



1918

TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**JÄRVAKANDI ALEVI SOOJUSVARUSTUSSÜSTEEMI
ARENGUKAVA**

ARUANNE

Tellija: Järvakandi Vallavalitsus

Täitja: Tallinna Tehnikaülikool, Soojustehnika instituut

Vastutav täitja: Andres Siirde
TTÜ, Soojustehnika instituut

Tallinn

2006 jaanuar

JÄRVAKANDI ALEVI SOOJUSVARUSTUSSÜSTEEMI ARENGUKAVA

ARUANNE

Tellija: Järvakandi Vallavalitsus

Täitja: Tallinna Tehnikaülikool, Soojustehnika instituut

Vastutav täitja: Andres Siirde
TTÜ, Soojustehnika instituut

Koostasid: Andres Siirde
TTÜ, Soojustehnika instituut

Aleksandr Hlebnikov
TTÜ, Soojustehnika instituut

Sisukord

1. Sissejuhatus.....	4
2. Järvakandi alevi soojusvarustussüsteemi seisundi analüüs	5
2.1 Soojusallikad.....	5
2.2 Soojustarbijad	6
2.3 Soojusvõrk	12
2.4 Tegelik soojuskoormus	16
3. Soojustarbimise lähituleviku prognoos.....	19
4. Järvakandi alevi tulevase soojustarbimise analüüs.....	21
4.1 Alevi perspektiivsed soojustarbijad.....	21
4.2 Alevi soojuskoormus tulevikus.....	22
5. Soojusvarustussüsteemi rekonstrueerimise võimalused	24
5.1 Soojusvarustuse rekonstrueerimise võimalikud variandid	24
5.1.1 Soojusvõrgu optimeerimise põhimõtted	24
5.1.2 Alevi olemasoleva soojusvõrgu optimeerimine.....	29
5.1.3 Optimeeritud soojusvõrku iseloomustavad suurused	36
5.2 Rekonstrueerimiseks vajalikud investeeringud ja rekonstrueerimise järjekord	42
5.3 Rekonstrueerimise tasuvus	48
6 Soojuse ja elektri koostootmise võimalused alevis	49
6.1 Ülevaade koostootmisest, koostootmise põhjendatus.....	49
6.2 Hinnang koostoomisseadmete investeeringute suurusele.....	51
6.3 Eestis kehtivad seadusandlikud aktid, mis reguleerivad koostootmist.....	52
6.4 Järvakandi alevi elektriline koormus	53
6.4.1 Järvakandi Puidutehas OÜ elektriline koormus ja elektri tarbimine	53
6.4.2 Järvakandi Klaas AS elektriline koormus.....	54
6.5 Sisepõlemismootoril põhinev koostootmisjõujaama rakendamise majanduslikkus	55
6.5.1 Hinnang koostootmisse evitamise majanduslikkuse kohta	56
6.6 Alternatiivne lahendus: sisepõlemismootori asemel evitataks gaasturbiniiga seotud koostootmissade	60

1. Sissejuhatus

Töö on koostatud Järvakandi Vallavalitsuse tellimusena alljärgnevas sisus:

1. Järvakandi alevi soojusvõrgu analüüs ja kaugküttevõrgu hetkeolukorra hinnang. Kaugküttevõrgu töö efektiivsuse tõstmiseks vajalikud meetmed.
 - Teostada arvutuslikult kaugkütte võrgu tehnilise seisukorra ja efektiivsuse analüüs.
 - Teostada soojusvõrgu torude sisediametrite optimeerimine vastavalt tarbijate tegelikele soojuskoormustele.
 - Teostada investeeringute tasuvuse analüüs kaugkütte võrgu renoveerimiseks ja optimeerimiseks.
 - Teostada soojustarbimise võimaliku muutuse analüüs vastavalt uute tarbijate lisandumisele ja vanade majade soojustarbimiste muutustele.
2. Teostada piirkonna elektritarbimise analüüs,
3. Teostada maagaasil põhineva elektri ja soojuse koostootmise erinevate võimaluste analüüs Järvakandi kaugküttepiirkonnas.
4. Teostada analüüs Järvakandi klaasitehase ja puidutöökoja lülitamisel elektri ja soojuse koostootmisse süsteemi.
5. Analüüsida seadusandlike võimalusi koostootmise rakendamiseks Järvakandi kaugküttepiirkonnas.

