind ja selle reguleerimine

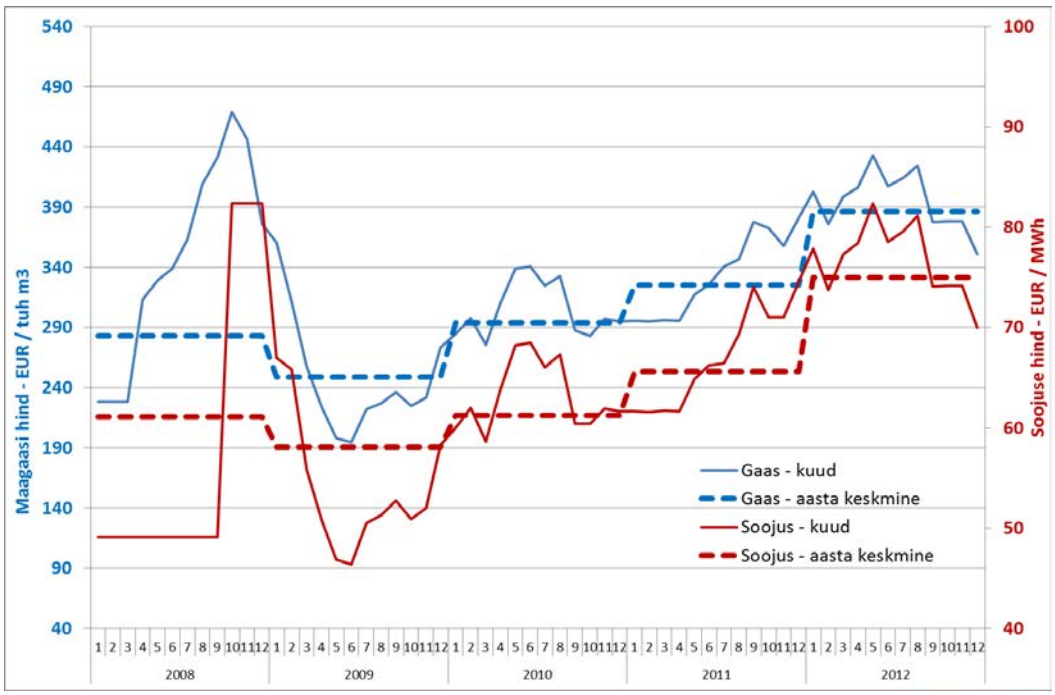
1.4.1 Soojuse hinna tase ja selle muutumine

KA Vaiko AS poolt müüdava soojuse hind on viimase viie aasta jooksul aasta keskmisena tõusnud 22.7%.

Tabel 1.3. KA Vaiko AS müüdud soojuse aasta keskmine käibemaksuta hind, €/MWh

2008	2009	2010	2011	2012
61.10	58.11	61.24	65.60	74.96

Soojuse hinda kõige enam mõjutavaks teguriks on olnud kütuse – maagaasi hind. Seetõttu järgib müüdava soojuse hind ostetava maagaasi hinna muutumist (vt Joonis 1.11). Soojuse hinda küllaltki oluliselt alandada (aasta keskmisena 4.9%) oli võimalik 2009. aastal, kui eelnevalt oli vastavalt alanenud maagaasi hind. Järgnevatel aastatel on soojuse hind küll kuude lõikes teatud määral kõikunud, kuid aasta keskmisena on hinnatõus olnud pidev, nt 2012. aastal isegi 14.3% (võrreldes 2011. a keskmisega).



Joonis 1.11. Maagaasi ja soojuse hindade areng (KA Vaiko AS, 2008–2012)

Käesoleval ajal toodab KA Vaiko AS soojust maagaasist, see tingib ka suhteliselt kõrge soojuse hinna taseme, kui võrrelda Konkurentsiameti poolt kinnitatud kaugküttesoojuse piirhindade üldise tasemega Eestis. Seisuga 31. detsember 2012 jäid kinnitatud piirhinnad vahemikku 27.48 – 90.28 €/MWh (käibemaksuta). Madalaimat piirhinda (27.48 €/MWh Narva Soojusvõrgus) tuleb lugeda erandlikuks, kuna tegemist on suures elektri ja soojuse koostootmisjaamas (Balti Elektrijaam) põlevkivist toodetud soojusega. Katlamajades toodetava soojuse madalaimad hinnad algavad tasemest 45 – 50 €/MWh. Sellistes katlamajades on kütuseks reeglina kas turvas või puiduhake.

Kütuste hinna prognoosidest

Soojuse hinna muutumine tulevikus sõltub kõige rohkem tootmiseks kasutatava kütuse hinna muutumisest. Kütuste hindade prognoosimine on väga komplitseeritud ülesanne, mille lahendamine sõltub paljudest teguritest. Seejuures on mitmete, eriti poliitiliste ja majanduspoliitiliste mõjude ettenägemine ning arvesse võtmine raskendatud ja sageli ka võimatu ülesanne. Reeglina sõltuvad kõigi rahvusvaheliselt kaubeldavate kütuste hinnad nafta hinnast maailmaturul. Selline mõju kehtib otseselt ka maagaasi hinna, kuid kaudsemalt ka kohalike kütuste hindade kohta.

EL kolme peadirektoraadi (Energia; Kliimameetmed; Liikuvus ja Transport) algatusel regulaarselt koostatavates energia- ja kliimaalastes stsenaariumides on praegusel ajal (viimati avaldatud detsembris 2012) kasutusel hinna prognoosid, mille kohaselt EL imporditava maagaasi hind (reaalhindades) tõuseb ajavahemikul 2011 – 2020 18.8%, seega keskmiselt 1.7% aastas. Samal ajal nähakse Maailmapanga poolt koostatavates hinnaprognoosides maagaasi hinda Euroopas 2020. aastaks langevana 8.7% võrra (s.o keskmiselt 1.0% aastas)[1]. Seega, praegusel ajal ei ole otstarbekas piirduda kohaliku soojusvarustuse kavandamisel ühe prognoosiga, vaid arenguvariantides tuleks kindlasti kasutada mitut kütuse hinna prognoosi.

Soojuse hinna prognoosimisel ja põletatavate kütuste vahel valiku tegemisel tuleb arvesse võtta ka viimaste keskkonnamõju, mis kajastub soojuse hinnas keskkonnatasude kaudu. Keskkonnatasude üheks komponendiks on saastetasu kahjulike ainete välisõhku viimise eest. Keskkonnatasude seaduse kohaselt makstavate välisõhu saastetasude määrad ajavahemikus

[1] World Bank, Development Prospects Group. Key commodity prices and indices. Price Forecasts. January 2013.

2012 – 2015 on esitatud järgnevas tabelis.

Tabel 1.4. Saastetasud heitmete viimise eest välisõhk

Saasteaine	2012	2013	2014	2015
Vääveldioksiid (SO_2)	66,21	86,08	111,90	145,46
Süsinikoksiid (CO)	5,78	6,35	6,99	7,70
Tahked osakesed	66,53	86,47	112,42	146,16
Lämmastikoksiidid	91,90	101,10	111,20	122,32
Lenduvad orgaanilised ühendid	91,90	101,10	111,20	122,32
Raskmetallid ja nende ühendid	1240,00	1252,00	1265,00	1278,00
Süsinikdioksiid (CO_2)	2,00	2,00	2,00	2,00

1.4.2 Soojuse hinna reguleerimisest

Vastavalt *kaugkütteseadusele* on kohalikul omavalitsusel oma haldusterritooriumi piires õigus määrata kaugküttepiirkond. Kaugküttepiirkonnas tohib tarbijapaigaldiste varustamiseks soojusega kasutada vaid kaugkütet (v.a isikud, kes kaugküttepiirkonna määramise ajal ei kasutanud kaugkütet), mistõttu ei ole tarbijal võimalik valida alternatiivset kütteviisi. Seega on soojusettevõtja seal monopoolses seisundis. Tulenevalt *monopolidele hinnapiirangute kehtestamise seadusest* on *kaugkütteseaduse* üle järelevalve teostamise ja soojusettevõtjate poolt müüdava soojuse piirhindade kooskõlastamise õigused ja kohustused üksnes Konkurentsiametil.

Müüdava soojuse piirhinnad kooskõlastatakse kaugkütte võrgupiirkondade kaupa. Praegusel ajal kooskõlastab Konkurentsiamet kaugküttesoojuse piirhindu üle 120 võrgupiirkonna jaoks. Soojusettevõtjate majanduslik toimetulek ja efektiivsus sõltuvad eelkõige nende võrgupiirkondade müügimahust, kasutatavast kütuseliigist, tehnilisest efektiivsusest (soojuse tootmise kasutegurist ja trassikaost) ning ettevõtja võimekusest teostada investeeringuid kaugkütte efektiivsemaks muutmiseks ja jätkusuutlikkuse tagamiseks.

Vastavalt *kaugkütteseaduse* § 9 lõikele 1 peab Konkurentsiametiga kooskõlastama müüdava soojuse piirhinna igale võrgupiirkonnale eraldi soojusettevõtja, kes:

- müüb soojust tarbijatele;
- müüb soojust võrguettevõtjale edasimüügiks tarbijatele;
- toodab soojust elektri ja soojuse koostootmise protsessis.

Konkurentsiamet teeb soojuse piirhindade kooskõlastamise kohta otsuse 30 päeva jooksul alates nõuetekohase hinnataotluses esitamisest. Eriti keeruka või töömahuka kooskõlastamistaotluse korral võib Konkurentsiamet menetlemistähtaega pikendada 90 päevani. Soojusettevõtja peab avalikustama oma võrgupiirkonnas soojuse piirhinna vähemalt üks kuu enne selle kehtima hakkamist.

Vastavalt *kaugkütteseaduse* §9 lõikele 4 võivad soojusettevõtjad müüa soojust hinnaga, mis ei ületa Konkurentsiametiga kooskõlastatud piirhinda.

Viimastel aastatel on hakanud mõnede hinnakomponentide, nt kütuste (eriti maagaasi ja põlevkiviõli) hinnad suhteliselt kiiresti tõusma. Selline kütuste hinnatõus ei sõltu soojusettevõtjast, kuid toodetava soojuse hinda tuleb vastavalt muuta, siis on vastavalt kaugkütteseaduse §9 lõikele 10 võimalik soojusettevõtjal taotleda Konkurentsiametilt kooskõlastamise kiirendamiseks hinnavalemi kooskõlastamist ja seda kuni kolmeks aastaks. Hinnavalemit kasutatakse soojuse piirhinna kooskõlastamiseks soojusettevõtja taotlusel tema tegevusest sõltumatute ja soojuse hinda mõjutavate tegurite ilmnemisel. Konkurentsiamet loeb sellisteks teguriteks soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste (eelkõige vedelkütus ja maagaas) hindu.

Ettevõtte taotluse alusel kooskõlastab Konkurentsiamet hinnavalemi. Kooskõlastatud hinnavalemi alusel arvutab ettevõte konkreetse soojuse piirhinna ja esitab selle Konkurentsiametile kooskõlastamiseks. Ettevõttele arvutatakse ning kooskõlastatakse konkreetne soojuse piirhind, mis kehtib kuni kütuse hinna muutumiseni. Seejuures on ettevõte kohustatud kütuse ostmisel lähtuma headest äritavadest, turusituatsioonist ning ostma seda võimalikult soodsa hinnaga.

Soojuse hinna perioodiks loetakse 12 kuulist ajavahemikku, alates hetkest, mil ettevõttele kooskõlastati valemi alusel soojuse hind. Hinnaperioodi arvestus toimub kalendrikuude kaupa ning algab kooskõlastamisele järgnevast kalendrikuust. Kui kütuse hind muutub hinnaperioodi keskel ja ei ole vastavuses hetkel kehtiva kütuse hinnaga, teostatakse 12 kuu möödumisel müüdava soojuse hinna korrektsioon järgnevaks aastaseks perioodiks, võttes aluseks eelneva 12 kuu tegeliku kütuse hinna ja realiseeritud soojusenergia mahu. Hinnaperioodi kestel hinnavalemi komponendiks olevat korrektsiooni ümber ei arvutata.

Konkurentsiamet kooskõlastab hinnavalemi üldjuhul alljärgneval kujul:

$$\text{hind}_{\text{uus}} = \frac{\text{kulud}}{Q_{\text{soojus}}} + \frac{k_{\text{kütus}} \times \text{hind}_{\text{kütus}}}{Q_{\text{soojus}}} - \frac{\text{kompensatsioon}}{Q_{\text{soojus}}} \pm \text{korrektsioon} \quad (€/\text{MWh})$$

kus:

hind_{uus}	–	uus valemipõhine soojuse piirhind (€/MWh);
kulud	–	Konkurentsiameti poolt kooskõlastatud kulud v.a vedelkütus ja maagaas (püsikulud, kapitali kulu, ärikasum, muud muutuvkulud, ostetav soojus, kulud tahkekütusele jt kulud);
$k_{\text{kütus}}$	–	kütuse kogus (vastavalt Konkurentsiameti kooskõlastusele);
$\text{hind}_{\text{kütus}}$	–	kütuse uus hind (teisendatuna kütteväärtusele, milline oli aluseks Konkurentsiameti kooskõlastuses);
Q_{soojus}	–	müüdava soojuse kogus (vastavalt Konkurentsiameti kooskõlastusele);
kompensatsioon	–	ettevõttele makstav kompensatsioon seoses kütuse hinna tõusuga (riigi, kohaliku omavalitsuse jne poolt);
korrektsioon	–	soojuse piirhinna muutus tulenevalt valemis arvestatud kütuse hinna ja tegelikult kujunenud kütuse hinna vahest. Tegurit “korrektsioon” ei arvutata aasta jooksul vaid korrektsioon viiakse sisse peale 12 kuulise perioodi möödumist peale uue kütuse hinna rakendumist soojusettevõtjale (kuid mitte varem hinnavalemi kooskõlastamisest) ja see kehtib järgnevaks 12 kuuks. Kui ettevõte ei esita hinnaperioodi keskel toimunud kütuse hinna kallinemisel Konkurentsiametile taotlust uue soojuse piirhinna kooskõlastamiseks valemi alusel, ei kuulu sellest tulenev vähemlaekumine kompenseerimisele hinnaperioodi lõpul.

Konkurentsiamet näeb ette ka võimaluse, et ettevõte võib esitada kooskõlastamiseks ka enda poolt koostatud hinnavalemi.

Kuna võimalik on ka soojuse hinna komponentide odavnemine, siis tulenevalt kaugkütteseaduse §9 lõikest 9[1] on ettevõtja kohustatud jälgima oma tegevusest sõltumatuid asjaolusid, mis mõjutavad soojuse hinda tarbijale, ja esitama Konkurentsiametile soojuse uue hinna kooskõlastamise taotluse hiljemalt 30 päeva jooksul arvates asjaolu ilmnemisest, mis võib vähendada soojuse hinda tarbijale enam kui 5 protsendi võrra.

2 Vaivara valla kaugküttevõrkude põhinäitajad ja efektiivsus

2.1 Kaugkütte soojusvõrkude põhinäitajad, efektiivsus, soojuskadude analüüs

Põhiline suurus, mille järgi saab hinnata kaugküttevõrgu efektiivsust on soojuskaotegur q_{ksj}. Soojuskaotegur näitab, milline osa kaugküttevõrku väljastatud soojusest ei jõudnud tarbijateni. Soojuskaotegur ei sõltu mitte ainult soojusisolatsiooni efektiivsusest vaid on määratud nelja näitajaga:

- üldine soojusläbikandetegur $K_ü$, W/(m^2 K) (iseloomustab soojusisolatsiooni efektiivsust);
- torude eripind A/L, m^2/m (iseloomustab kaugküttevõrgu torude keskmist läbimõõtu);
- temperatuuri integraal $\int\theta d\tau$, ^{o}Ch, (iseloomustab soojuskandja temperatuuritaset sõltuvalt aastakeskmisest välisõhu temperatuurist);
- soojuse väljastuse ja kaugküttevõrgu pikkuse suhe, ehk võrgu eriväljastus Q/L, MWh/m (iseloomustab soojusväljastuse tihedust).

Soojusvõrgu soojuskaotegur on järgmine:

$$q_{ksj} = \frac{Q_{ksj}}{Q} = \frac{K_ü \cdot A \cdot \int \theta \, d\tau}{Q} = K_ü \cdot \frac{(A/L) \cdot \int \theta \, d\tau}{(Q/L)} \qquad (2.1)$$

kus

Q_{ksj} – soojusvõrgu jaotussoojuskadu aasta jooksul, MWh;
Q – soojusvõrku aasta jooksul antud soojushulk, MWh;
A – torude välispindala, m^2;
L – torude pikkus, m.

Nagu näha, soojusvõrgu soojuskaotegur on seda suurem, mida suurem on üldine soojusläbikandetegur, torude eripind, temperatuuriintegraal ja mida väiksem on eriväljastus.

Üldine hinnanguline soojusläbikandetegur on järgmine:

$$K_ü = \frac{q_{ksj}}{\left[\dfrac{(A/L) \cdot \int \Theta \, d\tau}{(Q/L)}\right]}, \qquad \text{W/(m}^2\text{ K)} \qquad (2.2)$$

Kaugküttevõrgu üldise soojusläbikandeteguri võib arvutada, teades kaugküttevõrgu konstruktsiooni ja kasutatud soojusisolatsioonmaterjale, või hinnata tema suurust soojuskao mõõtmistest. Antud töös on üldine soojusläbikandetegur leitud teades soojuskadu, mis on saadud aasta jooksul kaugküttevõrku väljastatud ja tarbijate saadud soojushulkade vahena. Algandmed reaalselt kaugküttevõrku väljastatud ja tarbijate poolt saadud soojushulkade kohta on saadud soojustootja käest, samuti on teada reaalsed soojuskandja ja välisõhu temperatuurid. Tarbijate juures kasutatavate soojusmõõturite suhteline viga nominaalkoormusel võib olla piirides ±3% ja mõõtmispiirkonna alguses ±5%. Sama täpsus on ka kaugküttevõrku väljastatava soojushulga mõõtmisel.

Temperatuuriintegraal $\int\theta d\tau$, ehk soojuskandja keskmise temperatuuri ja väliskeskkonna temperatuuri erinevuste kestus aastas on Olgina soojusvõrgus $4{,}453 \cdot 10^5$ ^{o}Ch ja Sinimäe soojusvõrgus $6{,}155 \cdot 10^5$ ^{o}Ch. Olgina soojusvõrk töötab ainult kütteperioodil, suvisel ajal ei tööta, sooja tarbevett ei valmistata. Sinimäe soojjsvõrk töötab ka suvisel ajal, antakse sooja tarbevett. Soojuskandja temperatuurirežiim on 95/70 ^{o}C (90...95/65...70 ^{o}C). Olgina võrgus kütteperioodil hoitakse pealevoolu vee temperatuuri konstantsena 90...95 ^{o}C ja tagasivoolu vee temperatuuri

65...70 ^{o}C. Sinimäe soojusvõrgus võrgus kütteperioodil hoitakse pealevoolu vee temperatuuri konstantsena 90...95°C ja tagasivoolu vee temperatuuri 65...70 ^{o}C ja suvisel perioodil kui valmistatakse sooja tarbevett pealevoolu vee temperatuur tuleb ~80...85 ^{o}C ja tagastuv ~55...60 ^{o}C.