2. Järvakandi alevi soojusvarustussüsteemi seisundi analüüs

2.1 Soojusallikad

Järvakandi alevit varustab soojusega vallale kuuluv ettevõte OÜ Järvakandi Soojus. Katlamaja on ideaalses seisukorras. Katlad, korstnad, vee ettevalmistuse süsteem, tsirkulatsioonipumbad on väga heas seisundis.

Soojust annavad kaks gaasil töötavat katelt. Võimsam nendest on India päritolu leeksuitsutoru katel RFW 3000 soojusliku võimsusega 3,5 MW (3,0 Gcal/h). Katel on valmistatud 1987. aastal, kuid töötab alates 1996. aastast (vahepeal seisis Rapla teedevalitsuse laos). Teiseks katlaks on 1999. aastal valmistatud ja käiku läinud malmribi veesoojenduskatel De Dietrich soojusliku võimsusega 1,0 MW. Efektiivsuse tõstmiseks on katel täiendavalts varustatud rekuperaatoriga Totaleco TT1080, mis soojendab võrgust tagastuvat vett katlast lahkuvate suitsugaaside soojuse arvelt. Rekuperaator paigaldati 2005. aasta aprillis-mais. Rekuperaator annab juurde ~100 kW (10%) soojusvõimsust.

Soojuskoormusteni kuni 1,0 MW hoitakse töös ökonomsemat, rekuperaatoriga varustatud De Dietrich malmribikatelt ja koormuse edasisel suurenemisel liitub töössse India katel.

Tsirkulatsioonipumbad on tulnud komplektis koos India leeksuitsutoru katлага (konteinerkatlamaja, valmistatud 1987. aastal). Tsirkulatsioonipumbad (2tk.) on varustatud pöörete sagedusmuunduriga Grundfos LP100. Pumpade elektrimootorite võimsus on 18,5 kW. Vee rõhk pealevoolu torus hoitakse aastaläbi 3,0 kgf/cm² ja tagasivoolu torus - 1,4 kgf/cm², rõhulang on 1,6 kgf/cm². Võrguvee temperatuurirežiim on 95/70°C arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C.

2.2 Soojustarbijad

Soojusvõrguga on ühendatud kokku 21 tarbijat. Tarbijad on jaotatud kolme gruppi: eelarvelised I, elanikkond II ja muud III. Soojuskoormused on saadud viimaste aastate (2003...2005.a.) tegeliku soojustarbimise alusel.

Tarbijate summaarne küttekoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C on 1678 kW. Sooja tarbevee valmistamise keskmine koormus on 84 kW. Maksimaalne koormus võib ulatuda kuni 294 kW. Kõikide tarbijate summaarne soojuskoormus võib ulatuda kuni 1763 kW.

Esimesse gruppi kuuluvad eelarvelised tarbijad ja neid on kokku 7: gümnaasium, lastepäevalkodu, rahvamaja, ujula, hooldekodu, vallavalitsus ja teenindusmaja. Eelarveliste tarbijate summaarne küttekoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C on 590 kW. Sooja tarbevee valmistamise keskmine koormus on 20 kW ning maksimaalne koormus võib ulatuda kuni 70 kW. Kõikide tarbijate summaarne soojuskoormus võib ulatuda kuni 610 kW.

Teise gruppi kuuluvad elumajad ja neid on kokku 8: Staadioni 4, 6, 8, 10, Rahu 7, Vabaduse 2, Pargi 2 ja 1.Mai 3. Elumajade summaarne küttekoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C on 989 kW. Sooja tarbevee valmistamise keskmine koormus on 64 kW ning maksimaalne koormus võib ulatuda kuni 224 kW. Kõikide tarbijate summaarne soojuskoormus võib ulatuda kuni 1054 kW.

Kolmandasse gruppi kuuluvad muud tarbijad ja neid on kokku 6: Elion, OÜ Toora, VK Ilves, Tulihein OÜ, Concordia OÜ, WILDLife OÜ. Muude tarbijate summaarne küttekoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C on 99 kW. Sooja tarbeveega nimetatud tarbijaid ei varustata, väljaarvatud Concordia OÜ.

Praktiliselt on kõik tarbijad (väljaarvatud hooldekodu) varustatud automaatsete soojussõlmedega (väljaarvatud 1.Mai 3, kus on käsitejuhtimisel soojussõlm ja sooja tarbevee varustust ei ole), segamispumbaga kütte poolel ning plaatsoojusvahetiga sooja tarbevee poolel (juhul kui on sooja tarbevee varustus). Soojussõlmed on paigaldatud 1997. aasta suvel, Rootsि firma NUTEK laenuga. Laenuvõtja oli OÜ Järvakandi Soojus ning käesolevaks ajaks on laen juba tagasi makstud (viimane makse oli 2005. aasta septembris). Soojussõlmed on ühistute omad.