Soojusvõrgu keskmine diameeter leitakse järgmiselt:

$$d_a = \frac{A/L}{2 \cdot \pi}, \quad \text{m} \qquad (2.3)$$

Kaugküttevõrkude (soojusvõrkude) soojuskadude analüüsimisel soojuskaotegur q_{ksj} jaotatakse kaheks teguriks: üldiseks soojusläbikandeteguriks ja jaotusteguriks. Jaotustegur on järgmine:

$$q_{jt} = \frac{q_{ksj}}{K_{ü}} = \frac{(A/L) \cdot \int \theta \, d\tau}{(Q/L)}, \quad (\text{m}^2\text{K})/\text{W} \qquad (2.4)$$

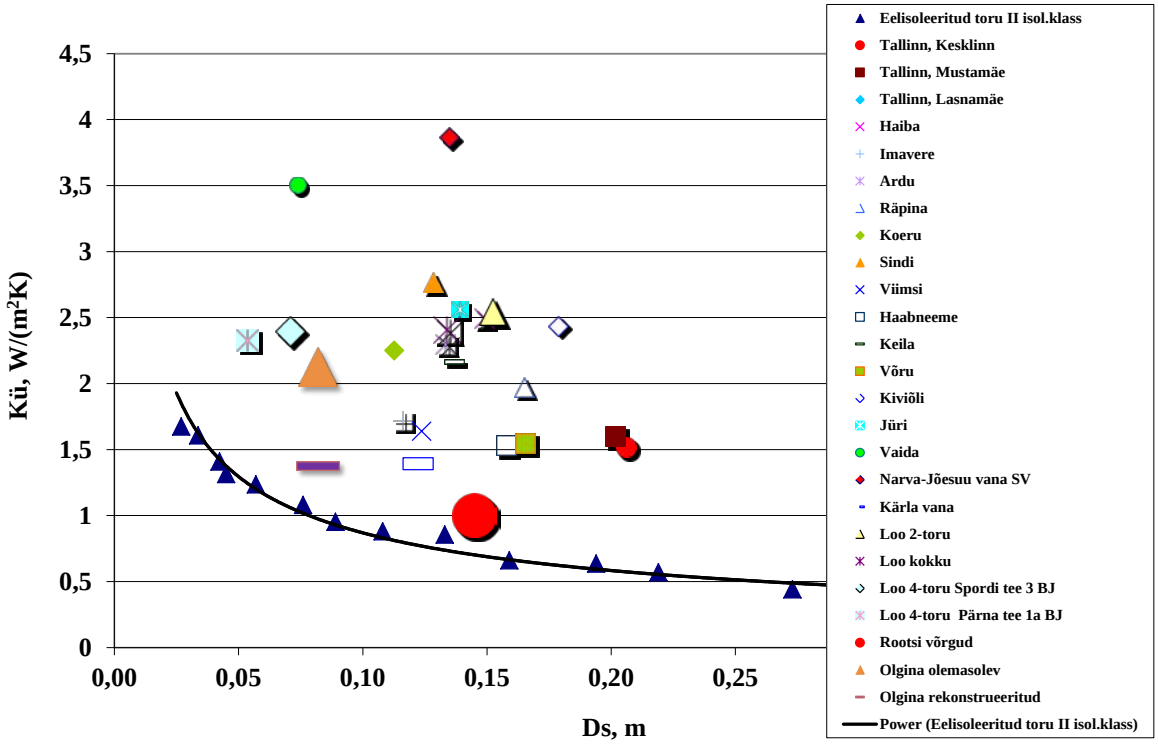
Jaotustegur väljendab võrgu potentsiaali omada teatud suhtelist jaotuskadu. Mida väiksem on jaotustegur, seda väiksem on soojuskaotegur. Üldine soojusläbikandetegur on proportsionaalsus konstant, mis väljendab soojuskadude vähendamise võimalust soojusisolatsiooni efektiivsuse tõstmisega.

Joonis 2.1. kujutab erinevate Eesti kaugküttevõrkude üldiseid soojusläbikandetegurid sõltuvalt võrgu keskmisest diameetrist. Alumine joon on maa-aluse eelisoleeritud toru arvutuslik soojusläbikandetegur, mida võib tänapäeval pidada parimaks võimalikuks näitajaks. Võrdluseks on toodud ka Rootsi tüüpiliste kaugküttevõrkude soojusläbikandeteguri väärtus.

Olgina praeguse olemasoleva kaugküttevõrgu üldine soojusläbikandetegur viimaste aastate andmete alusel on oluliselt vähenenud tänu rekonstrueerimistöödele: 2007. aastal oli see näitaja 3,6 W/(m^2 K) aga 2011. aastaks oli see vähenenud 1,7 korda olles 2,12 W/(m^2 K). Võrgu keskmine diameeter on d_k = 82 mm ning üldiselt torude üledimensiooneritus ei ole probleemiks. Olemasoleva võrgu üldine soojusläbikandetegur on ~2,2 korda suurem kui oleks sama keskmise diameetriga kaasaegsel eelisoleeritud torudest võrgul (0,951 W/(m^2 K)). Küllalt kõrget võrgu üldist soojusläbikandetegurit võivad põhjustada veel rekonstrueerimata lõigud, mille soojusisolatsioon on halvas seisundis, toru alt ripub ja pealt on kokkupaakunud ning vesi sattudes maaalustesse kanalitesse niisutab soojusisolatsiooni või isegi uputab torusid.

Täielikult rekonstrueeritud soojusisolatsiooniga kaugküttevõrgu üldine soojusläbikandetegur on 1,37 W/(m^2 K).

Kaugküttevõrgu ühe jooksva meetri soojuskadu tuleb olemasolevas võrgus keskmiselt 0,49 MWh/m ja rekonstrueeritud võrgus – 0,31 MWh/m aastas, seega soojuskadu väheneb ~1,6 korda. Joonisel 2.1 on toodud Olgina kaugküttevõrgu soojusläbikandetegurite ja keskmiste diameetrite väärtused praegusel ajal ja pärast võrgu täielikku rekonstrueerimist.

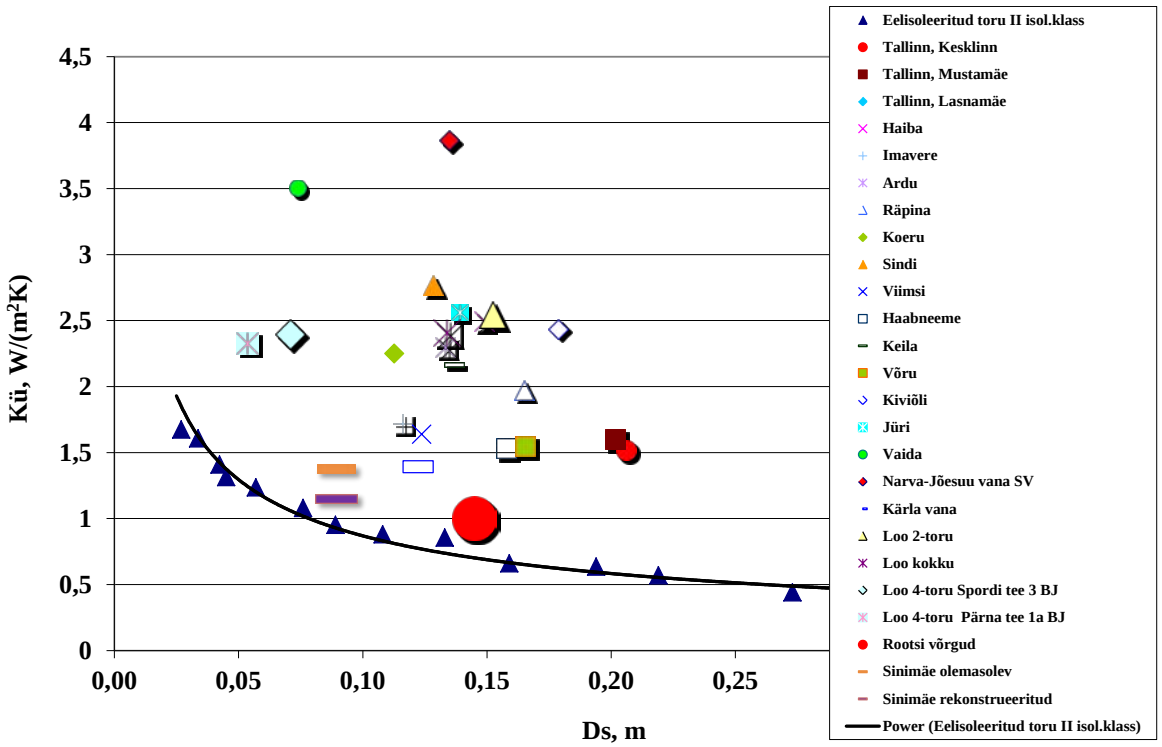


Joonis 2.1. Soojusläbikandetegurid Olgina võrgus (enne ja pärast täielikku rekonstrueerimist) ning teistes Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkudes

Sinimäe soojusvõrgus rekonstrueerimistööde tulemusena võrgu torude üldine soojusläbikandetegur vähenes oluliselt juba alates 2007. aastast ja on olnud vahemikus 1,3–1,4 W/(m^{2}K). Võrgu keskmine diameeter on d_k = 89 mm. Olemasoleva võrgu soojusläbikandetegur on ~1,5 korda suurem kui oleks sama keskmise diameetriga kaasaegsel eelisoleeritud torudest võrgul (0,95 W/(m^2 K)).

Kuna Sinimäe soojusvõrk asub kõrgendikul, siis soojusvõrgu vanad osad nähtavasti ei "upu" ning soojusisolatsioon ei saa nii niiskeks ja ei tõsta võrgu torude üldist soojusläbikandetegurit nii suurel määral kui Olgina võrgus.

Rekonstrueeritud soojusisolatsiooniga kaugküttevõrgu üldine soojusläbikandetegur tuleb 1,14 W/(m^2 K). Kaugküttevõrgu ühe jooksva meetri soojuskadu on olemasolevas võrgus keskmiselt 0,5 MWh/m ja rekonstrueeritud võrgus – 0,4 MWh/m aastas (soojuskadu väheneb ~ 1,3 korda). Joonisel 2.2 on toodud Sinimäe kaugküttevõrgu soojusläbikandetegurite ja keskmiste diameetrite väärtused praegusel momendil ja pärast võrgu täielikku rekonstrueerimist.



Joonis 2.2. Soojusläbikandetegurid Sinimäe võrgus (enne ja pärast täielikku rekonstrueerimist) ning teistes Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkudes

Kaugküttevõrkude mahulise eriväljastuse sõltuvust pikkuselisest eriväljastusest on vaadeldud allpool toodud joonisel (vt Joonis 2.3 ja Joonis 2.4). Mahuline eriväljastus näitab, mitu MWh soojust väljastatakse aasta jooksul kaugküttevõrku võrgus ringleva vee mahuühiku kohta. Pikkuseline eriväljastus näitab, mitu MWh soojust väljastatakse aasta jooksul kaugküttevõrku võrgu pikkusühiku kohta. Mida suurem on võrgu torude keskmine diameeter, seda suurem on ringleva vee maht ja väiksem on mahuline eriväljastus.

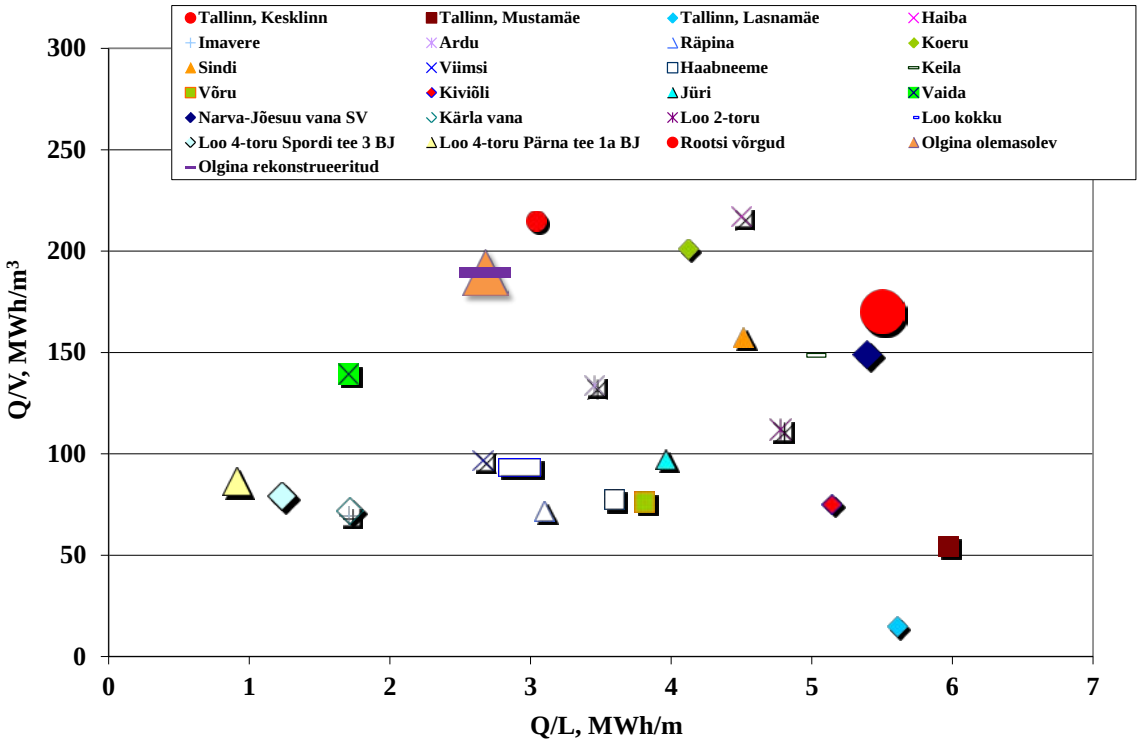
Olgina praeguse kaugküttevõrgu mahuline eriväljastus on ~215 MWh/m^3. Olgina kogu kaugküttevõrgu pikkuseline eriväljastus on 3,0 MWh/m ja suhteline aastane soojuskadu võrgu vanade osade soojusisolatsiooni madala efektiivsuse ning madala eriväljastuse tõttu on suur – 16%.

Sinimäe praeguse kaugküttevõrgu mahuline eriväljastus on ~151 MWh/m^3. Sinimäe kogu kaugküttevõrgu pikkuseline eriväljastus on 2,2 MWh/m ja suhteline aastane soojuskadu vanade osade soojusisolatsiooni madala efektiivsuse ning madala eriväljastuse tõttu (põhiliselt) on suur – 21,4%.

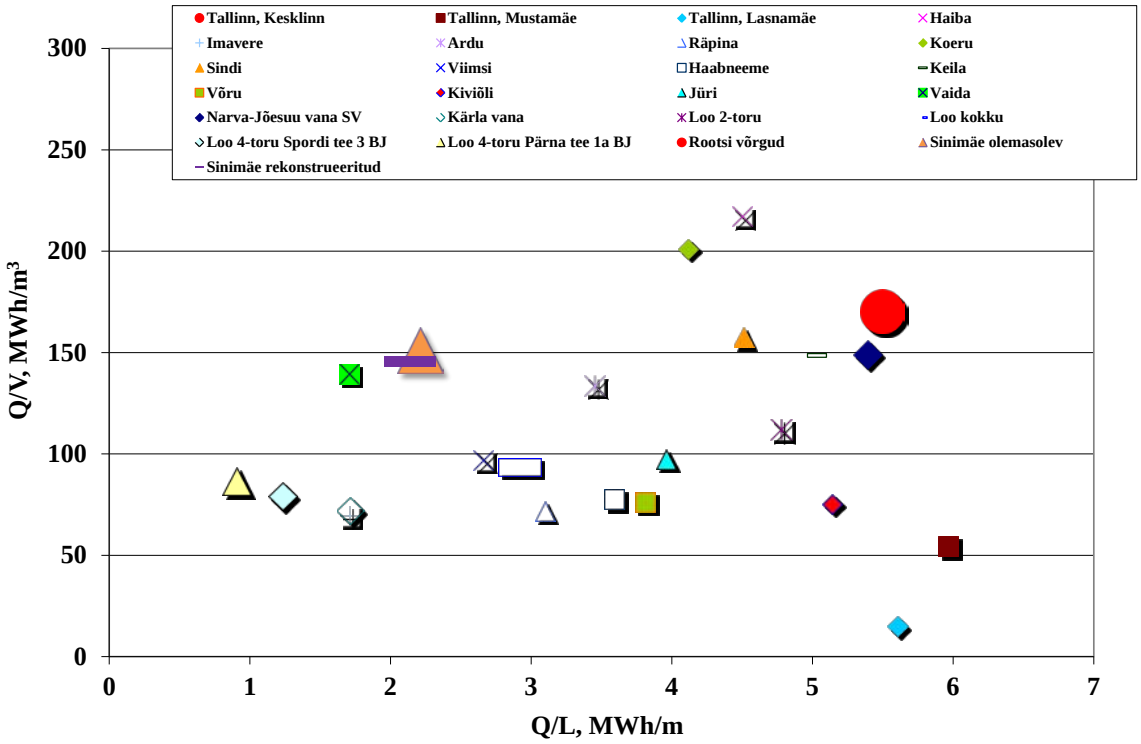
Olgina ja Sinimäe võrkudes mahulised eriväljastused on piisavalt kõrged ning enamik torusid ei ole üle dimensioneeritud.

Rootsis on tüüpilistel väikelinnade (oluliselt suuremad kui Olgina ja Sinimäe) kaugküttevõrkudel mahuline eriväljastus 160 – 170 MWh/m^3 ja pikkuseline eriväljastus 4 – 5 MWh/m torude keskmise diameetri 140 – 150 mm juures.

Selleks, et parandada võrgu eritarbimist, tuleb kas liita sama võrgu pikkuse juures rohkem tarbijaid.



Joonis 2.3. Olgina kaugküttevõrgu ning teiste Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkude mahulise eriväljastuse sõltuvus pikkuselisest eriväljastusest



Joonis 2.4. Sinimäe kaugküttevõrgu ning teiste Eesti ja Rootsi kaugküttevõrkude mahulise eriväljastuse sõltuvus pikkuselisest eriväljastusest

Olgina kaugküttevõrgu soojuskao vähenemise potentsiaal pärast kaugküttevõrgu vanade torude eelisoleeritud torudega asendamist on küllalt suur. Praeguse võrgu soojuskadu on ~345 MWh aastas ja peale vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneks ~223 MWh-ni aastas, soojussäästu potentsiaal on seega ~122 MWh (vähenemine ~1,54 korda).

Sinimäe kaugküttevõrgu soojuskao vähenemise potentsiaal pärast kaugküttevõrgu vanade torude eelisoleeritud torudega asendamist on samuti küllaltki suur. Praeguse võrgu soojuskadu on ~433 MWh aastas ja pärast vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneks ~362 MWh-ni aastas, seega on soojussäästu potentsiaal ~71 MWh (vähenemine ~1,2 korda).

Järgnevates tabelites (Tabel 2.1 ja Tabel 2.2) on toodud Olgina ja Sinimäe ning võrdluseks ka kaasaegsete Rootsi kaugküttevõrkude põhiparameetrid (Tabel 2.3).

Küllalt kõrge suhtelise kao põhjustab tarbimise ja võrgu pikkuse madal suhe. Sellepärast jääb suhtelise soojuskao protsent küllalt kõrgeks ka pärast võrgu täielikku rekonstrueerimist, kui kõik vanad torud asendatakse eelisoleeritud torudega.

Olgina soojusvõrgus saab suhtelise soojuskao protsent praeguselt tasemelt (16%) väheneda pärast allesjäänud vanade osade rekonstrueerimist mitte alla 12% taseme, seda võrgu madala soojuse eriväljastuse (2,7–3,0 MWh/m) tõttu.

Sinimäe soojusvõrgus suhtelise soojuskao protsent praeguselt tasemelt (21,4%) võib väheneda pärast allesjäänud vanade osade rekonstrueerimist mitte alla 18,6% taseme, seda just võrgu madala soojuse eriväljastuse (2,1–2,2 MWh/m) pärast.

Nagu näha mõjutab soojuskao protsenti oluliselt ka võrgu koormatus ning madala eriväljastuse korral jääb soojuskao protsent ikkagi suureks ka täielikult rekonstrueeritud, väga efektiivse soojusisolatsiooniga eelisoleeritud torudest võrgu korral.

Tabel 2.1. Olgina soojusvõrku iseloomustavad suurused enne ja pärast rekonstrueerimist

Olgina soojusvõrgu näitajad	Väljastus, Q, MWh	Tarbimine, Qt, MWh	Soojuskadu, Qsjk, MWh	Soojuskadu, Qsjk, %	Soojus-kaotegur qsjk	Torude keskmine diameeter, m	Võrgu pikkus, L, m	Võrgu maht, V, m^3	Eriväljastus Q/L, MWh/m	Eriväljastus Q/V, MWh/m^3	Erikadu Qsjk/L, MWh/m	Pind-ala A, m^2	Eri-pind A/L, m^2/m	Eri-maht V/L, m^3/m	Üldine soojus-läbikandetegur K, W/(m^2K)	Jaotus-tegur qjt, (m^2K)/W
olemasolev (2012 alusel)	2155,2	1677,0	344,9	16,0	0,160	0,082	709,2	10,0	3,0	214,8	0,49	364,5	0,514	0,014	2,124	0,075
täielikult rekonstrueeritud (uus)	1900,0	1677,0	223,0	11,7	0,117	0,082	709,2	10,0	2,7	189,4	0,31	364,5	0,514	0,014	1,374	0,085

Tabel 2.2. Sinimäe soojusvõrku iseloomustavad suurused enne ja pärast rekonstrueerimist

Sinimäe soojusvõrgu näitajad	Väljastus, Q, MWh	Tarbimine, Qt, MWh	Soojuskadu, Qsjk, MWh	Soojuskadu, Qsjk, %	Soojus-kaotegur qsjk	Torude keskmine diameeter, m	Võrgu pikkus, L, m	Võrgu maht, V, m^3	Eriväljastus Q/L, MWh/m	Eriväljastus Q/V, MWh/m^3	Erikadu Qsjk/L, MWh/m	Pind-ala A, m^2	Eri-pind A/L, m^2/m	Eri-maht V/L, m^3/m	Üldine soojus-läbikandetegur K, W/(m^2K)	Jaotus-tegur qjt, (m^2K)/W
olemasolev (norm.)	2019,1	1586,2	432,9	21,4	0,214	0,089	911,9	13,4	2,2	151,0	0,47	512,2	0,562	0,015	1,373	0,156
täielikult rekonstrueeritud (uus)	1948,1	1586,2	361,9	18,6	0,186	0,089	911,9	13,4	2,1	145,7	0,40	512,2	0,562	0,015	1,148	0,162

Tabel 2.3. Rootsi tüüpilisi kaugküttevõrke iseloomustavad suurused

Kaugküttevõrk	q_{ksj}	d_a, m	A/L, m^2/m	V/L, m^3/m	$\int\Theta\cdot d\tau$, $10^5\cdot{}^oC\cdot h$	Q/L, (MW·h)/m	Q/V, (MW·h)/m^3	Q_{ksj}/L, (MW·h)/m	$K_ü$, W/(m^2·K)
Rootsi tüüpilised kaugküttevõrgud	0,07-0,085	0,140-0,150	0,880-0,942	0,031-0,035	5,6	4-5	162-170	0,35-0,43	0,9-1,1

Järgnevalt on esitatud kaugküttevõrkude põhisuurusi mõjutavad tegurid ja meetmed nende põhisuuruste parandamiseks.

Soojusläbikandetegur

Mida väiksem on üldine soojusläbikandetegur, seda efektiivsem on torude soojusisolatsioon. Soojusläbikandetegurit saab vähendada ainult tõstes soojusisolatsiooni efektiivsust, s.t paigaldada uus kivivillkoorikutest soojusisolatsioon vanadele torudele või paigaldada uued eelisoleeritud torud.

Vanad maa-aluses kanalis asuvad kaugküttevõrgud on väga tundlikud sademete hulgale, eriti kui drenaaž on puudu, või purunenud. Vihmavesi ja lume sulamisel tekkiv vesi, sattudes ebatiheduste kaudu kanalisse, suurendab märgatavalt soojusisolatsioonimaterjali soojusjuhtivustegurit, seega ka üldist soojusläbikandetegurit. Viimasel ajal on märgatav soojusläbikandeteguri vähenemise tendents. See on seletatav sellega, et halvas seisundis olevaid kaugküttevõrgu lõike asendatakse eelisoleeritud torudega. Mõned üksikud "uppuvad" kaugküttevõrgu lõigud võivad oluliselt suurendada üldist soojusläbikandetegurit, vaatamata sellele, et osa vanu lõike on asendatud eelisoleeritud torudega. Selliste halbade lõikude torude asendamine uute eelisoleeritud torudega võib tunduvalt vähendada kogu kaugküttevõrgu üldist keskmist soojusläbikandetegurit.

Soojuskaotegur ehk suhteline soojuskadu

Suhteline soojuskadu tuleb seda väiksem, mida

1. suuremat soojushulka edastatakse kaugküttevõrgu kaudu;
2. efektiivsem on soojusisolatsioon ja väiksem on üldine soojusläbikandetegur,
3. madalam on soojuskandja temperatuurirežiim;
4. väiksem on torude diameeter ja seega ka eripind.

Soojushulk suureneks vaid siis, kui olemasoleva kaugküttevõrguga liituksid uued tarbijad või olemasolevate tarbimine kasvaks. Reaalne trend on pigem vastupidine – tarbijad väärtustavad energiasäästu aina rohkem ja rohkem.

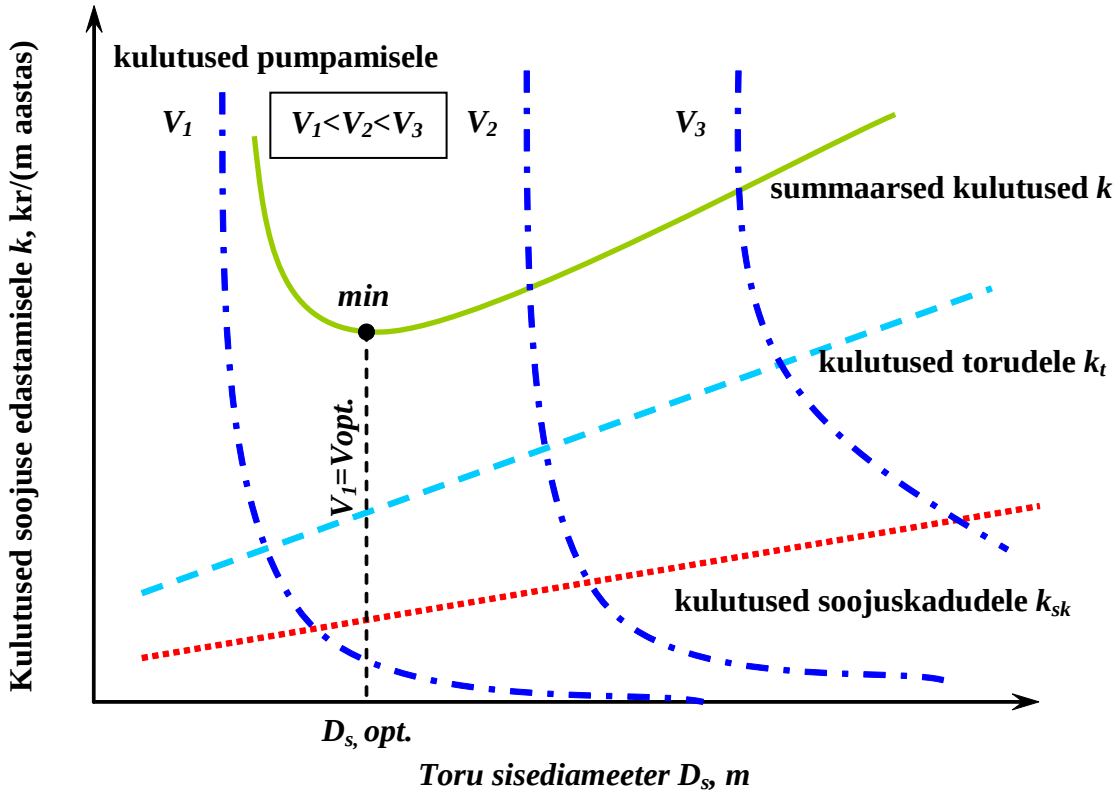
Kolmanda meetme rakendamine ei õnnestu samuti vaid soojusettevõtja suva alusel, sest vanemate hoonete küttesüsteemid on nende ehitamise ajal projekteeritud ja välja ehitatud suhteliselt kõrgetele soojuskandja temperatuuridele. Küll aga võimaldaks hoonete küttesüsteemide ja soojussõlmede hea korrasolek alandada tagastuva soojuskandja temperatuuri, millega väheneb vajalik soojuskandja vooluhulk. Sellisel juhul saaks vähendada kaugküttevõrgu läbimõõtu.

Seega jäävad reaalsemateks võimalusteks meetmed 2 ja 4, ehk paremate torude kasutamine ja võimaluse korral nende läbimõõdu vähendamine.

Kaugküttevõrgu optimeerimine

Küsimusest kuidas valida soojuskandjat edastava torustiku optimaalne diameeter, annab ülevaate klassikaline optimeerimise ülesanne. Joonis 2.5 näitab, kuidas saab arvutada kaugküttevõrgu toru majanduslikult optimaalset sisediameetrit. Antud juhul soojuskandja edastamise kulude funktsioon koosneb pumpade ja torustiku maksumusest ja rajamisest, soojuskadude, ning pumpamisele kulutatava energia maksumustest. Nendest kolmest kulutuse osast, kaks esimest suurenevad mõõdukalt sisediameetri suurenemisega, kuid pumpamiskulutused vähenevad väga kiiresti toru sisediameetri suurenemisega kuna pumpamiskulud on võrdelised toru sisediameetriga viiendas astmes ($K_p \sim D_s^5$). Tavaliselt sellist tüüpi optimeerimise ülesanne lahendatakse muutes toru sisediameetrit maksimaalsele koormusele vastava konstantse kulu korral. Antud töös esinevatele

soojuskoormustele vastavad optimaalsed sisediameetrid on leitud graafilisel teel.

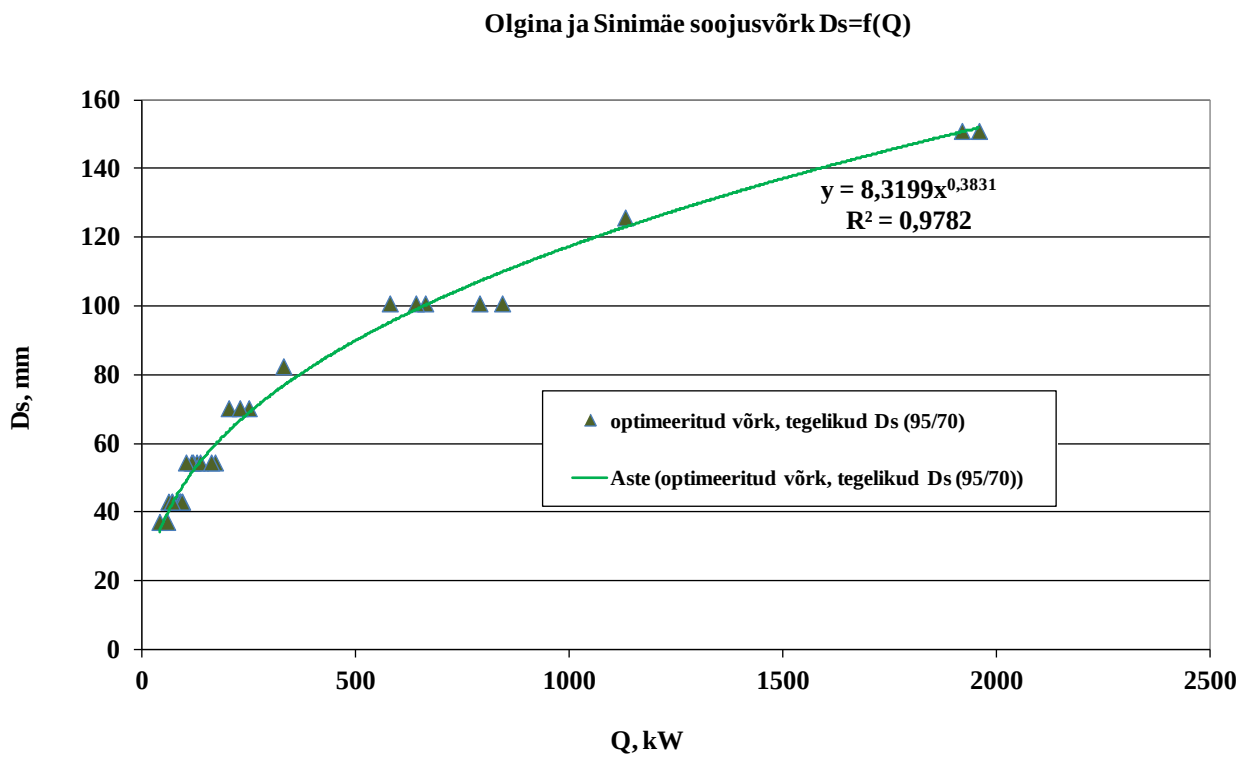


Joonis 2.5. Kaugküttevõrgu toru majanduslikult optimaalse sisediameetri leidmine

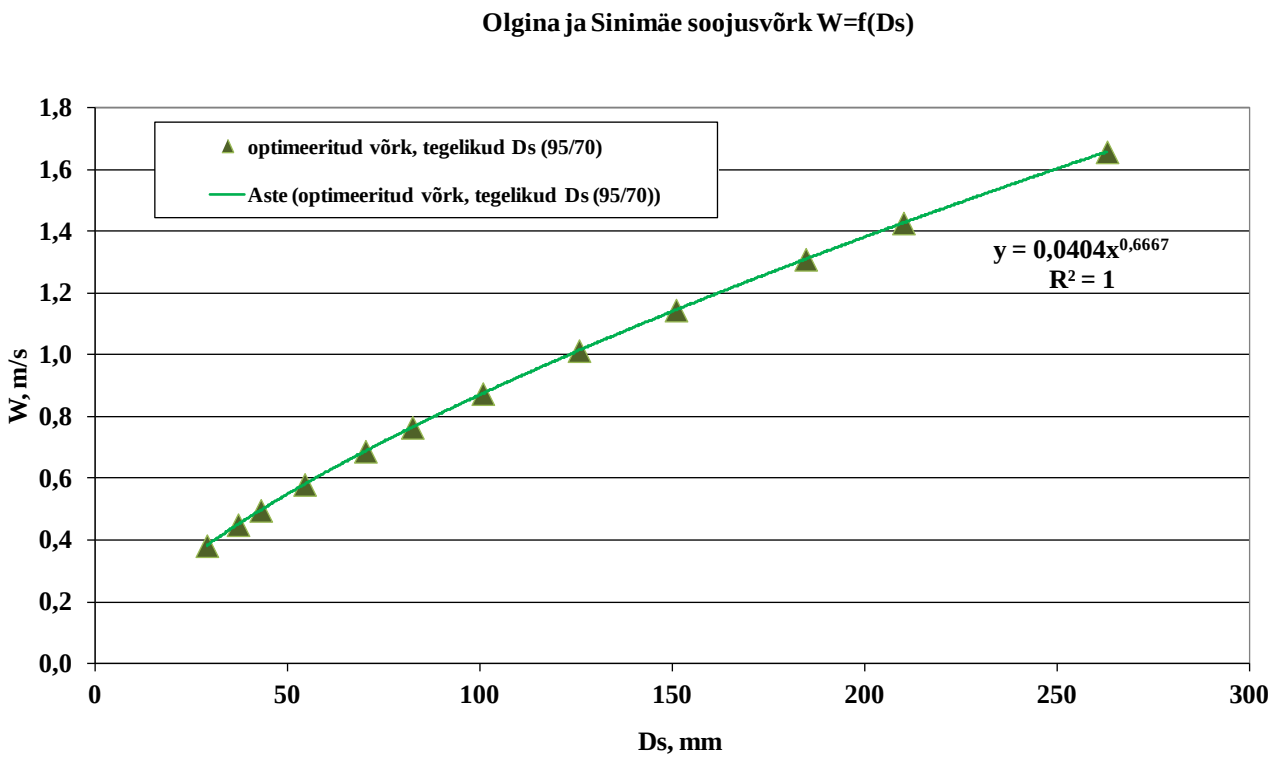
Optimeerimise arvutused on tehtud soojuskandja erinevatel temperatuurirežiimidel. Olgina ja Sinimäe võrkudes on kasutusel 95/70 ^{o}C (90...95/65...70 ^{o}C). Kaugküttevõrgu ehitamise hinnad on võetud 2011. aasta Eesti keskmised. Soojuse ja elektri hinnaks on võetud praegu kehtiv hind, kaugküttevõrgu elueaks 30 aastat ja intressi määraks 10%

Optimeerimise tulemuste näited Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudele on esitatud järgmistel joonistel (Joonis 2.6, Joonis 2.7 ja Joonis 2.8).

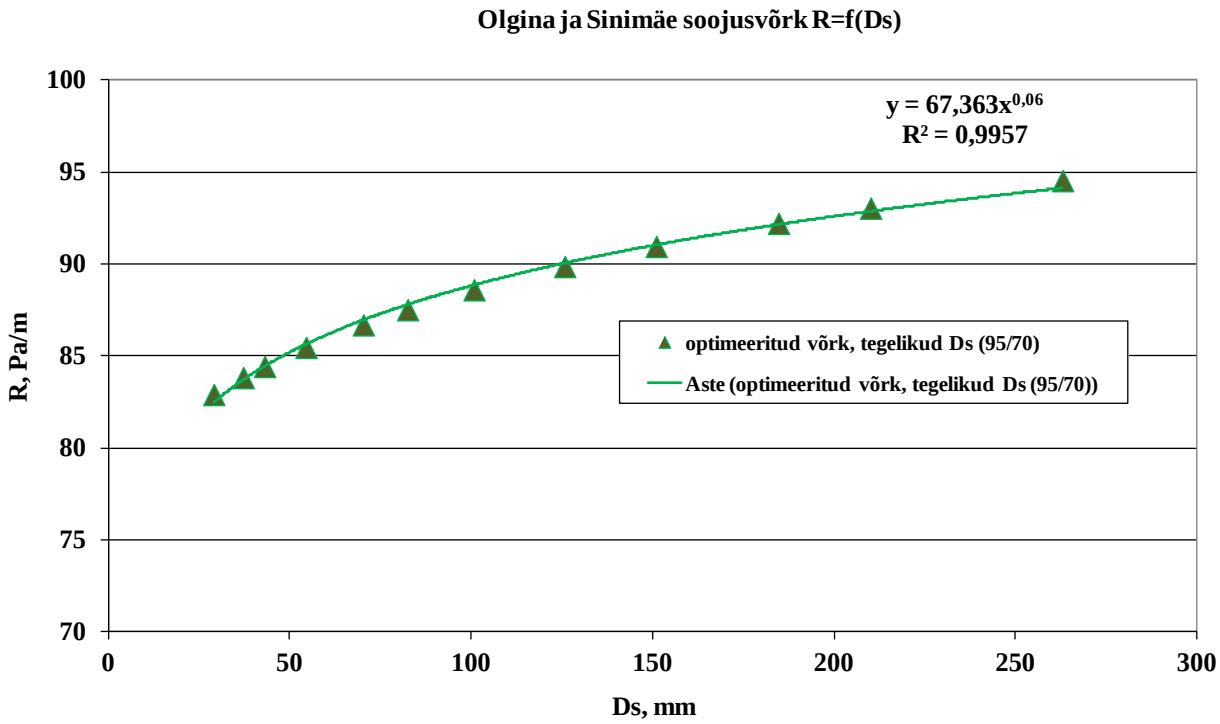
Ühel kindlal soojuskoormusel sõltub torude sisediameetri suurus põhiliselt soojuskandja temperatuurirežiimist, ehk sellest kui palju soojuskandja temperatuur langeb tarbija soojussõlmes.



Joonis 2.6. Toru optimaalse sisediameetri sõltuvus soojuskoormusest



Joonis 2.7. Soojuskandja optimaalse kiiruse sõltuvus toru sisediameetrist



Joonis 2.8. Optimaalse erirõhukao sõltuvus toru sisediameetrist

Kaugküttevõrkude magistraaltorude sisediameetrite tegelikul dimensioneerimisel tuleb kindlasti arvestada ka soojuskoormuse võimalikku suurenemist lähitulevikus, alati peab jääma mingi varu.

Enne kui asutakse kaugküttevõrku rekonstrueerima, on vaja kindlasti arvestada viimastel aastatel toimunud muutustega (kaugküttest loobunud ning liitunud tarbijad) ning arvestada ka uute potentsiaalsete tarbijate liitumise võimalustega. Samuti tuleb kontrollida, kas rekonstrueeritavas kohas võrgu hüdrauliline režiim lubab kasutada väiksema diameetriga torusid või mitte.

Kokkuvõte

- Väljakujunenud soojuskoormusega ja konfiguratsiooniga kaugküttevõrgu efektiivsuse hindamisel soojuskadude vähendamise osas on kriteeriumiks otstarbekas kasutada üldist soojusläbikandetegurit, mille vähenemine viitab edusammudele soojusisolatsiooni efektiivsuse tõstmisel (seda on hästi märgata nii Olgina kui ka Sinimäe soojusvõrkudes).
- Kaugküttevõrgu rekonstrueerimisel tuleks valida võimalikult optimaalse sisediameetriga torustik ning seejuures arvestada muutustega tarbijate osas (kaugküttest loobujad ja potentsiaalsed liitujad). Olgina ja Sinimäe võrkudes enamik torusid ei ole üledimensioneeritud.
- Üldiselt, praktikas ei tasu uusi ülekandetorustike paigaldada olemasoleva soojuskoormuse järgi, sest arvestades eelisoleeritud torustiku eluiga (~30–40 a), võib selle aja jooksul liituda uusi tarbijaid. Ülekandetorustiku väljavahetamine on suhteliselt kallis ning katkestab jaotustorustiku kaudu ka erinevate tarbijate soojusvarustuse.