Järvakandi soojusvõrguga ühendatud tarbijate soojustarbimine, katlamaja toodang ja võrgu soojuskaod aastatel 2003...2005 on toodud tabelites 2.1, 2.2 ja 2.3. Tegeliku soojustarbimise alusel saadud tarbijate soojuskoormused on toodud tabelis 2.4.

Tabel 2.1. OÜ Järvakandi Soojus soojuse toodang ja müük 2003 aastal

	MWh	Jaan.	Veebr.	Märts	Apr.	Mai	Juuni	Juuli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku 2003 a.
Toodang	1137.3	904.3	742.0	620.4	316.7	153.6	147.6	138.5	161.5	643.9	594.8	813.1	6373.7	
Väljastiutud sh. soe vesi	956.9	840.3	658.8	502.7	222.7	96.4	78.8	82.0	99.8	512.3	503.1	678.2	5231.9	
V A H E D	53.1	51.3	56.0	34.1	34.0	20.7	21.5	23.3	26.0	40.3	32.7	34.4	427.4	
Omatarve sh. soe vesi	12.2	9.8	10.0	8.0	3.3	1.3	0.3	0.3	1.3	3.4	3.1	6.4	59.4	
Võrgukaoed	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	3.6	
I Eelarvelised	168.2	54.2	73.2	109.7	55.9	68.5	56.3	60.4	128.2	88.6	128.5	1082.4		
Gümnaasium	135.6	106.3	80.3	56.9	11.1	4.3	3.7	4.2	8.4	68.5	70.0	94.9	1603.5	
Lastepäevakodu	44.7	36.4	29.1	23.8	10.8	1.9	1.5	1.7	2.9	22.8	20.7	33.6	644.3	
Rahvamaja	44.3	38.0	29.9	25.6	14.2	2.2	0.9	0.4	21.6	20.6	34.2	231.8	229.9	
Kino														
Ujula	12.8	10.5	8.4	5.9	3.1	0.7	0.4	0.4	0.2	3.1	4.0	6.0	54.9	
Hooldekodu	21.5	17.4	13.4	11.5	6.4	2.1	1.8	1.8	2.9	13.3	11.8	16.2	119.9	
Vallavalitsus	14.2	8.5	5.1	3.9	0.4				0.1	4.2	4.2	7.0	47.5	
Teenindusmaja	55.0	43.0	32.3	27.4	12.7	2.6	2.2	2.2	2.5	2.5	2.5	28.7	275.1	
II Elanikkond	516.9	479.1	363.6	288.4	121.6	61.9	46.8	48.4	56.4	293.4	299.2	392.9	2968.6	
Staadioni 4	91.5	93.0	62.3	53.0	23.8	14.3	13.1	12.8	14.6	54.4	51.6	70.5	554.8	
Staadioni 6	132.3	120.8	89.0	73.0	32.0	24.0	13.0	16.0	17.0	79.0	75.0	106.0	777.1	
Staadioni 8	127.8	119.6	103.6	77.6	40.2	16.9	14.3	13.1	17.9	75.5	77.3	100.7	784.4	
Pargi 2	51.3	52.9	36.9	29.8	11.2	6.7	6.4	6.6	7.0	30.7	35.9	40.3	315.4	
Staadioni 10	33.0	27.0	22.0	17.0	5.0					18.0	18.0	23.0	163.0	
Rahu 7	31.1	30.6	19.8	15.0	5.6					13.8	17.8	21.5	155.3	
Vabaduse 2	32.6	23.2	19.5	15.9	1.9					14.6	16.0	20.8	144.5	
1. Mai 3	17.3	12.0	10.6	7.1	1.9					7.4	7.7	10.1	74.1	
III Muud	59.0	49.8	40.8	25.3	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4	11.6	21.2	232.4	
Eesti Telefon	34.9	35.2	30.9	20.9	8.4					9.4	8.6	11.3	159.7	
OÜ Toora	11.9	5.7	3.2	1.2						4.8	1.3	6.9	35.0	
Tulihein OÜ	6.9	6.2	1.7	1.7							0.5	17.1		
VK "Iives"	5.3	2.6	4.9	1.4						2.2	1.7	2.5	20.6	
Kokku I+II+III	903.8	789.0	602.8	468.6	188.7	75.7	57.3	58.7	73.8	472.0	470.4	643.8	4804.5	