2.2 Soojusvõrkudes teostatud rekonstrueerimistööd ning nende mõju efektiivsusele

Viimastel aastatel on nii Olgina kui ka Sinimäe soojusvõrkudes on viidud läbi märkimisväärsed rekonstrueerimistööd. Rekonstrueerimistööde mahud ja maksumused on toodud järgnevas tabelis. Rekonstrueerimistööde kogumaht on 340 tuh.€

Tabel 2.4. Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudes teostatud rekonstrueerimistööde mahud ja maksumused

	Kuupaev	*summa EUR*
Olgina ja Sinimäe katlamajade ringlussüsteemidele sagedusmuundurite paigaldus	01.12.2004	4 861,12
Sinimäe katlamaja energia-gaasi-veevarustus renoveerimine	01.12.2004	8 608,90
Sinimäe katlamajas põleti ja toitesüsteem paigaldus	01.11.2004	21 052,50
Olgina katlamaja katla paigaldus	01.10.2005	36 800,33
Sinimäe soojustrass Kesk 4 -Roheline 19D (86.1m)	01.01.2007	19 173,49
Sinimäe soojustrass katlamaja-Uus2 (122,1m)	16.10.2007	39 024,45
Olgina soojustrass k9-Narva mnt 8 (53,17m)	01.11.2007	5 292,58
Olgina soojustrass k3-k9 (76,97m)	01.11.2007	8 753,01
Olgina soojustrass k5-k10 (230,97m)	01.11.2007	33 824,24
Olgina katlamaja välisfassaadi viimistlemine koos välisuste ja akende väljavahetamisega	01.06.2008	22 278,83
Olgina katlamajas põlevkiviõlil kahel kütusel töötava põleti paigaldamine	01.10.2008	13 657,92
Olgina soojustrass Männiku tn 1a- Männiku tn 1 K3 (64m)	12.10.2012	18 811,43
Olgina soojustrass Männiku tn 1- Narva mnt 9 (K3-K4) (104m)	12.10.2012	30 568,57
Olgina soojaveetrass Männiku tn 1a- Männiku tn 1 (48m)	12.10.2012	2 469,00
Sinimäe soojustrass Uus tn 2-Kesk-Roheline 19D KT1-KT4 (202m)	12.10.2012	33 810,70
Sinimäe soojustrass Roheline 19D - Lastekodu tn (185m)	01.12.2012	41 164,07
Kokku:		340151,14

Praeguseks on Olgina soojusvõrgus rekonstrueeritud 559 m (79%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maa-aluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 150 m (21%). Võrgu summaarne pikkus on 709 m.

Sinimäe soojusvõrgus on rekonstrueeritud 647 m (71%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maaaluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 265 m (29%). Võrgu summaarne pikkus on 912 m.

Rekonstrueerimistööde tulemusena on võrgu soojuskaod vähenenud alates 2007. aastast. Kui vaadelda kogu soojusvõrgu torude soojusisolatsiooni efektiivsust tervikuna, siis on märgata torude isolatsiooni soojusläbikandeteguri olulist langemist. Mida väiksem on soojusläbikandetegur, seda efektiivsem on soojusisolatsioon ja väiksemad kaod.

Olgina soojusvõrgus vähenes rekonstrueerimistööde tulemusena võrgu torude üldine soojusläbikandetegur oluliselt – 2007. aastal oli tegur 3,59 W/(m^{2}K), 2011. aastal aga 1,7 korda madalam – 2,12 W/(m^{2}K). Olgina soojusvõrgu torude kaalutud keskmine diameeter on 82 mm ning võrdluseks võib tuua sellele diameetrile vastava teise soojusisolatsiooni klassiga eelisoleeritud torudest maaaluse soojusvõrgu soojusläbikandeteguri, mis on 0,951 W/(m^{2}K) olles 2,2 korda väiksem kui praegusel olemasoleval võrgul. Küllalt kõrget võrgu üldist soojusläbikandetegurit võivad põhjustada veel rekonstrueerimata lõigud, mille soojusisolatsioon on halvas seisundis, toru alt ripub ja pealt on kokkupaakunud ning vesi sattudes maaalustesse kanalitesse niisutab soojusisolatsiooni või isegi uputab torusid.

Sinimäe soojusvõrgus rekonstrueerimistööde tulemusena võrgu torude üldine soojusläbikandetegur oluliselt vähenes juba alates 2007. aastast ja on olnud vahemikus 1,3–1,4 W/(m^2K). Sinimäe soojusvõrgu torude kaalutud keskmine diameeter on 89 mm. Võrdluseks – sellele diameetrile vastava soojusisolatsiooni teise klassiga eelisoleeritud torudest maa-aluse soojusvõrgu soojusläbikandetegur on 0,95 W/(m^2 K), mis on 1,5 korda väiksem kui praegusel olemasoleval võrgul. Kuna Sinimäe soojusvõrk asub kõrgendikul, siis soojusvõrgu vanad osad ei upu ning soojusisolatsioon ei saa nii niiskeks ega ei tõsta võrgu torude üldist soojusläbikandetegurit nii suurel määral kui Olgina võrgus.

2.3 Soojusvõrkude praegused probleemid ja soojusvõrgu rekonstrueerimise võimalused lähitulevikus

Praeguseks peamiseks probleemideks võib nimetada soojusvõrkude vanade osade suuri soojuskadusid.

Praeguseks ajaks on Olgina ja Sinimäe soojusvõrgud juba suures osas rekonstrueeritud.

Olgina soojusvõrgu kogu pikkus on 709 m. Olgina soojusvõrgus on rekonstrueeritud 559 m (79%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maa-aluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 150 m (21%).

Sinimäe soojusvõrgu summaarne pikkus on 912 m. Sinimäe soojusvõrgus on rekonstrueeritud 647 m (71%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maaaluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 265 m (29%).

Praegusel ajal Olgina soojusvõrgu soojuskadu moodustab 345 MWh aastas. Peale vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneb ~1,54 korda ning tuleb arvutuslikult ~223 MWh aastas. Soojussäästu potentsiaal võib tulla kuni ~122 MWh aastas.

Tähelepanu ning kontrolli vajavad katlamajade ja tarbijate soojusmõõtjad, eriti Olgina soojusvõrgus. Olgina soojusvõrgu soojussäästu potentsiaali tuleb suhtuda kriitiliselt, ja seda tuleb täpsustada peale soojusmõõtjate töö korrektsuse kontrolli. Võrgu soojuskadu, mis on saadud katlamaja ning tarbijate soojusmõõtjate praeguste näitude vahe järgi tekitab küsimusi: tundub, et soojuskadu tuleb mõnevõrra suurem kui tegelikult võiks olla. Teisest küljest Olgina võrgu vanade osade soojusisolatsiooni seisund ei ole hea ja soojuskadu võibki nii kõrge olla nagu peaaegu täiesti ilma soojusisolatsioonita torul, mis kulgeb maaaluses kanalis.

Praegusel ajal moodustab Sinimäe soojusvõrgu soojuskadu 433 MWh aastas. Peale vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneb ~1,2 korda ning tuleb arvutuslikult ~362 MWh aastas. Soojussäästu potentsiaal võib tulla kuni ~71 MWh aastas.

Olgina soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimine läheb hinnanguliselt maksma 48 tuh.€.

Sinimäe soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimine maksaks hinnanguliselt 83 tuh.€.

Samuti tuleks tarbijate soojussõlmedes kontrollida ning häälestada automaatreguleerimise süsteeme.

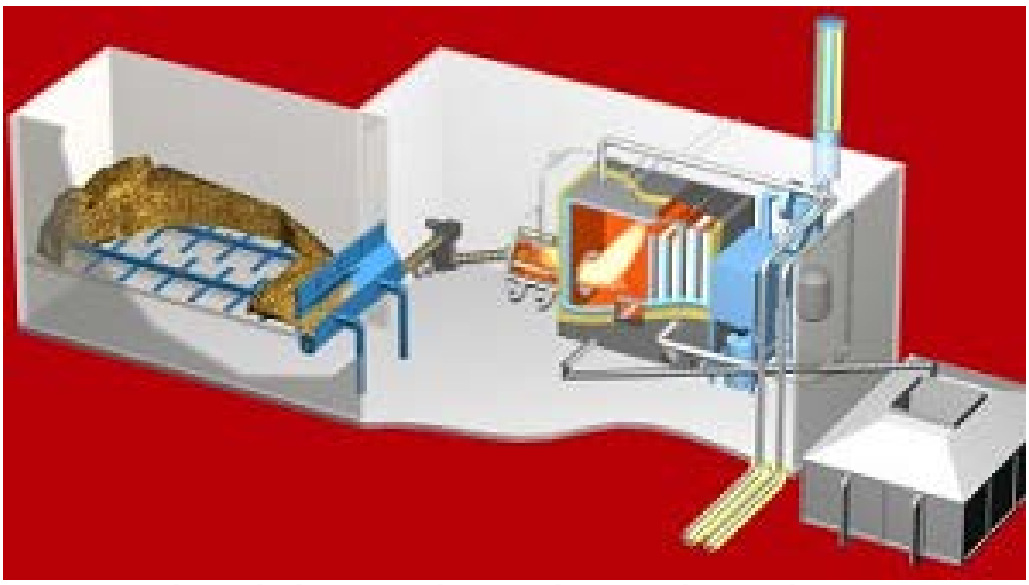
3 Võimalused kaugkütte edasiseks arenguks lähi- ja kaugemas tulevikus

3.1 Taastuvale kütusele ülemineku võimalused

3.1.1 Võimalikud tehnilised lahendused üleminekuks taastuvale kütusele (eelkolded puitkütuse gaasistamiseks olemasolevatele leeksuitsutoru kateldele, kütuse ladustamine ja sööturid)

Taastuval kütusel või turbal töötav katlamaja koosneb järgmistest põhiosadest:

- kütuse vastuvõtusõlm, kütuse ladu;
- kütuse transportöörid laost kuni katla koldesse;
- kolle koos katlaga või kütuse gaasistamiseks ettenähtud eelkolle koos juba olemasoleva katlaga (kui viiakse näiteks maagaasil või vedelal kütusel töötav katel puiduhakkele);
- põlemisgaaside puhastussseadmed (multitsüklon, filtrid);
- korsten;
- tuhaeemaldusseadmed;
- põlemisõhu ventilaatorid, suitsuimeja, reguleerimis- ja ohutusautomaatika.



Joonis 3.1. Biokütusekatlamaja seadmete paiknemise skeem (Thermia OY, Soome)

Kolde ja põletusseadmete ning kogu katlamaja tehnoloogiline skeem on seda keerulisemad mida madalama kvaliteediga kütust kasutatakse. Niiske puiduhakke ja koore ning jäätmete põletamiseks on vaja keerukamaid tehnoloogilisi lahendusi ning majanduslikult on see otstarbekas suuremate võimsuste korral.

Sõltuvalt biokütuse ja turba omadustest kasutatakse väga erinevaid tahkete kütuste põletusviise. Iga põletustehnoloogia jaoks on välja kujunenud võimsuste diapasoon, mille juures selle rakendamine on kas tehniliselt või majanduslikult kõige otstarbekam. Soome tingimustes ehitatakse katlad võimsusega kuni 5 MW tavaliselt restkoldega, suurema võimsuse korral eelistatakse keevkihtkoldeid. Järgnevas tabelis on toodud biokütuste põletamise erinevad tehnoloogiad ning

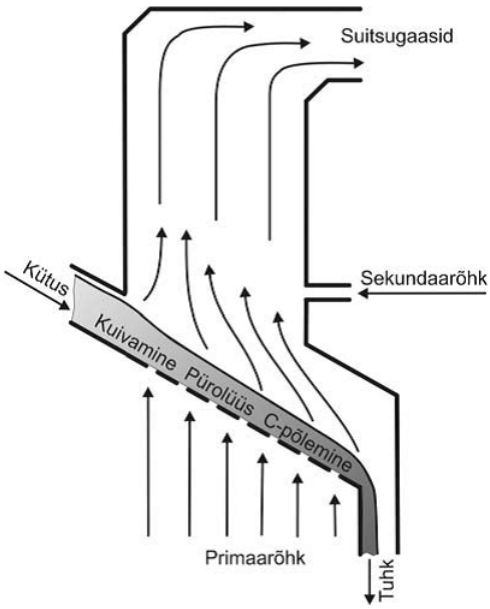
väljakujunenud võimsuste diapasoon.

Tabel 3.1. Tüüpilised võimsused eri põletusviiside korral ja katelde jagunemine vastavalt kasutusvaldkonnale Soomes

Põletus-tehnoloogia	Minimaalne võimsus, MW	Tüüpiline võimsus, MW
Liikumatu restiga kolle	0,01	0,05 – 1
Mehaaniline restkolle	0,8	2 – 15
Mulliv keevkiht	1	> 5
Tsirkuleeriv keevkiht	7	> 20
Kütuse gaasistamine	0,3	2 – 15

Katelde kasutusala	Tüüpilised võimsused
Üheperemajade katlad	15 – 40 kW
Suurte hoonete katlad	40 – 400 kW
Kaugkütte katlamajade katlad	0,4 – 20 MW
Tööstuskatlad	1 – 80 MW
Olmejäätmete põletamise katlad	10 – 30 MW

Põletustehnoloogilistest lahendustest on keskmise ja väikeste võimsuste korral kõige levinumad restkolded. Enamasti on liikumatu rest paigutatud koldesse sellise nurga all, mis tagab kütuse varisemise mööda resti kuivamistsoonist allapoole kuni süsiniku (koksi) põlemise tsooni (järgmine joonis). Liikumatu kaldrestiga kolde kaldenurk on ligikaudu võrdne kasutatava kütuse varisemisnurgaga.



Joonis 3.2. Niiske biokütuse põlemistsoonid kaldrestil

Kuna biomassil töötavad katlad on suhteliselt kallid, siis on enne investeeringu tegemist oluline valida katel või katlad nii, et nad leiaksid maksimaalset kasutamist, s.t. katla töötunde peaks aastas olema võimalikult palju.

Tavaliselt nähtub, et talvise tippkoormuse katmiseks on vaja toota ainult umbes 8–15 % aastasest soojusvajadusest. Tüüpiliste tarbijatega kaugküttesüsteemis moodustab ka suvine energiakogus

umbes 10% aastasest vajadusest. Neid iseärasusi tuleb arvestada katelde valikul.

Arvesse tuleb võtta veel mitmeid tegureid. Nii peab arvestama, et katla töökoormust pole otstarbekas lasta nominaalsega võrreldes teatud piirist madalamale, kuna siis halveneb oluliselt kasutegur. Kõrget kasutegurit ja madalat heitmetaset saab tagada võimalikult ühtlasel töökoormusel. Kuna võrreldes fossiilkütuse kateldega kaasnevad biokütusel töötava katla kasutuselevõtuga suuremad eriinvesteeringud, kütuse hind on aga odavam, siis peaks biomassi kasutava katla valima nii, et tema nominaalkoormuse kasutusajaks kujuneks 3000–5000 tundi aastas sõltuvalt kliimavöötmest, Eestis alates 4000 tunnist.

Enamiku tahket kütust kasutatavate katelde jaoks võib kasutuselevõtmise alumiseks piiriks võtta umbes 30% nominaalvõimsusest. Eeltoodust järeldub, et biokütust kasutava katla võimsus tuleks valida tippkoormusest 40–50% madalam. Kokkuvõtlikult – biokütuse katlaid tuleks rakendada baaskoormuse katmiseks. Baaskoormus on ühtlase iseloomuga ja tagab katlale võimalikult suure nimivõimsuse kasutusaja. Katlaga, mille võimsus on umbes 50–60% maksimaalsest soojuskoormusest on võimalik tavaliselt toota 80–90% aastasest soojusvajadusest.

Tipu katmiseks on otstarbekas valida fossiilkütust (maagaas, kerge kütteõli, põlevkiviõli) kasutav katel, mille võimsus moodustaks tippkoormusest 50–60%. Juhul kui suvine koormus on madal (ainult sooja tarbevee vajadus), saaks sama katelt kasutada ka siis, vältides biomassil töötava katla kasutamist madalal koormusel. Keskmise suurusega ja osalt ka väiksemates biomassil töötavates katlamajades on sageli kasutusel kolm katelt: baaskoormusel töötav biomassikatel ja kaks maagaasi või kerget kütteõli kasutavat katelt, millest üks töötab tippkoormuse ja suvise madala koormuse katmiseks ning teine on reservis.

Olgina ja Sinimäe soojusvõrkude katlamajadesse sobiksid hästi liikumatu restiga või kütuse eelgaasistuskoldega katlad (olemasolevate katelde ümberehitamise korral). Lähtudes Olgina soojusvõrgu soojuskoormuse tegelikust kestusgraafikust tuleks biokütusel töötava katla nimivõimsuseks võtta Olginas ~0,5 MW ja kasutustundide arvuks 4100 tundi, Sinimäele oleks sobiv ~0,4 MW võimsusega katel.

3.1.2 Taastuva kütuse kättesaadavus vaadeldavas piirkonnas

Seoses põlevkivi ja biomassi koospõletamise võimaluste uuringuga on Tallinna Tehnikaülikooli ja Maaülikooli teadurite poolt analüüsitud biomassi varusid ja nende kättesaadavust Narva piirkonnas[2]. Uuringus käsitleti biomassina nii puitu (traditsiooniline küttepuit, raiejäätmed, kännud ja kiirekasvuline mets) kui ka põhku, heina põllumaadelt ja roogu märgaladelt. Ressursi olemasolu uuriti põhiliselt kahes tsoonis – 50 km ja 100 km raadiuses Narva linnast. Käesoleva arengukava jaoks kasutame uuringu tulemusi traditsioonilise küttepuidu ja raiejäätmete osas.

Tabel 3.2. Pikaajaline puiduressurss Narva piirkonnas – keskmine energiasisaldus, GWh/a

Puidu liik	50 km tsoon	50-100 km tsoon	Kokku
Küttepuit	79.0	230.7	309.7
Raiejäätmed	95.7	299.1	394.8
Kokku	174.7	529.8	704.5

[2] *Kask, Ü., Loosaar, J., Parve, T., Kask, L., Paist, A., Muiste, P., Padari A., Astover, A. Potential of biomass in Narva region regarding oil shale and biomass co-firing. Oil Shale, 2011, Vol. 28, No. 1S, pp. 181–192.*

Energia tootmiseks kasutatava puidu ressurss on Narva lähikonnas suhteliselt suur. Olgina katlamaja puiduküttele üleviimise korral oleks seal aastane puidu vajadus ligikaudu 3 GWh. Seega moodustaks see alla 2% 50 km tsoonis ja ligikaudu 0.5% 100 km tsoonis olemasolevast küttepuidu (halupuud ja raiejäätmed). Seetõttu ei ole ette näha raskusi puiduga varustamise ressursi osas.

3.1.3 Taastuvale kütusele üleminekuks vajaliku investeeringu suuruse, tasuvusaja ja soojuse hinna analüüs

Puiduhakkel töötav katel võimaldaks anda kokkuhoidu soojuse tootmise muutuvkuludelt ja kujundada edaspidi tarbijatele soodsama hinna. Maagaasi primaarenergia hind moodustab täna umbes 45 €/MWh, samas kui see puiduhakkel on ligikaudu 18 €/MWh.

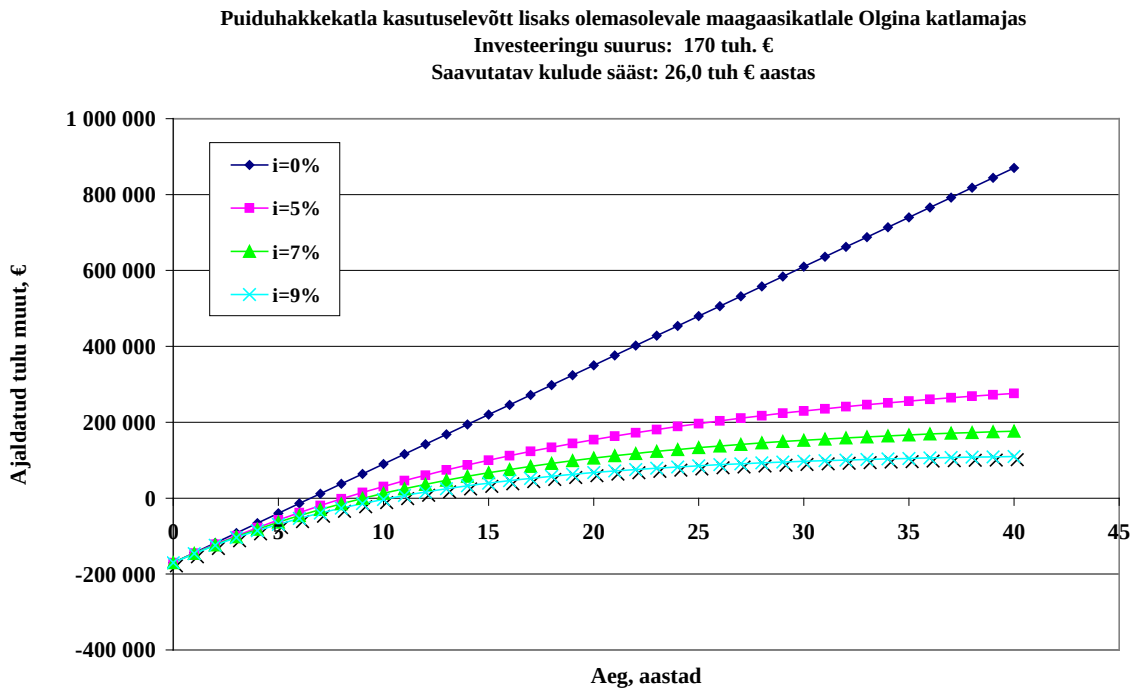
Lähtudes puidu kasutuselevõtu poolt tingitud maa-ala ja ruumide (hoonete) vajadusest, samuti arvestades Sinimäe katlamaja asukohta (ehitatud kokku korruselamuga) võiks kaaluda uue katla soetamist Olgina katlamaja juurde. Lähtudes Olgina katlamaja tööparameetritest, eriti soojusvajaduse kestusgraafikust, võiks uue katla võimsus olla 500 kW. Puiduhakke katel jääks tööle baaskoormusel ja olemasolev gaasikatel töötaks tipurežiimis.

Lihtsustatud tasuvusarvutused sellise katla kasutuselevõtu kohta teostati järgmiste põhiliste andmete põhjal:

- katla nimivõimsus: 0,5 MW;
- aastased tinglikud töötunnid nimivõimsusel: 4100;
- puiduhakke küttevääртus: 0,70 MWh/m^3 (puistes; keskmine niiskus 40%);
- puiduhakke hind: 12 €/m^3 (puistes);
- maagaasi küttevääртus: 9,36 MWh/tuh m^3;
- maagaasi keskmine hind: 385 €/tuh m^3
- aastased keskmise käidukulud: 25 €/MWh;
- müüdava soojuse keskmine hind: 75 €/MWh.

Eeltoodud andmetega teostatud arvutused näitasid, et kahe katla koostöös oleks võimalik saavutada kulude kokkuhoidu kuni 26,0 tuh € aastas.

Tulenevalt Olgina praeguse katlamaja ruumijaotusest osutub vajalikuks puidukatla jaoks uue katlamaja ehitamine. Katlamaja ehitamiseks vajalik investeering on ligikaudse eelhinnangu kohaselt 170 tuh €. Kuna võimalused omafinantseerimiseks puuduvad, siis teostati tasuvusarvutused lähtudes kogu investeeringu ulatuses 15 aastaks võetavast pangalaenust. Joonisel 3.1 on esitatud tasuvusarvutuse tulemused laenuintresside 5%, 7% ja 9% ning täieliku omafinantseerimise (i=0%) korral.



Joonis 3.3. Puiduhakkekatla kasutuselevõtu tasuvus Olginas

Arvutuste kohaselt on investeeringu lihttasuvusajaks 6,5 aastat ja ajaldatud tasuvusajaks 8,1 aastat, mis näitab, et sellise projekti ettevalmistamisega oleks otstarbekas detailsemalt tegeleda.

3.1.4 Teiste taastuvate energiaallikate (tuuleenergia, päikeseenergia) ja soojuspumpade kasutuselevõtu võimalustest

Taastuvaks energiaressursiks saab osaliselt lugeda ka soojuspumpade poolt ammutatud energiat. Tinglikult võib soojuspumba kogu toodetud energiat lugeda taastuvaks, seda juhul kui pumba töös hoidmiseks ostetakse taastuvallikatest toodetud elektrit. Soojuspump on seade, millega saab ümbritsevast keskkonnast soojust üle kanda andes seda edasi kas veele või õhule. Hoonete kütmise eesmärgil on võimalik soojust ammutada ümbritsevast õhust, maapinnast ja veekogudest. Välisõhu soojuse kasutamine on mõningatel juhtudel ainus võimalus soojuspumba rakendamiseks soojusvarustuses. Seejuures tuleb arvestada, et Eesti kliimas on tegemist suhteliselt madala efektiivsusega lahendusega, kuna miinuskraadide juures peab hakkama kulutama energiat jäätunud kondensvee eemaldamiseks soojuspumba aurustilt ning madalama kui –5 °C välisõhu temperatuuri korral väheneb pumba töö efektiivsus kiiresti. Tulenevalt suhteliselt väikesest võimsusest sobivad õhk-õhk tüüpi soojuspumbad kasutamiseks lisaküttena põhiliselt eramutes – ühepere- ja ridamajades.

Suuremate hoonete soojusega varustamiseks on võimalik osaliselt kasutada soojuspumpi, mis saavad suurema osa energiast maapinnast. Need on reeglina maa–vesi tüüpi seadmed. Maapinnas olevat soojust saab kasutada kas vertikaalsete või horisontaalsete kollektorsüsteemide kaudu. Eestis on enamlevinud horisontaalsete pinnasekollektori kasutamine kui ehituslikult odavaim lahendus. Pinnasekollektori pikkus sõltub nii soojusvajadusest kui ka pinnasetüübist. Niiskem ja peenestruktuurilisem pinnas on suurema soojusmahtuvusega kui kuiv ja jämedastruktuuriline nt kruusapinnas. Kohtades, kus põhjavesi asub maapinnale suhteliselt lähedal, on võimalik kasutada ka põhjaveesoojust, mis tagab külmakontuurile aastaringselt temperatuuri +5 °C kuni +7 °C. Põhjaveesoojust tarbivad küttesüsteemid on tahkes pinnases olevatest efektiivsemad.

Horisontaalselt maapinda paigaldatava kollektoriga maasoojuspumba süsteem on odavam kui vertikaalse kollektoriga süsteem, kuid arvestada tuleb oluliselt suurema pindala vajadusega. Väga ligikaudse hinnanguna arvestatakse, et 1 m^3 hoonemahu kütmiseks on vaja pinnasesse paigaldada vähemalt 1–1,2 m maakollektorit ja selleks on vaja vähemalt 1,2–1,4 m^2 vaba maapinda. Seejuures ei ole maakollektori torustikku soovitav paigaldada kõva kattega teede, platside ja terrasside alla. Kollektori torustik paigaldatakse 1–1,2 m sügavusele ja torude vahekaugus peab olema vähemalt 1–1,5 m. Maasoojuspumba (maa–vesi) tõhusaks rakendamiseks peaks köetavas hoones olema vesiküttesüsteem. Kuna soojuspumba soojustegur on seda suurem, mida madalam on küttesüsteemi temperatuur, siis kõige paremini sobib maasoojuspump majadele, kus on kasutusel põrandaküte.

Maasoojuspumpade kasutuselevõtu otstarbekuse hindamiseks on vaja kõigepealt teada pinnase struktuuri, mis määrab soojuse ülekandeteguri suuruse. Alles seejärel saab teha täpsemaid arvutusi vajalike investeeringute ja nende tasuvuse kohta.

Soojusvarustuses kasutatavate taastuvatest energiaallikate hulka kuulub kindlasti ka otsene päikeseenergia. Vaivara vallas võib aasta jooksul maapinnale langeva päikesekiirguse koguseks (nn aktinomeetriline ressurss) hinnata ligikaudu 960–970 kWh/m^2. Seda energiat on võimalik kasutada nii elektri tootmiseks PV-paneelide abil kui vee soojendamiseks, seda nii hoonete kütmise kui tarbevee soojendamise otstarbel. Otseselt soojusvarustuses kasutatakse vee soojendamiseks kas lamedaid plaatkollektoreid või vaakumtorudega kollektoreid. Lamekollektoreid kasutades saaks aastas toota soojust kuni 300–400 kWh kollektori pinna m^2 kohta. Vaakumtorudega kollektorite kasutegur on suurem ja nende aastane toodang võib ulatuda 550–600 kWh/m^2. Päikeseenergia kasutuselevõttu võiks kaaluda mõnes valla hallatavas hoones taotledes selleks taastuvenergia kasutuselevõtu toetust, sest vastavad investeeringu on suhteliselt suured.

Taastuvate energiaallikate osas on Ida-Virumaal soodsad tingimused ka tuuleenergia kasutamiseks. Seetõttu on maakonda juba rajatud mitmeid suuri elektrit tootvaid tuuleparke, nt Viru-Nigula (24 MW), Aseriaru (24 MW) ja Narva tuulepargid (39 MW). Ka Vaivara vallas on üldplaneeringuga (kehtestatud 26.08.2010) reserveeritud tuulegeneraatorite rajamiseks maa-ala – nn tuulepargimaa. Samuti on valla arengukavas aastateks 2013-2017 nähtud ette võimalus rajada Vaivara valda tuulepark taastuva elektrienergia tootmiseks. Viimasel paaril aastal on arutatud esialgseid kavasid rajada valla territooriumile väga suure võimsusega tuulepark (nt 255 MW või enam). Tuuleenergia kasutamisel Vaivara tingimustes puudub otsene seos soojusvarustusega, kuid juhul kui tuule suures mastaabis kasutamine teostub, võiks kaaluda n.ö näidisvalla staatuse saavutamist taastuvate energiaallikate kasutamisel. Soojusvarustuses annaksid selleks oma panuse nii puiduhakke kasutamine kaugküttes kui näiteks soojuspumpade (maa – vesi, õhk – õhk) kasutuselevõtt hoonete kütmisel, samuti päikesekollektorite kasutamine vee soojendamiseks. Sellise näidisvalla paiknemine keskkonnale suurt koormust tekitavate Balti, Eesti ja Auvere põlevkivi elektrijaamade naabruses oleks positiivseks kontrastiks sealsele põlevkivi kui fossiilkütuse tarbimisele. Loodetavalt võimaldaks sellise keskkonnasõbraliku valla energiakontseptiooni olemasolu taotleda toetusi nii Euroopa Liidu kui Eesti riiklikest abifondidest.

3.2 Olgina aleviku kaugküttevõrgu ühendamise võimalused Narva linna kaugküttevõrguga

Olgina kaugküttevõrk asub oma lähimas punktis ~2 km kaugusel Narva linna kaugküttevõrgust ning tehniliselt saaks neid omavahel ühendada. Narva võrgu hüdrauliline režiim ja läbilaskevõime võimalikus ühenduskohas on piisav, et katta Olgina praegust soojuskoormust ka teatud varuga.

Tehniliselt hakkaks ühendus toimuma läbi soojusvaheti, mis asuks Narva ja Vaivara valla piiril. Seega oleksid soojusvõrgud teineteisest hüdrauliliselt eraldatud. Kaugus soojusvahetist kuni Olgina katlamajani tuleb ~1,5 km.

Praegu ulatub Olgina kaugküttevõrgu soojuskoormus 1,1-1,2 MW-ni. Arvestades võimalikku soojuskoormuse kasvu võtame ühenduslõigu arvutustes soojuskoormuse aluseks 1,5 MW. Olgina soojusvõrgu temperatuurirežiim on 90/70 ^{o}C. Lähtudes sellest peab ühenduslõigu diameeter olema DN150, erirõhukadu 93 Pa/m, soojuskandja kiirus 1,03 m/s, pealevoolu ja tagasivoolu torudest koosneva lõigu rõhukadu tuleb 279 kPa.

Arvutused on tehtud teise soojusisolatsiooni klassiga torudele ja vahtpolüuretaanist soojusisolatsiooni soojusjuhtivusteguriks on 0,028 W/(m K). Ühenduslõigu soojuskadu kütteperioodi jooksul (5424 töötundi) tuleb 429 MWh (17,2 tuh €) ja kogu aasta jooksul, juhul kui Olgina võrku hakataks kasutama ka suvel sooja tarbeveega varustamiseks, siis terve aasta (8760 töötundi) soojuskadu tuleks 605 MWh (24,2 tuh €).

Diameetriga DN150 ühenduslõigu ehitamise erimaksumus tuleb 395 €/m ning 1500 m pika trassi rajamise kogumaksumus tuleb 592,1 tuh €.

Olgina olemasoleva soojusvõrgu soojuskadu on praegu kütteperioodi jooksul 345 MWh, rahalises väljenduses, Narva võrgust ostetava soojuse hindadega, on see 13,8 tuh €. Arvestades ka ühenduslõigu soojuskadudega tuleb 774 MWh (31,0 tuh €)

Narva soojusvõrgu soojuse hinnaks, arvestades tõusu, on võetud 40 €/MWh.

Arvestades Olgina praegust soojustarbimist, mis on kütteperioodil 1921 MWh (2012. aasta andmed), ja soojuskadu, mis kütteperioodil on 774 MWh (31,0 tuh € ehk tarbitud soojuse kohta 16,1 €/MWh) ja jagades ühenduslõigu investeeringu (592,1 tuh € intressideta) 10 aasta peale (59,2 tuh €/aastas ehk tarbitud soojuse kohta 30,82 €/MWh aastas), siis kujuneks Olgina võrgu tarbijatele Narva soojusvõrgust edastatava soojuse lõpphinnaks: 40 + 16,1 + 30,82 = 86,92 €/MWh.

Järelikult – ühenduse loomine Narva soojusvõrguga ei ole otstarbekas, sest soojuse hind lõpptarbijale tuleks isegi kallim kui praegune soojuse hind Olginas.

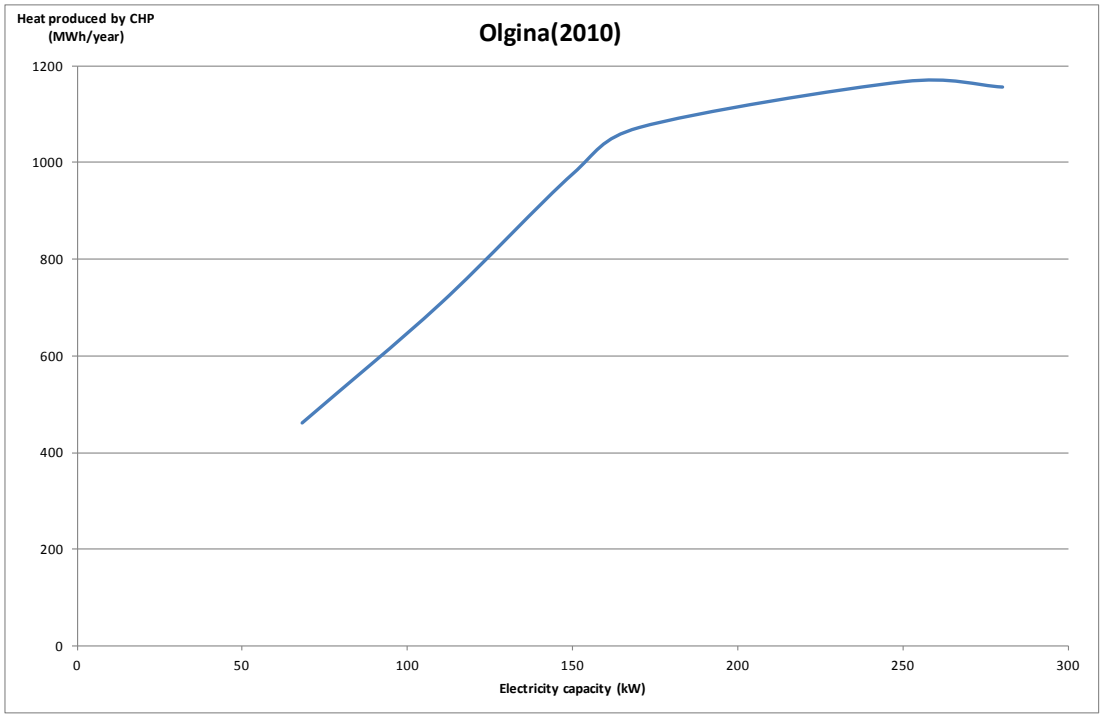
3.3 Soojuse ja elektri koostootmise võimalused Vaivara kaugküttesoojusvõrkude baasil (koostootmismoodul maagaasil)

3.3.1 Võimalikud tehnilised lahendused koostootmiseks

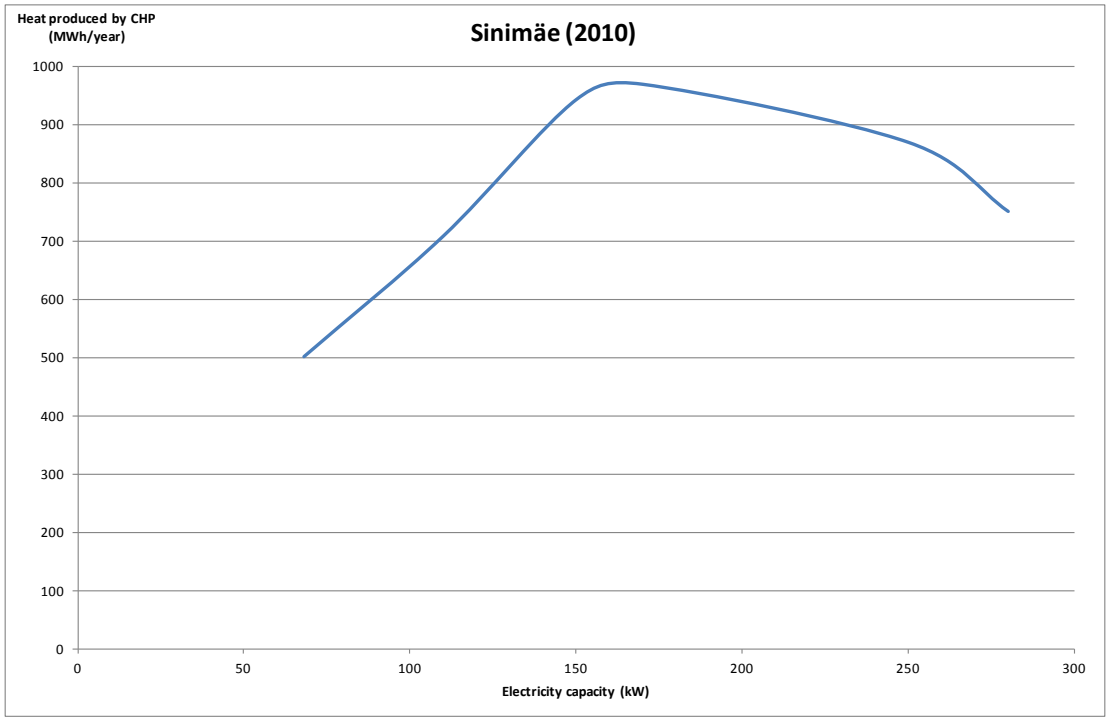
Soojuse ja elektri koostootmise (SEK) kasutuselevõtu võimaluste ja otstarbekuse analüüsimiseks lähtuti katlamajade töö andmetest 2010 aastal. Võttes arvesse soojuse kogutoodangut, sooja vee tarbimist ja soojuskadusid soojusvõrkudes ning andmeid välisõhu temperatuuri kohta, koostati aastane soojuskoormuse graafik iga tunni lõikes. Selle graafiku andmeid kasutati sisendina arvutiprogrammile EnergyPro[3]. Maagaasil põhineva koostootmise analüüsimiseks ja sobiva agregaadi valimiseks kasutati näitena firma MAN seadmeid. Arvutused võrdlevaks analüüsiks tehti kuue gaasimootoriga, mis valiti elektrilise ja soojusliku võimsuse ning kasuteguri alusel.

[3] Taani firma EMD International A/S poolt koostatud programmipakett soojuse ja elektri koostootmise võimaluste analüüsimiseks.

Võrdlemisel kasutatud seadmete elektrilise ja soojusliku võimsuse suhteks valiti 0,7. Võrdlusesse valitud kuue seadme kohta programmiga EnergyPro teostatud arvestused andsid järgmised tulemused: Olginale sobiks 250 kW_e seade (MAN E2842E) ja Sinimäele 170 kW_e seade (MAN E2876). Selliste võimsustega seadmete valik võimaldaks SEK-režiimis toota maksimaalselt soojust ja sellega koos ka teatud koguse elektrienergiat.