Tabel 2.2. OÜ Järvakandi Soojus soojuse toodang ja müük 2004 aastal

MWh	Jaan.	Veebr.	Märts	Apr.	Mai	Juuni	Juuli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.
Toodang	1005.7	814.7	729.6	462.1	234.9	145.4	132.3	125.8	180.0	512.6	738.5	824.1
Väljastatud	856.9	710.7	601.3	340.6	173.2	85.2	73.1	68.0	106.8	404.2	613.0	668.0
s.h. soe vesi	35.1	20.1	19.8	17.2	16.2	15.3	13.0	12.2	12.5	13.1	13.9	12.1
V A H E D	9.0	13.3	13.6	9.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omatarve	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sh. soe vesi	139.8	90.7	114.7	112.1	61.2	60.2	59.2	57.8	73.2	108.4	125.5	156.1
I Eelarvelised	295.1	237.4	199.7	109.0	39.7	16.5	15.1	12.4	26.1	127.1	198.8	217.8
Gümnaasium	124.6	102.2	83.1	40.2	12.1	4.4	4.6	4.5	11.9	59.1	84.9	92.9
Lastepäevakodu	39.6	31.4	26.9	13.6	8.1	1.7	3.2	1.5	3.4	16.5	27.1	29.0
Rahvamaja	40.7	33.8	31.1	20.4	6.7	4.9	1.6	0.9	1.4	13.3	28.4	34.6
Kino	9.6	7.3	5.8	3.2	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.1	0.1	0.1
Ujula	19.5	15.4	12.9	9.4	4.4	2.2	2.0	2.1	4.0	10.2	15.3	15.1
Hooldekodu	11.0	7.7	5.6	2.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.9	7.4	6.9
Vallavalitus	50.2	39.6	34.3	20.0	7.6	2.7	3.1	2.9	4.9	24.1	35.8	39.3
II Elanikkond	495.1	431.7	362.8	205.2	110.9	53.4	45.1	43.5	63.7	245.3	361.3	388.9
Stadioni 4	88.2	71.6	63.1	37.2	24.5	12.8	13.0	11.1	20.6	46.2	64.9	71.6
Stadioni 6	123.0	112.0	90.0	56.0	34.4	19.0	12.4	13.6	18.7	58.7	93.4	106.2
Stadioni 8	130.3	109.7	100.1	53.0	31.2	15.7	13.2	13.3	14.7	66.7	91.6	95.7
Stadioni 10	31.0	25.0	20.0	11.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	15.0	22.0	22.0
Rahu 7	30.7	24.8	20.5	10.6	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	14.1	22.4	22.6
Vabaduse 2	28.7	23.4	18.6	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	12.5	19.5
Pargi 2	50.3	52.5	39.7	21.6	9.7	5.9	6.5	5.4	7.5	25.2	37.4	36.3
1. Mai 3	13.1	12.7	10.7	6.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	6.8	10.2	11.2
III Muud	31.6	21.5	19.0	9.2	6.3	0.0	0.0	0.0	4.5	18.7	39.0	49.3
Elion Ettevõtted	14.6	12.4	11.2	8.2	5.5	0.0	0.0	0.0	4.5	8.5	10.8	10.9
OÜ Toora	8.2	3.9	3.8	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	13.7	8.0
VK "Ilvess"	3.7	2.1	1.3	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.0	1.4
Tulihain OÜ	5.1	3.2	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	0.2	1.8	3.0
Concordia OÜ										1.4	4.3	4.9
Wildlife OÜ										1.4	5.3	21.1
Kokku I+II+III	821.8	690.6	581.5	323.4	157.0	69.9	60.1	55.8	94.3	391.1	599.1	655.9