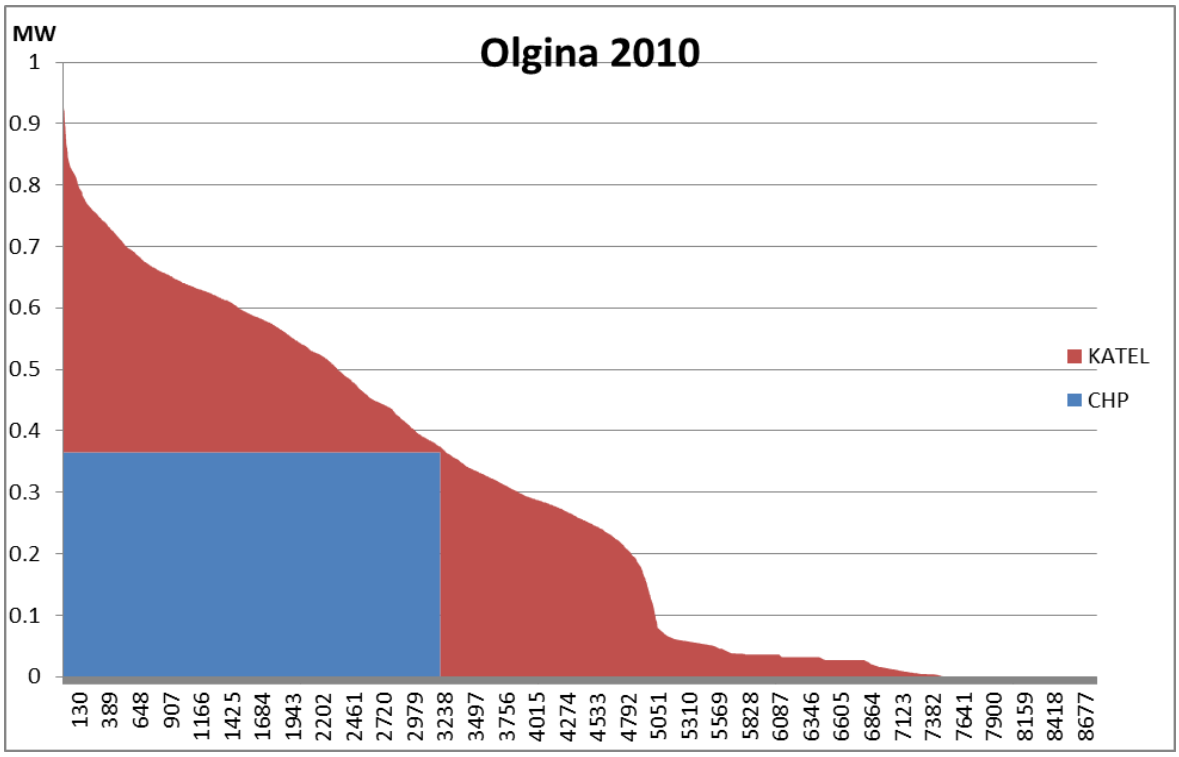


Joonis 3.4. SEK-agregaadi elektrilise võimsuse valik Olgina kaugküttevõrgu jaoks

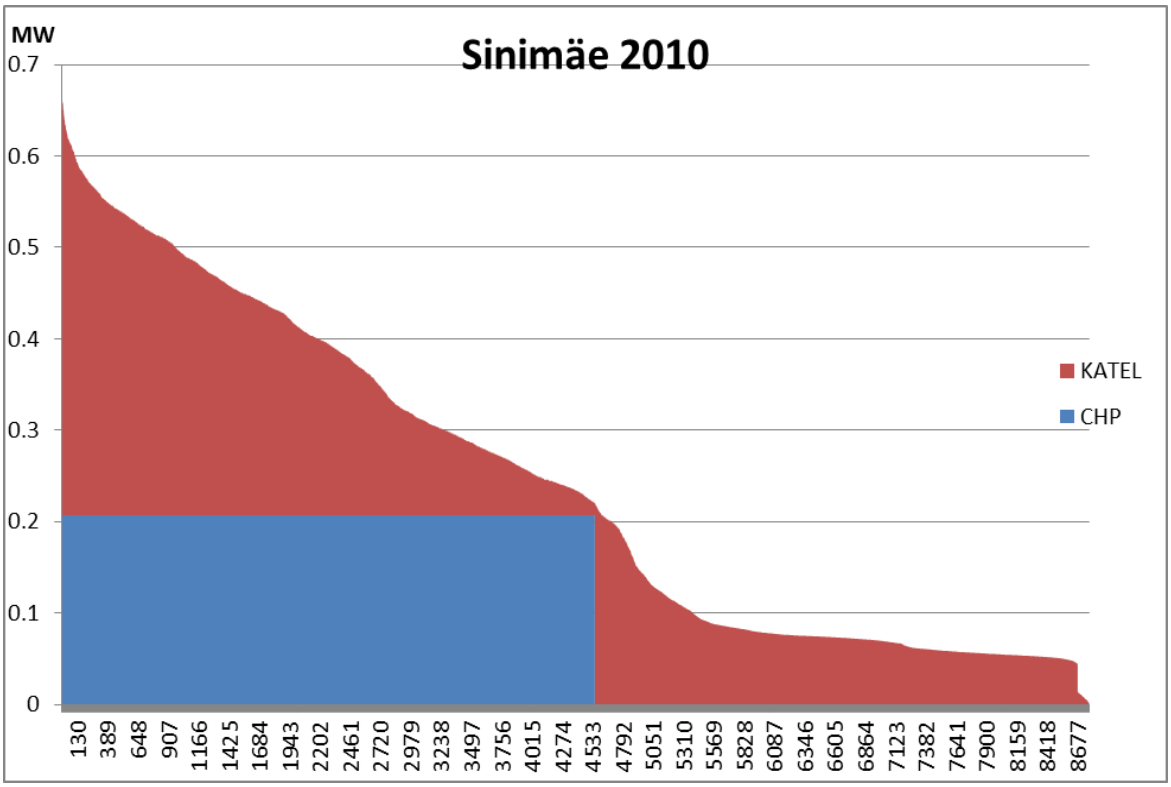


Joonis 3.5. SEK-agregaadi elektrilise võimsuse valik Sinimäe kaugküttevõrgu jaoks

Valitud SEK-agregaatide poolt kaetav soojustoodang kogu võrgu vajalikust soojustoodangust on toodud järgnevatel joonistel.



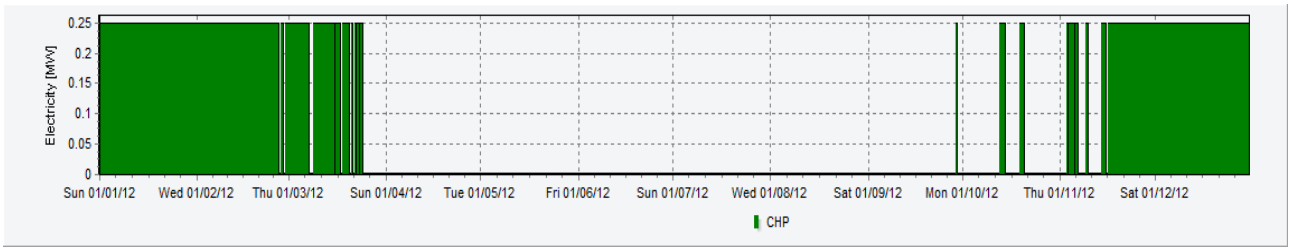
Joonis 3.6. Olgina soojusvõrgu soojusvajaduse katmine SEK-agregaadi ja olemasoleva katla poolt



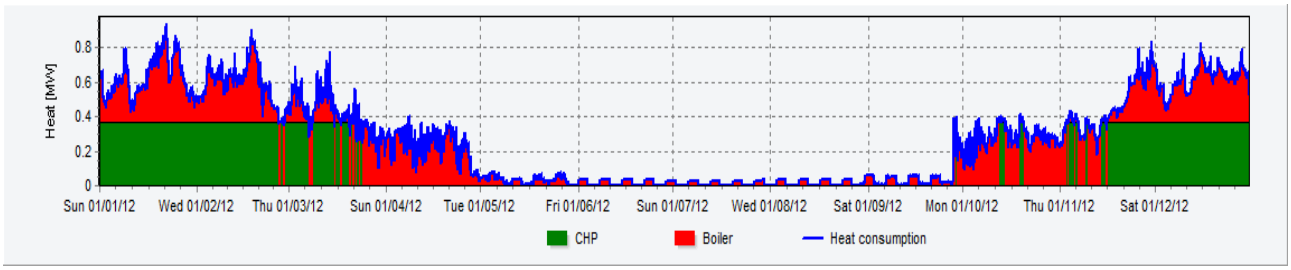
Joonis 3.7. Sinimäe soojusvõrgu soojusvajaduse katmine SEK-agregaadi ja olemasoleva katlaga

Järgnevalt on toodud koostootmisagregaadi elektriline ja soojusvõimsus aasta jooksul Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudele.

Olgina soojusvõrgu SEK-agregaadi poolt väljastatav elektriline ja soojuslik võimsus:

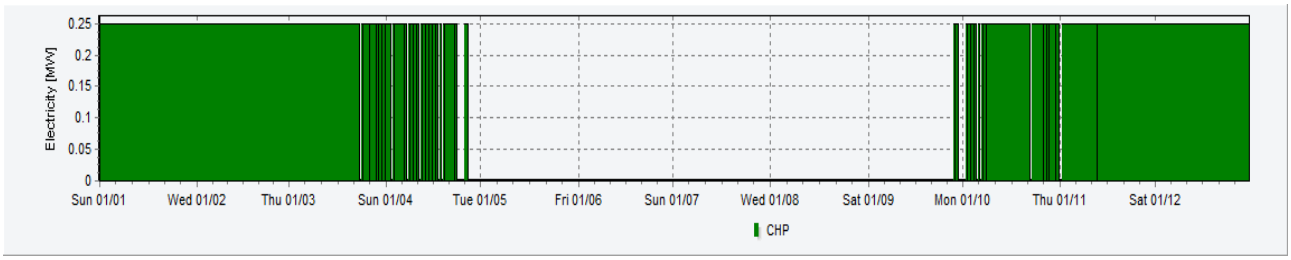


Joonis 3.8. Olgina soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi elektri toodang aasta jooksul

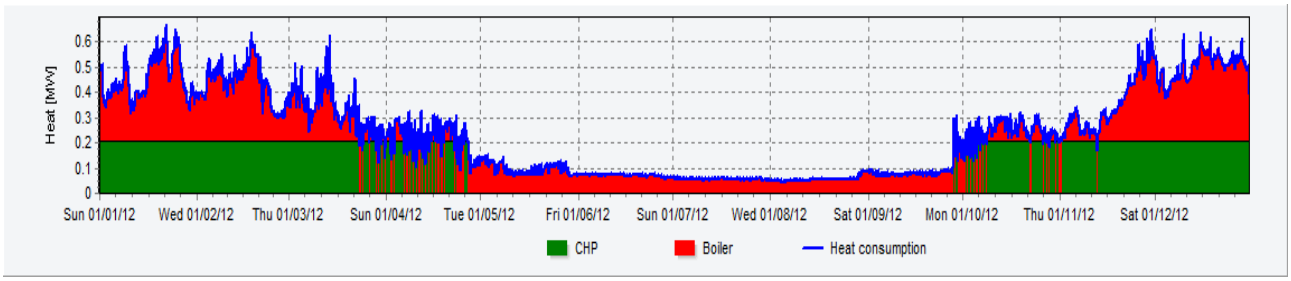


Joonis 3.9. Olgina soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi soojuse toodang aasta jooksul

Sinimäe soojusvõrgu SEK-agregaadi poolt väljastatav elektriline ja soojuslik võimsus:



Joonis 3.10. Sinimäe soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi elektri toodang aasta jooksul



Joonis 3.11. Sinimäe soojusvõrgus töötava SEK-agregaadi soojuse toodang aasta jooksul

Lihtsustatud arvutused hindamaks koostootmisagregaatide tööd ja vastavate investeeringute tasuvust teostati lähtudes agregaatide järgmistest andmetest.

Tabel 3.3. Võimalike SEK-agregaatide parameetrid

Näitaja	Olgina	Sinimäe
Elektriline võimsus	250 kW	170 kW
Soojuslik võimsus	365 kW	243 kW
Elektrilise ja soojusliku võimsuse suhe	0.69	0.70
Soojuslik efektiivsus	92.1%	92.1%
Elektriline efektiivsus	54.6%	54.2%
Töötunnid nimivõimsusel	2980 h/a	3985 h/a
Soojuse toodang aastas	1087 MWh_s	937 MWh_s
Elektri toodang aastas	745 MWh_e	655 MWh_e

Lähtudes valitud agregaatide tööparameetritest ja koostöö tulemustest kummaski katlamajas maagaasil töötavate kateldega teostati arvutused, mis võimaldavad anda ligikaudse hinnangu koostootmise kasutuselevõtu majanduslikule otstarbekusele. Vajalikud investeeringud oleksid ligikaudu järgmised: Sinimäel 210 tuh € ja Olginas 300 tuh €. Arvutused näitasid, et võimalik tulude kasv (Sinimäel umbes 3,0 tuh €/a ja Olginas 6,0 tuh €/a) on liiga väike, et õigustada maagaasil elektri ja soojuse koostootmise seadmete soetamist ja kasutamist. Lähtudes investeeringute ja aastaste tulude kasvust ulatuvad kummagi projekti tasuvusajad kümnetesse aastatesse – lihttasuvusaeg ligikaudu vastavalt 70 ja 50 aastat. Selline tulemus näitab selgelt maagaasil koostootmise alustamise majanduslikku ebaotstarbekust ja seetõttu täpsemaid tasuvusarvutusi ei teostatud.

3.3.2 Soojuse akumulatsioonipaakide kasutamine süsteemis

Koostootmisagregaadi töö graafikud näitavad, et kevadel ja sügisel, kütteperioodi lõpus ja alguses, ühe-kahe kuu jooksul koostootmisagregaat ja veesoojenduskatel hakkaksid tööle vaheldumisi kuna välisõhu temperatuur suureneb, soojuskoormus väheneb ja koostootmisagregaati tuleb tihti sisse ja välja lülitada.

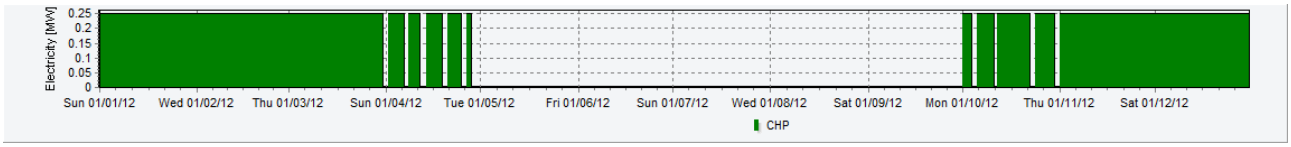
Üheks võimaluseks koostootmisagregaadi töötundide suurendamiseks nendel üleminekukuudel on soojuse akumulatsioonipaagi kasutamine. See võimaldab pikendada koostootmisagregaadi stabiilse töö aega kütteperioodi jooksul ning seega suureneb ka elektritoodang.

Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudes soojuskoormuse kõikumise katmiseks on vaja soojuse akumulatsiooni paaki soojusmahtuvusega 10 MWh. Arvestades seda, et pealevoolu vee temperatuur kütteperioodil on keskmiselt 85 °C ning tagastuva vee temperatuur on 65 °C siis paagi mahuks tuleb ligikaudu 500 m^3.

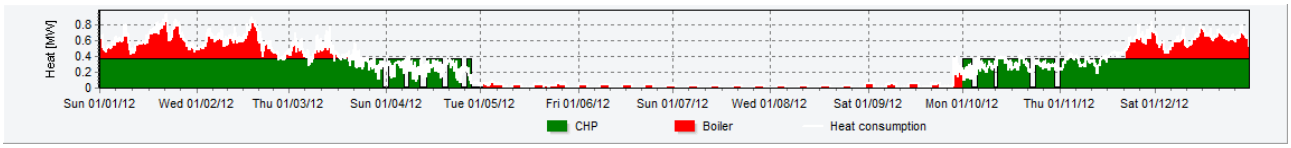
Arvutustes on arvesse võetud, et koostootmisagregaat hakkab töötama täiskoormusel ning kui soojusvõrgu soojuskoormus ületab agregaadi poolt väljastatavat soojuskoormust, siis käivitub täiendavalt maagaasil töötav veesoojenduskatel.

Akumulatsioonipaagiga koostootmisagregaadi poolt toodetav elektriline ja soojusvõimsus ning soojuse akumulatsioonipaagi töö iseloomustus aastase perioodi jooksul on toodud järgnevatel

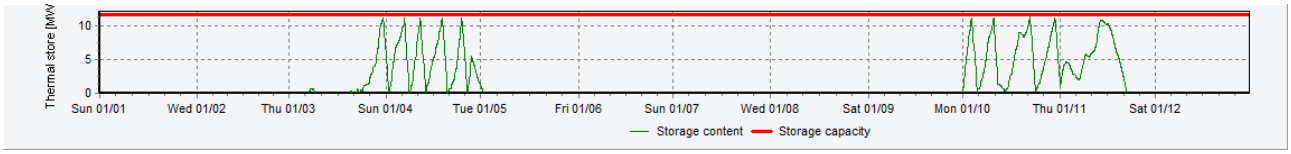
joonistel Olgina ja Sinimäe soojusvõrkudele.



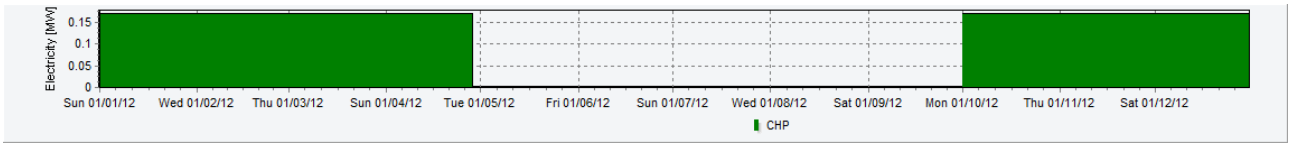
Joonis 3.12. Olgina soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane elektri toodang



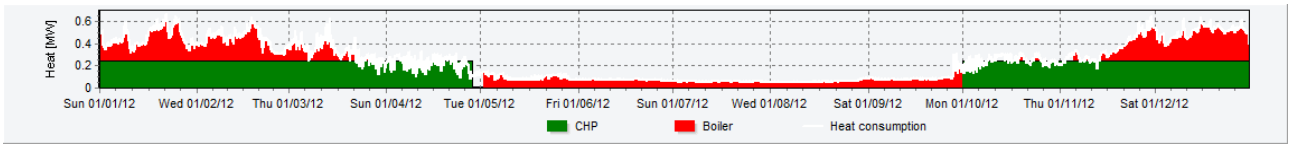
Joonis 3.13. Olgina soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane soojuse toodang



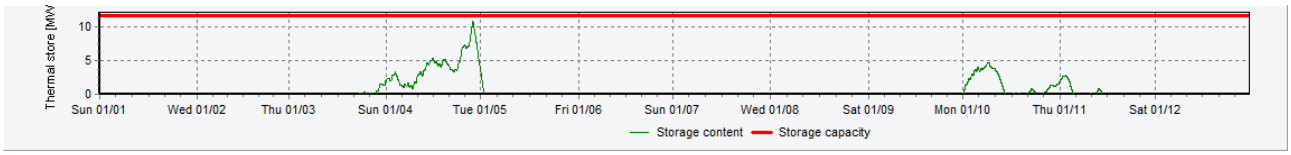
Joonis 3.14. Soojuse akumulatsioonipaagi töö koos SEK-agregaadiga Olgina soojusvõrgus



Joonis 3.15. Sinimäe soojusvõrgus koos soojuseakumulatsiooni paagiga töötava SEK-agregaadi aastane elektri toodang



Joonis 3.16. Sinimäe soojusvõrgus koos soojuse akumulatsioonipaagiga töötava SEK-agregaadi aastane soojuse toodang



Joonis 3.17. SEK-agregaadi töö koos soojuse akumulatsioonipaagiga Sinimäe soojusvõrgus

Arvutused näitavad, et soojuse akumulatsioonipaagi kasutamine koos koostootmisagregaadiga võimaldaks suurendada aastast elektri toodangut Olginas 367 MWh võrra ja Sinimäel 181 MWh võrra, kuid vajaks küllalt suur täiendavat investeeringut.

3.4 Kaugkütte soojusvõrkude vanade osade rekonstrueerimisega saavutatava soojussäästu, rekonstrueerimise maksumuse ja tasuvusaja hinnang

Olgina soojusvõrgu kogu pikkus on 709 m. Olgina soojusvõrgus on rekonstrueeritud 559 m (79%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maa-aluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 150 m (21%).

Sinimäe soojusvõrgu summaarne pikkus on 912 m. Sinimäe soojusvõrgus on rekonstrueeritud 647 m (71%) soojusvõrku, rekonstrueerimisel on maaaluses kanalis kulgevaid vanu lõike asendatud eelisoleeritud torudega. Vanu maa-aluseid lõike on jäänud 265 m (29%).

Praegusel ajal moodustab Olgina soojusvõrgu soojuskadu 345 MWh aastas. Peale vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneb ~1,54 korda ning tuleb arvutuslikult ~223 MWh aastas. Soojussäästu potentsiaal võib tulla kuni ~122 MWh aastas.

Soojuskaod Sinimäe soojusvõrgus on praegusel ajal 433 MWh aastas. Peale vanade torude asendamist eelisoleeritud torudega soojuskadu väheneb ~1,2 korda ning tuleb arvutuslikult ~362 MWh aastas. Soojussäästu potentsiaal võib tulla kuni ~71 MWh aastas.

Soojusvõrkude vanade osade pikkused ning rekonstrueerimise hinnangulised maksumused on toodud tabelites Tabel 3.4 ja Tabel 3.5 vastavalt Olgina ja Sinimäe soojusvõrgu kohta.

Rekonstrueerimise tasuvusajad esitab Joonis 3.18 Olgina võrgule ja Joonis 3.19 Sinimäe võrgule.

Tabel 3.4. Olgina soojusvõrgu vanade osade pikkused ja nende rekonstrueerimise hinnanguline maksumus

Vanade osade rekonstrueerimise maksumus				
DN	L,m	erimaksumus, €/m	lõigu maksumus, €	
20	0	169	0	
32	0	179	0	
50	15	231	3458	
80	55	297	16333	
100	65	337	21909	
150	15	434	6513	
kokku	**150**		**48214**	€
			754 380	krooni

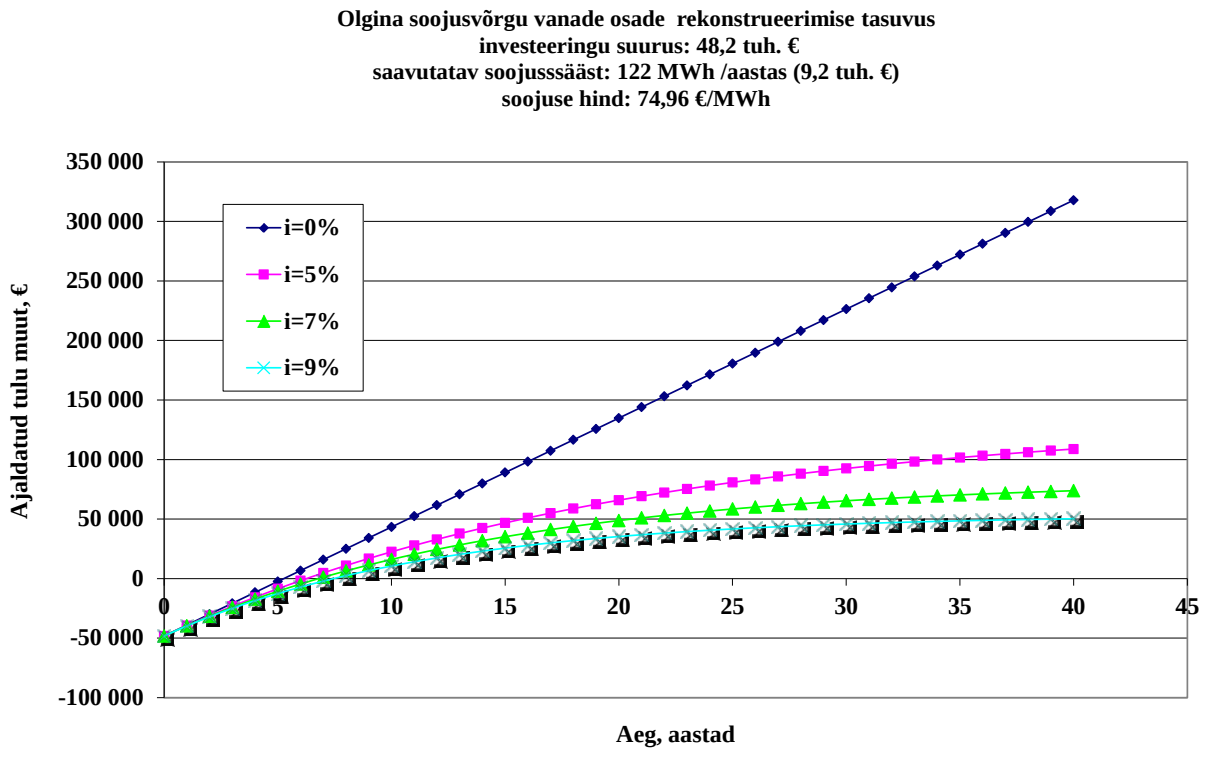
Tabel 3.5. Sinimäe soojusvõrgu vanade osade pikkused ja nende rekonstrueerimise hinnanguline maksumus

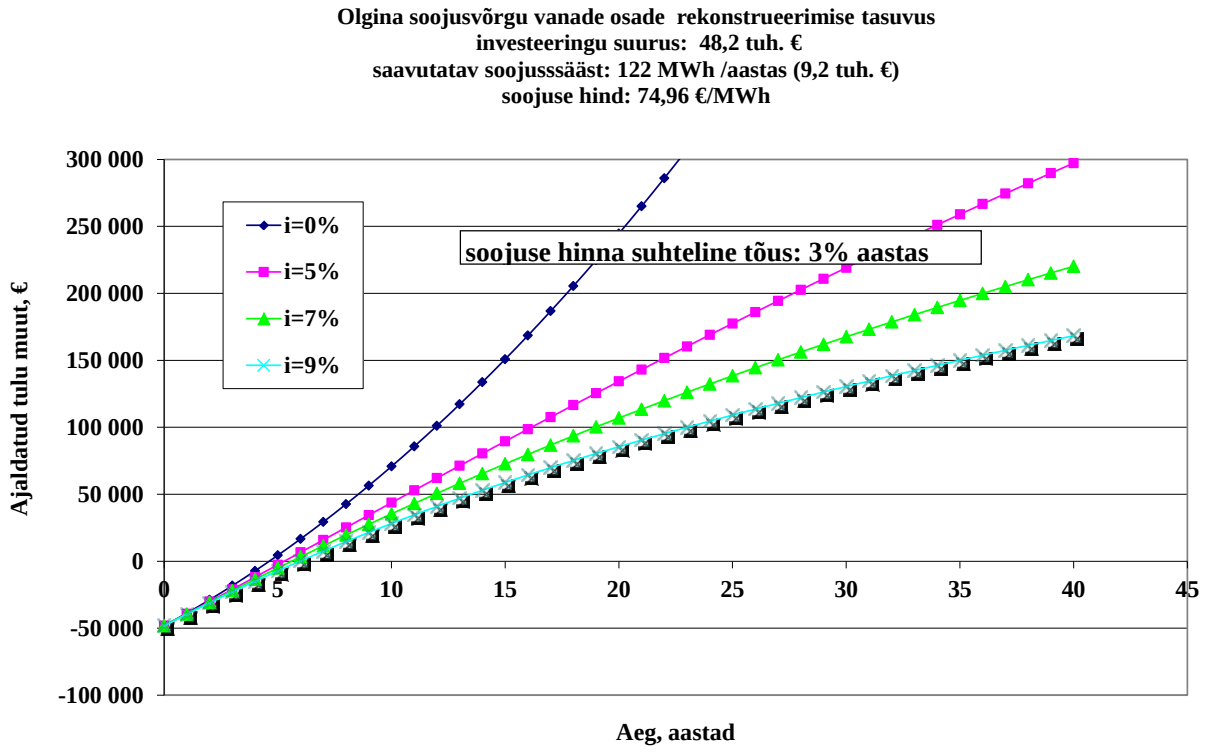
Vanade osade rekonstrueerimise maksumus				
DN	L,m	erimaksumus, €/m	lõigu maksumus, €	
20	0	169	0	
32	0	179	0	
50	75	231	17290	
80	75	297	22273	
100	70	337	23594	
150	45	434	19540	
kokku	**265**		**82696**	€
			1 293 918	krooni

Olgina soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimine läheb hinnanguliselt maksma 48 tuh € ning tasuvusajaks tuleb vähemalt 5–8 aastat erinevatel intressidel i=0–9%.

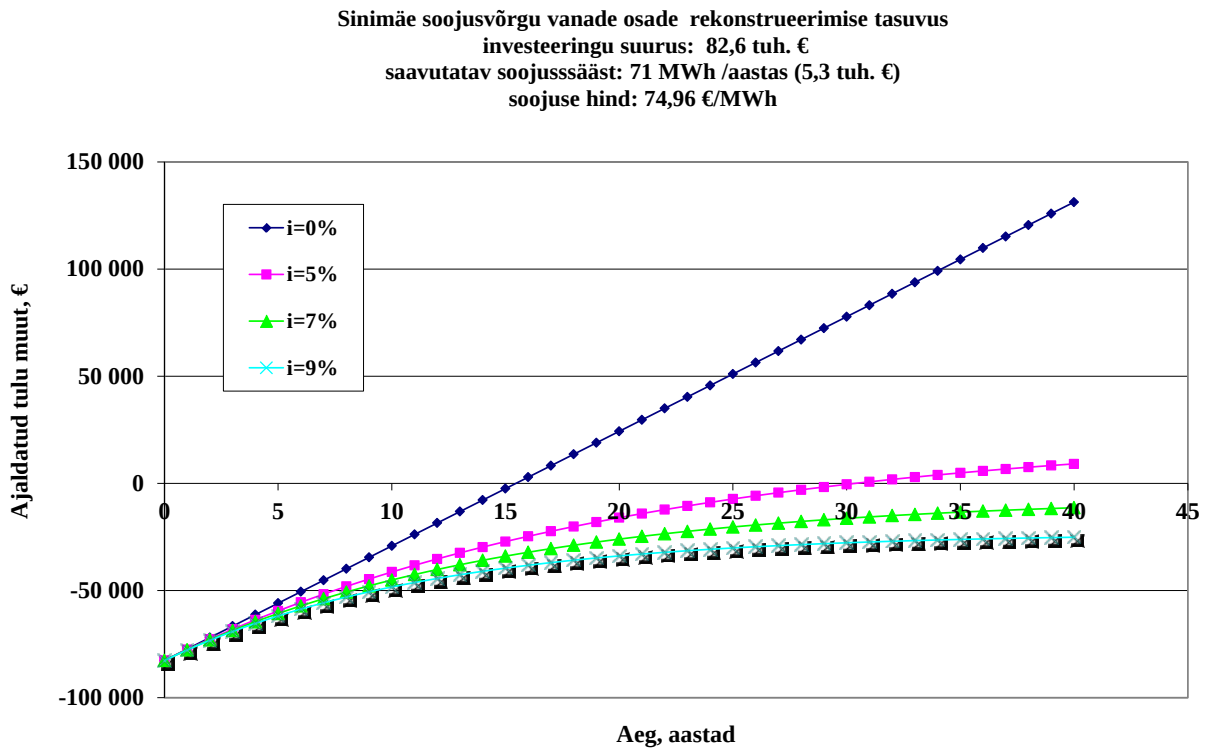
Sinimäe soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimine läheb hinnanguliselt maksma 83 tuh € ja tasuvusajaks tuleb vähemalt 11–23 aastat erinevatel intressidel i=0–9% ning kui soojuse hinna suhteline tõus aastas tuleb 3%.

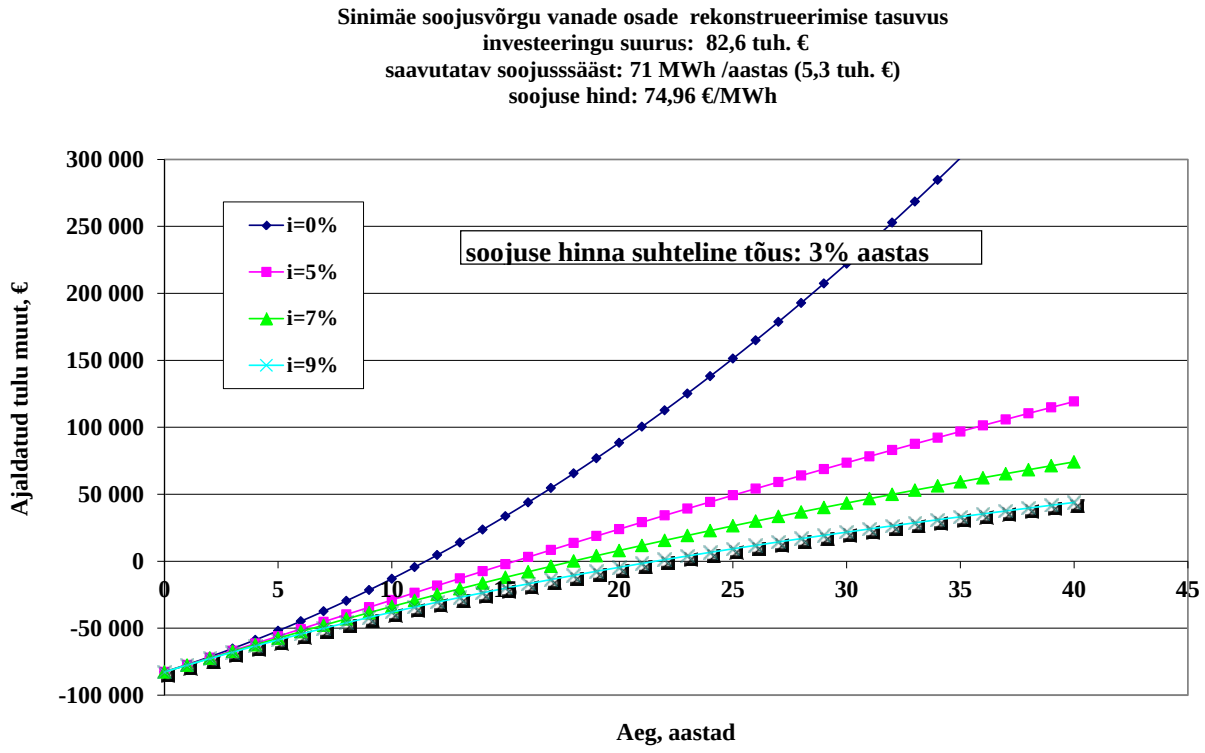
Olgina soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimise oluliselt lühem tasuvusaeg kui Sinimäe võrgus võib olla seletatav sellega, et Olgina võrgus on vanade osade soojusisolatsiooni efektiivsus madalam kui Sinimäe võrgus. Sinimäe võrk asub kõrgendikul ja seal pinnase niiskuse mõju soojusläbikandetegurile ei ole nii tugev kui Olgina võrgus.





Joonis 3.18. Olgina soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimise tasuvus





Joonis 3.19. Sinimäe soojusvõrgu vanade osade rekonstrueerimise tasuvus

3.5 Tarbijate soojussõlmede täiustamise võimalused

Praegusel momendil kõik tarbijad on varustatud automatiseeritud soojussõlmedega. Suuremat tähelepanu tuleb pöörata automaatika häälestamise peale ning üle kontrollida soojusmõõtjate töö korrektsust, eriti Olgina soojusvõrgus (nii katlamaja soojusmõõtja kui ka tarbijate soojusmõõtjad).

4 Energia- ja kliimapoliitika ning õigusaktide võimalik mõju arengukava rakendamisele

Soojusvarustuse arendamisel oma piirkonnas peab kohalik omavalitsus kindlasti arvestama kohalikke iseärasusi, kuid üldjoontes on otstarbekas lähtuda riigi energiapoliitikast ja selle kaudu ka Euroopa Liidu (EL) suundumustest selles valdkonnas. Samal ajal on kohalikel omavalitsustel oluline roll riigi energiapoliitika elluviimisel, seda eriti energiatõhususe tõstmise eesmärkide osas.

Liikmesriigina järgib Eesti oma energiavarustuse arendamisel EL vastavaid sihte. EL energiapoliitika üldisteks suundumusteks on:

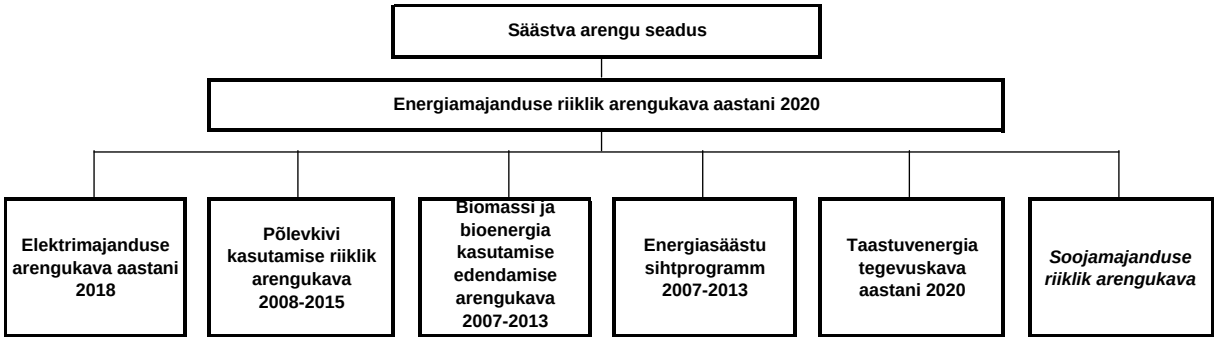
- tõsta energia varustuskindlust;
- tagada Euroopa konkurentsivõimeline ja taskukohane energia;
- soodustada keskkonna jätkusuutlikkust ja võidelda kliimamuutustega.

Aastaks 2020 on EL seadnud järgmised konkreetsed eesmärgid:

- saavutada 20% efektiivsem energia kasutamine lõpptarbimises;
- vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid vähemalt 20% võrra võrreldes baasaastaga 1990;
- tõsta taastuvenergia osakaal 20%-ni energia lõppkasutusest;
- suurendada biokütuste osakaalu transpordikütustes 10%-ni eeldusel, et õnnestub välja töötada teise põlvkonna biokütused.

Nendest eesmärkidest on lähtutud ka Eesti energiavarustuse riiklikul suunamisel. Eestis on energiavarustuse arendamise põhilised suunad fikseeritud energiamajanduse riiklike arengukavadega, mis lähtuvad Säästva arengu seadusest. Praegu kehtiv *Energiamajanduse riiklik arengukava aastani 2020* kinnitati Riigikogu poolt 2009. a. Arengukava kõige üldisemaks eesmärgiks on tagada pideval energiavarustusel ja energiaallikate mitmekesistamisel põhinev tõhus energiakasutus Eestis.

Lisaks üldisele arengukavale on mitmeid kitsama valdkonna kavasid ja programme (vt skeem).



Eesti elektrimajanduse arengukavas aastani 2018 seatakse strateegilised eesmärgid elektrimajanduse arendamiseks, kirjeldades eesmärke ja nende saavutamise meetmeid elektrivarustuse tagamise, keskkonnakoormuse vähendamise, rahvusvaheliste energiaühenduste loomise, elektrituru avamise ning elektritarbimise kasvu osas.

Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2008–2015 strateegiliseks eesmärgiks on tagada Eesti varustatus põlevkivienergiaga kindlustades sellega Eesti energeetiline sõltumatus. Lisaks tõstab arengukava esile pikemaajalises perspektiivis võimaluste leidmise põlevkivi aastase kasutusmahu järkjärguliseks vähendamiseks mahuni 15 miljonit tonni aastaks 2015.

Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007–2013 eesmärgiks on luua kodumaise biomassi ja bioenergia tootmise arenguks soodsad tingimused, et vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest ressurssidest ja fossiilsetest kütustest ning vähendada survet looduskeskkonnale. Arengukava eesmärk on vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest energiaressurssidest ning laiendada biomassi kasutamist energia toorainena.

Energiasäästu sihtprogramm 2007–2013 seab Eesti kütuste ja energia kokkuhoiu poliitika sihid aastateks 2007–2013 ning määrab nende saavutamiseks vajalikud meetmed. Programmi eesmärgiks on tagada kütuste ja energia tõhusam kasutamine Eestis, mis on olulise tähtsusega energiamajanduse arengukava eesmärkide täitmiseks energiasäästu ja energiatõhususe valdkondades.

2009. a plaanis olnud riiklikku arengukava soojusvarustuse kohta ei ole seni koostatud.

Energiakasutuse arengut kavandavates riiklikes dokumentides esitatud eesmärke tuleks ka kohalikel omavalitsustel oma arengut kavandades arvesse võtta.

Riigi energiapoliitika üheks oluliseks osaks on kütuste ja energia kokkuhoiu poliitika. Selles valdkonnas olulisimaks riiklikuks dokumendiks on *Energiasäästu sihtprogramm 2007-2013*, mille üldeesmärgiks on kütuste ja energia kasutamise efektiivsuse parendamine ning kütuste ja energia kokkuhoiu saavutamine. Energiasäästupoliitika tähtsust rõhutab ka *Konkurentsivõime kava „Eesti 2020“*, mis seab ambitsioonika eesmärgi energia lõpptarbimise tõhustamisele Eestis – hoida energia lõpptarbimine 2020. aastal 2010. a tasemel. 2011. a tehti vahekokkuvõte *Energiasäästu sihtprogramm 2007-2013 tulemustest* ja koostati vastavalt EL nõuetele *Eesti teine energiatõhususe tegevuskava*, milles tuuakse välja olulisemad suunad, millele energiasäästu ja -tõhususe poliitika elluviimisel lähiaastatel Eestis keskendutakse:

- jätkata toetusprogramme energiasäästu saavutamiseks korterelamutes;
- arendada välja meede energiasäästu tegevusteks väikeelamutes;
- viia ellu avaliku sektori hoonete rekonstrueerimise programm;
- tõsta tööstuse ja väikeettevõtete konkurentsivõimet energiatõhususe tõusu kaudu;
- saavutada energiasäästu transpordis;
- tõsta energiatõhusust teenuste sektoris;
- parandada energiasäästupoliitika elluviimise kvaliteeti.