Tabel 2.3. OÜ Järvakandi Soojus soojuse toodang ja müük 2005 aastal

MWh	Jaan.	Veebr.	Märts	Apr.	Mai
Toodang	787.9	903.6	963.4	520.2	266.3
Väljastatud	654.8	761.3	798.1	427.1	200.2
s.h. soe vesi	12.6	14.4	15.7	15.4	13.9
Rekuperaator				36.4	36.3
Omatarve					
sh. soe vesi					
Võrgukaod	133.1	142.3	165.3	93.1	66.1
I Eelarvelised	222.8	251.8	269.4	137.4	58.6
Gümnaasium	103.0	105.6	116.4	58.4	20.8
Lastepäevakodu	32.1	37.8	40.2	20.4	10.4
Rahvamaja	29.4	38.1	40.4	21.7	11.6
Kino					
Ujula					
Hooldekodu	14.0	16.7	17.7	10.1	5.2
Vallavalitsus	7.2	9.0	9.1	2.6	0.8
Teenindusmaja	37.0	44.5	45.6	24.2	9.9
II Elanikond	371.7	441.1	453.9	247.5	117.4
Staadioni 4	66.2	76.9	80.3	49.1	27.1
Staadioni 6	96.2	113.5	116.3	63.0	30.0
Staadioni 8	89.0	113.2	115.3	65.7	34.3
Staadioni 10	24.0	26.0	28.0	13.0	7.0
Rahu 7	20.6	26.1	27.3	11.7	4.6
Vabaduse 2	21.8	25.6	24.6	12.1	3.0
Pargi 2	42.9	46.8	49.5	26.3	10.3
1. Mai 3	11.1	13.1	12.7	6.6	1.2
III Muud	47.7	54.1	59.1	26.8	10.3
Elion Ettevõtted	11.3	12.2	13.7	8.6	5.4
OÜ Toora	7.7	7.7	3.3	1.5	0.0
VK "Ilves"	2.0	3.2	2.1	1.0	0.0
Tulihein OÜ	2.6	3.0	2.6	0.0	0.0
Concordia OÜ	5.0	7.2	7.6	2.7	1.1
Wildlife OÜ	19.1	21.0	29.7	13.0	3.8
Kokku I+II+III	642.2	746.9	782.4	411.6	186.3

Tabel 2.4. Tarbijate soojuskoormused (saadud 2003...2005 aastate tegeliku soojustarbijimise alusel)

Näitaja	I Eelarvelised kokku	Gümnaasium	Lastepäevalodu	Rahvamaja	Ujula	Hooldekodu	Vallavalitus	Teenindusmaja
Number soojusvõrgu skeemil	20,22,29	12	5	6	19	4	4	10
Soe tarbevesi maksimaalne, kW	72	22	10	12	10	0	0	14
Soe tarbevesi keskmine, kW	20	6	3	3	3	0	0	4
Küttekoormus (-22 °C), kW	590	256	79	85	38	22	22	102
Küttekoormus(-22 °C)+soe t.v.kesk, kW	610	262	81	88	41	22	22	106
Näitaja	II Elanikkond kokku	Staadioni 4	Staadioni 6	Staadioni 8	Staadioni 10	Rahu 7	Vabaduse 2	Pargi 2
Number soojusvõrgu skeemil	14	15	16	17	18	8	8	7
Soe tarbevesi maksimaalne, kW	232	60	74	69	0	0	0	29
Soe tarbevesi keskmine, kW	64	17	20	19	0	0	0	8
Küttekoormus (-22 °C), kW	989	165	250	246	66	67	63	0
Küttekoormus(-22 °C)+soe t.v.kesk, kW	1054	182	271	265	66	67	63	31
Näitaja	III Muud kokku	Elion	OÜ Toora	VKK Iives	Tuliheln OÜ	Concordia OÜ	Wildlife OÜ	
Number soojusvõrgu skeemil	11	3	21	9	6	2	2	
Soe tarbevesi maksimaalne, kW	0	0	0	0	0	0	0	
Soe tarbevesi keskmine, kW	0	0	0	0	0	0	0	
Küttekoormus (-22 °C), kW	154	32	24	7	9	15	66	
Küttekoormus(-22 °C)+soe t.v.kesk, kW	154	32	24	7	9	15	66	
Näitaja	I+II+III hoiik kokku							
Number soojusvõrgu skeemil		1						
Soe tarbevesi maksimaalne, kW		304						
Soe tarbevesi keskmine, kW		84						
Küttekoormus (-22 °C), kW		1733						
Küttekoormus(-22 °C)+soe t.v.kesk, kW		1817						
Võrgu maksimaalne soojustavõimsus (-22 °C), kW		305						
Katlamaja summardne koormus(-22 °C), kW		2122						

2.3 Soojusvõrk

Järvakandi soojusvõrk alustas tööd 1964. aastal. Viimasel ajal on tõsised tööd seotud õhutrasside soojustamisega 2004. aastal. Praktilliselt kõik õhuliinid olid soojustatud Paroc kivivillast mattidega paksusega 60 mm ja pealt kaetud tsingitud plekiga. Alates 2002. aastast on osa torusid asendatud eelisoleeritud torudega.