Energiasäästu tegelikuks saavutamiseks ei piisa reeglina riiklikul tasandil tehtavatest otsustest vaid need tuleb ellu viia kohalikul tasandil. Kuna energiavarustuse investeeringud vajavad pikaajalist planeerimist, siis on oluline, et kohalikes omavalitsustes koostataks energiamajanduse arengukavad pikaajaliseks arengusuundade määramiseks ja energiasäästualase tegevuse planeerimiseks. Kohalikke omavalitsusi maapiirkondades puudutavad otsesemalt hoonete energiakasutust käsitlevad sihid ja meetmed. Ka käesoleva soojusvarustuse arengukava üheks oluliseks eesmärgiks on energiasääst.

EL ühtsed nõuded energiakasutuse efektiivsusele tõstmisele hoonetes sätestati algselt ehitiste energiatõhususe direktiiviga (2002/91/EÜ, 16. detsember 2002). 2010. a tehti direktiivi mitmeid olulisi täiendusi ja asendati see uue direktiiviga hoonete energiatõhususe kohta (uuesti sõnastatud; 2010/31/EL, 19. mai 2010).

Direktiiv 2010/31/EL sätestab, et liikmesriigid peavad tagamaa uute hoonete vastavuse energiatõhususe miinimumnõuetele. Seejuures tuleb enne ehitamise algust kaaluda ja võtta arvesse järgmiste alternatiivsete suure tõhususega süsteemide tehnilist, keskkonnaalast ja majanduslikku teostatavust uue hoone jaoks:

- taastuvatest energiaallikatest toodetud energial põhinevad detsentraliseeritud energiavarustussüsteemid;

- koostootmine;
- kaug- ja lokaalküte või -jahutus, eriti kui see täielikult või osaliselt põhineb taastuvatest energiaallikatest toodetud energial;
- soojuspumbad.

Olemasolevate hoonete olulisel rekonstrueerimisel tuleb suurendada hoone või selle rekonstrueeritud osade tehnilise, funktsionaalse ja majandusliku teostatavuse piires nende energiatõhusust nii, et see vastaks energiatõhususe miinimumnõuetele.

Täiendava ülesandena hoonete energiatõhususe alal kohustab direktiiv liikmesriike tagama uute hoonete energiatarbe vastavalt liginullenergiahoone[4] nõuetele järgmiselt:

- alates 1. jaanuarist 2019 uusehitistele, mida kasutavad ja omavad riigiasutused;
- alates 1. jaanuarist 2021 kõigile hoonetele.

Hoone energiatõhususe taset kajastava energiamärgise osas sätestab direktiiv, et rohkem kui 500 m^2 kasuliku põrandapinnaga hoones, millele on väljastatud energiamärgis, ning milles asuvad riigiasutused, mida inimesed sageli külastavad, paigutatakse energiamärgis silmatorkavale ja avalikkusele selgelt nähtavale kohale. 9. juulist 2015 tuleb nimetatud nõuet rakendada juba 250 m^2 suuruse hoone korral.

Energiakasutuse tõhususega hoonetes seonduvad kohalikele omavalitsustele pandud ülesanded, mis tulenevad EL direktiivi 2002/91/EÜ nõuetest on sätestatud Eesti õigusaktides – põhiliselt ehitusseaduses ja selle alamaktides. Nimetatud direktiiv kaotas kehtivuse 1. veebruarist 2012, seda asendab direktiiv (2010/31/EL), mille nõuetest lähtudes on Eestis kehtestatud energiatõhususe miinimumnõuded ehitatavatele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele[5].

Tabel 4.1. Energiatõhususarvu piirväärtused (kWh/(m^2 a), mida ei tohi ületada

Hoone tüüp	Ehitatavad hooned	Oluliselt rekonstrueeri-tavad hooned	Madal-energiahooned	Ligi-nullenergia-hooned
Väikeelamud	160	210	120	50
Korterelamud	150	180	120	100
Büroohooned, raamatukogud, teadushooned	160	210	130	100
Ärihooned	210	270	160	130
Avalikud hooned	200	250	150	120
Kaubanduskeskused, terminalid	230	280	160	130
Haridushooned	160	200	120	90
Koolieelsed lasteasutused	190	240	140	100
Tervishoiuhooned	380	460	300	270

Tabelis esitatud väärtustega tuleb arvestada ka kaugkütte planeerimisel, seejuures peab silmas pidama, et esitatud piirväärtused sisaldavad kogu tarbitavat energiat, mitte ainult hoonete kütet.

Energiakasutuse tõhustamist hoonetes käsitleb ka 25. oktoobril 2012 Euroopa Parlamendi ja Nõukogu poolt vastu võetud direktiiv 2012/27/EL, millega kehtestatakse ühine meetmete raamistik energiatõhususe edendamiseks Euroopa Liidus, et tagada liidu 2020. aasta energiatõhususe 20% peaeesmärgi täitmine ja rajada teed edasisele energiatõhususe parandamisele pärast seda tähtaega. Liikmesriike kohustatakse koostama pikaajalise strateegia investeeringute tegemiseks nii avaliku kui ka erasektori elamu- ja ärihoonete renoveerimiseks kogu riigis. Muude meetmete hulgas on ka nõue, et liikmesriigid peavad tagama, et alates 1. jaanuarist 2014 renoveeritakse igal aastal 3%

[4] Liginullenergiahoonete määratluse kehtestab iga liikmesriik kajastades riiklikke, piirkondlikke või kohalikke tingimusi ning määratlus sisaldab primaarenergiatarbimise arvnäitajat väljendatuna kWh/m^2 aastas. Eestis kehtestatuid vt Tabel 4.1.

[5] Kehtestatud Vabariigi Valitsuse määrusega nr 68, 30.08.2012, kehtivad alates 09.01.2013.

nende keskvalitsuse omanduses ja kasutuses olevate köetavate ja/või jahutatavate hoonete üldpõrandapinnast, et täita vähemalt energiatõhususe miinimumnõuded, mis vastav liikmesriik direktiivi 2010/31/EL kohaldamisel on kehtestanud (Eesti kohta vt Tabel 4.1). Seejuures võib liikmesriik nõuda, et kohustus renoveerida igal aastal 3% üldpõrandapinnast laieneks keskvalitsuse tasandist allpool olevatele haldusüksustele.

Direktiiviga kohustatakse liikmesriike innustama kohalikke omavalitsusi ja muid avaliku sektori asutusi vastu võtma selgete eesmärkidega terviklikke ja jätkusuutlikke energiatõhususe kavasid, kaasama elanikke nende väljatöötamisse ja rakendamisse ning teavitama liikmesriike adekvaatselt kavade sisust ja eesmärkide saavutamise edenemisest.

5 Kokkuvõte ja järeldused

Vaivara valla asulatest kahes on olemas kaugküttesüsteemid. Nii Olginas kui Sinimäel on kaugküte suhteliselt heas korras, kuid siiski on võimalusi süsteemi töö tõhustamiseks, seda eriti soojustrasside osas.

Praeguseks ajaks on Olgina ja Sinimäe soojusvõrgud juba suures osas rekonstrueeritud, seetõttu on peamiseks probleemiks soojusvõrkude vanade osade suured soojuskaod. Arvame, et võrkude rekonstrueerimine tuleb lõpule viia, siis ei tohiks paljude aastate jooksul võrguga probleeme tekkida ja pikaajalises perspektiivis on see tasuv investeering. Seejuures tuleb arvestada, et võrgu koormatus mõjutab soojuskao protsenti oluliselt ja see jääb madala eriväljastuse korral ikkagi suureks ka täielikult rekonstrueeritud, väga efektiivse soojusisolatsiooniga eelisoleeritud torudest võrgu korral.

Tarbijate soojussõlmedes tasub kontrollida ning häälestada automaatreguleerimise süsteeme. Tähelepanu ning kontrolli vajavad katlamajade ja tarbijate soojusmõõtjad, eriti Olgina soojusvõrgus.

Töö käigus uuriti erinevaid variante soojuse hinna alandamiseks. Ühe variandina analüüsiti Olgina kaugküttevõrgu ühendamise otstarbekust Narva linna soojusvõrguga, kus soojuse hind on oluliselt madalam Olginas toodetud soojusest. Analüüs näitas, et 1,5 km pikkuse ühenduslõigu ehitamine Narva ja Olgina võrkude ühendamiseks ei ole majanduslikult tasuv kuna soojuskaod uues lõigus koos ehituskuludega tõstaksid soojuse hinna praegusest kõrgemale.

Soojuse ja elektri koostootmise kasutuselevõtu võimaluste ja otstarbekuse analüüsist selgus, et kaugküttevõrkude nii väikeste soojuskoormuste korral ja kõrgete investeeringute tõttu ei ole sellise muidu efektiivse tootmise rakendamine otstarbekas. Lähtudes investeeringute suurusest ja aastaste tulude kasvust ulatuvad kummagi projekti tasuvusajad kümnetesse aastatesse. Selline tulemus näitab selgelt maagaasil koostootmise alustamise majanduslikku ebaotstarbekust ja seetõttu täpsemaid tasuvusarvutusi ei teostatud. Soojuse akumulatsioonipaakide kasutamine võimaldaks tõsta mõnevõrra toodetava elektri kogust, kuid tasuvusaega see oluliselt lühemaks ei teeks.

Alternatiivsetest energiaallikatest uuriti soojuspumpade kasutuselevõtu võimalusi. Tulenevalt suhteliselt väikesest võimsusest sobivad õhk-õhk tüüpi soojuspumbad kasutamiseks lisaküttena põhiliselt eramutes – ühepere- ja ridamajades. Suuremate hoonete soojusega varustamiseks on võimalik osaliselt kasutada soojuspumpi, mis saavad suurema osa energiast maapinnast. Need on reeglina maa–vesi tüüpi seadmed. Kuna soojuspumba soojustegur on seda suurem, mida madalam on küttesüsteemi temperatuur, siis kõige paremini sobib maasoojuspump majadele, kus on kasutusel põrandaküte. Maasoojuspumpade kasutuselevõtu otstarbekuse hindamiseks on vaja kõigepealt teada pinnase struktuuri, mis määrab soojuse ülekandeteguri suuruse. Alles seejärel saab teha täpsemaid arvutusi vajalike investeeringute ja nende tasuvuse kohta.

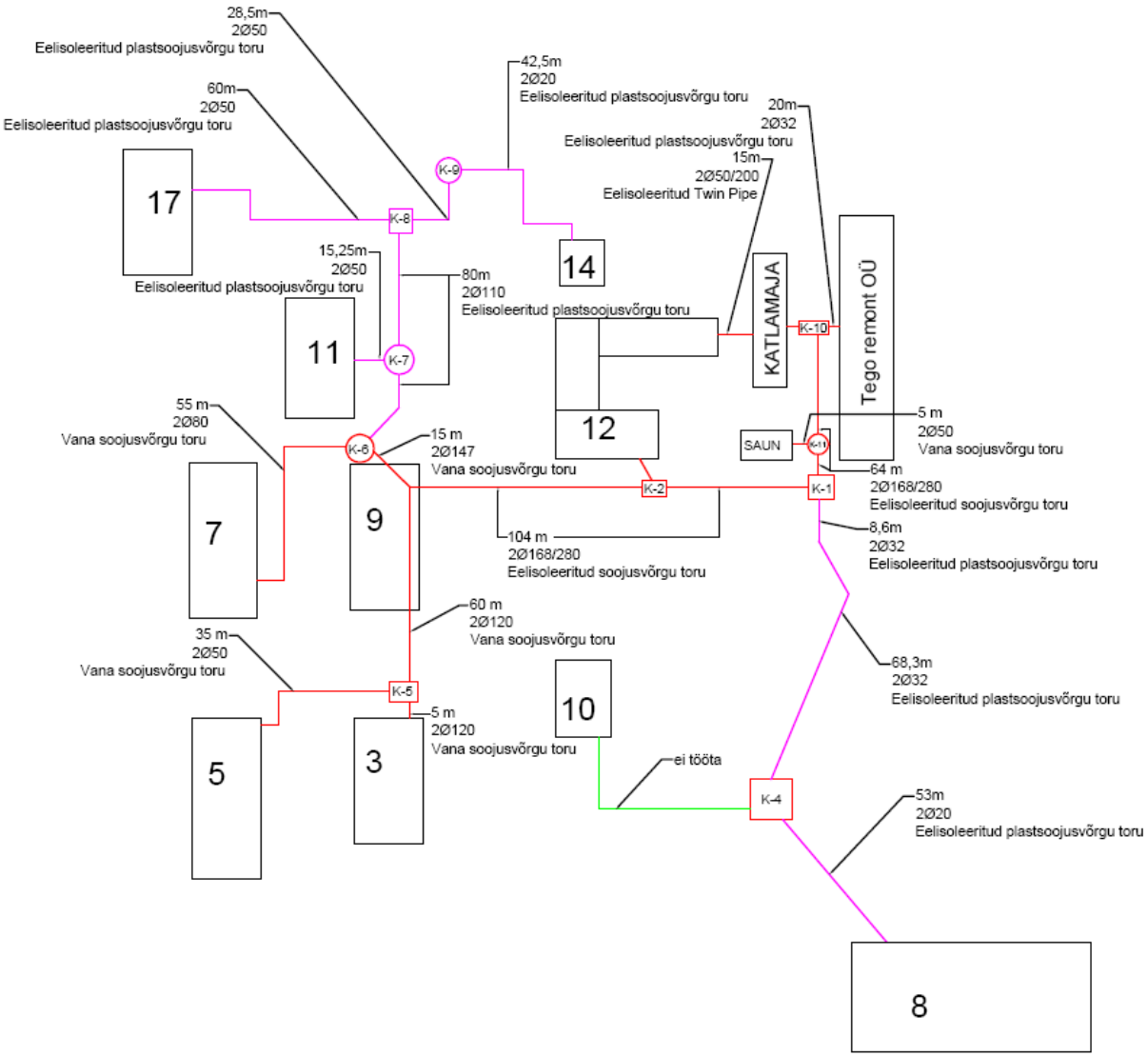
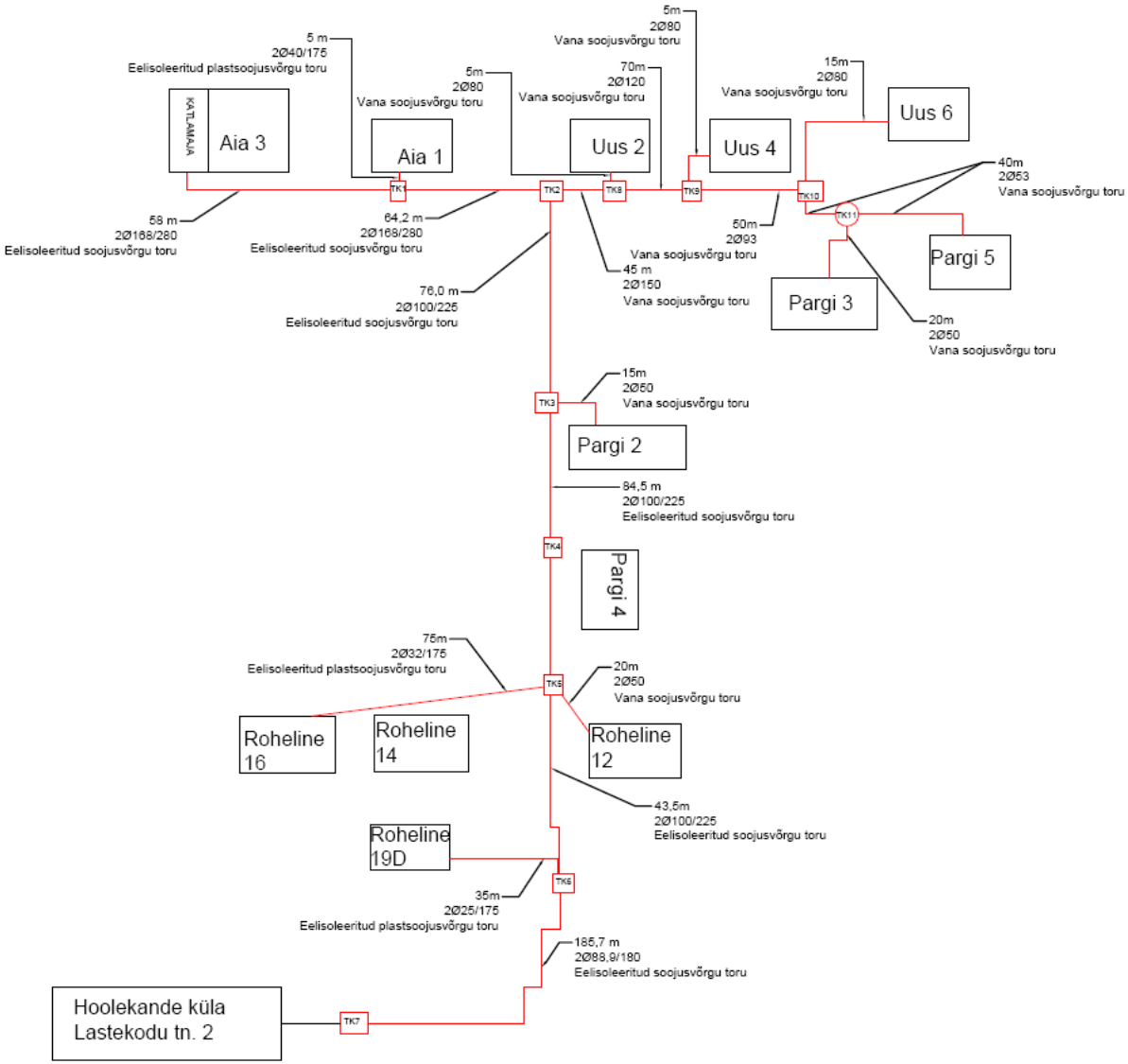
Soojusvarustuses kasutatavate taastuvatest energiaallikate hulka kuulub kindlasti ka otsene päikeseenergia. Seda energiat on võimalik kasutada nii elektri tootmiseks PV-paneelide abil kui vee soojendamiseks, seda nii hoonete kütmise kui tarbevee soojendamise otstarbel. Päikeseenergia kasutuselevõttu võiks kaaluda mõnes valla hallatavas hoones taotledes selleks taastuvenergia kasutuselevõtu toetust, sest vastavad investeeringu on suhteliselt suured.

Taastuvatest energiaallikatest võib tõsiselt kaaluda puiduhakkel töötava katla kasutamist baaskoormuse katmiseks Olgina kaugküttevõrgus. Puiduhakkel töötav katel võimaldaks anda kokkuhoidu soojuse tootmise muutuvkuludelt ja kujundada edaspidi tarbijatele soodsama hinna. Maagaasi primaarenergia hind moodustab täna umbes 45 €/MWh, samas kui see puiduhakkel on ligikaudu 18 €/MWh. Lähtudes puidu kasutuselevõtu poolt tingitud maa-ala ja ruumide (hoonete) vajadusest, samuti arvestades Sinimäe katlamaja asukohta (ehitatud kokku korruselamuga) võiks kaaluda uue katla soetamist Olgina katlamaja juurde. Lähtudes Olgina katlamaja tööparameetritest, eriti soojusvajaduse kestusgraafikust, võiks uue katla võimsus olla 500 kW. Puiduhakke katel jääks tööle baaskoormusel ja olemasolev gaasikatel töötaks tipurežiimis. Arvutused näitasid, et kahe katla koostöös oleks võimalik saavutada kulude kokkuhoidu kuni 26,0 tuh € aastas. Tulenevalt Olgina praeguse katlamaja ruumijaotusest osutub vajalikuks puidukatla jaoks uue katlamaja ehitamine. Katlamaja ehitamiseks vajalik investeering on ligikaudse eelhinnangu kohaselt 170 tuh €. Kuna võimalused omafinantseerimiseks puuduvad, siis teostati tasuvusarvutused lähtudes kogu investeeringu ulatuses 15 aastaks võetavast pangalaenust. Arvutuste kohaselt on investeeringu lihttasuvusajaks 6,5 aastat ja ajaldatud tasuvusajaks 8,1 aastat, mis näitab, et sellise projekti ettevalmistamisega oleks otstarbekas detailsemalt tegeleda.

Lõpetuseks võib konstateerida, et soojusmajanduse seisukord nii Olginas kui ka Sinimäel on hea võrreldes Eestis teiste väikevõrkudega. Omavalitsuse poolt on tehtud väga palju tööd nii katlamajade kui ka soojusvõrkude rekonstrueerimisel. Lähitulevikus tasub lõpule viia soojusvõrkude rekonstrueerimine ning suuremat tähelepanu tuleks pöörata hoonetes soojussäästu saavutamisele.

Lisad

Lisa 1. Olgina kaugküttevõrgu skeem



Lisa 2. Sinimäe kaugküttevõrgu skeem