Järvakandi soojusvõrk asub põhiliselt maaalustes künades, samuti on ka õhuliine ja maa-aluseid eelisoleeritud torustikke. Käesoleval ajal on ekspluatatsioonis oleva võrgu pikkuseks 2957 m.

Õhuliinide soojusisolatsioon on väga heas seisundis ja maa-aluste torude soojusisolatsioon on rahuldas seesundis.

Andmed soojusvõrgu kõikide osade kohta on toodud tabelis 2.5. Tabelis 2.6 on tehtud torude jaotus diameetrite kaupa vanale, olemasolevale ning uutele optimeeritud võrkudele.

Tabel 2.5 OÜ Järvakandi Soojus kaugküttetassid

Löik	Tüüp	Pikkus L, m	Diaameeter DN, mm	Sise-diaameeter, mm	Välis-diaameeter, mm	Välispind, m ²	Toruude maht, m ³	Ehituse aeg	Märkus
A-A1	õhutrass	47.8	125	125.8	139.0	41.7	1.188	käiku mai 2004	uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A1-A2	õhutrass	46	150	150.0	159.0	45.9	1.625	käiku mai 2004	olemasolud toru survestamine uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A2-A3	õhutrass	265	125	125.8	139.0	231.3	6.584	käiku detsember 2004	uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A3-A4	õhutrass	27.5	80	82.0	89.0	15.4	0.290	amortiseerunud, pole käigus	
A3-A5	õhutrass	40	100	100.8	108.0	27.1	0.638	käiku detsember 2004	uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A5-A6	õhutrass	57.6	100	100.8	114.0	41.2	0.919	käiku detsember 2004	olemasolud toru survestamine uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A6-A7	õhutrass	6.3	80	82.0	89.0	3.5	0.067	käiku detsember 2004	olemasolud toru survestamine uus toru, paroc lamellmatt 60 mm, tsingitud plekk
A6-A8	õhutrass	70	100	100.8	114.0	50.1	1.117	olenasolev, pole käigus	
A2-B	eelisoleeritud	49.4	100	100.8	114.3	35.5	0.788	käiku mai 2004	uue trassiõigus ehitus
B-B1	eelisoleeritud	54.2	100	100.8	108.0	36.8	0.865	käiku okt. 2002	uue trassiõigus ehitus
B1-B2	eelisoleeritud	19.3	100	100.8	108.0	13.1	0.308	käiku okt. 2002	uue trassiõigus ehitus
B2-B3	eelisoleeritud	27.7	100	100.8	108.0	18.8	0.442	käiku okt. 2002	uue trassiõigus ehitus
B3-S1	maa-alune künas	45	100	100.8	114.0	32.2	0.718		
S1-S2	maa-alune künas	74.6	100	100.8	114.0	53.4	1.190		
S2-B4	eelisoleeritud	48	50	54.5	60.3	18.2	0.224	käiku okt. 2003	uue trassiõigus ehitus
S2-S3	maa-alune künas	65.7	80	82.0	89.0	36.7	0.694		
S3-B5	maa-alune künas	15	70	69.0	76.0	7.2	0.112		
S3-B6	maa-alune künas	15	70	69.0	76.0	7.2	0.112		
B6-B7	maa-alune künas	29	50	54.5	60.3	11.0	0.135		
S2-B8	pool maa-alune künas	92	50	54.5	60.3	34.8	0.429	juli 2003 uus paroc koorik 60 mm, bituumenpaber	
B8-B9	maa-alune künas	5	50	54.5	60.3	1.9	0.023		
B8-S5	maa-alune künas	82.1	70	69.0	76.0	39.2	0.614		
S5-B10	maa-alune künas	12.2	50	54.5	60.3	4.6	0.057		
B2-B11	maa-alune künas	35	50	54.5	60.3	13.3	0.163	käiku sept. 2004	
B11-B12	maa-alune künas	2	50	54.5	60.3	0.8	0.009		
B11-B13	maa-alune künas	50	70	69.0	76.0	23.9	0.374		
A-C	õhutrass	62.3	125	125.8	133.0	52.0	1.548	olemasolud torustiku asendamine eelisoleeritud	uponor küttevee tonga
C-C1	trass hoones (JK)	2	125	125.8	133.0	1.7	0.050		
C1-C3	trass hoones (JK)	72	200	210.1	219.1	99.1	4.990		
C3-C4	õhutrass	53.5	200	210.1	219.1	73.6	3.708		suvi 2001 uus paroc lamellmatt 30 + 30 mm, tsingitud plekk
C4-C5	õhutrass	105	200	210.1	219.1	144.5	7.277		suvi 2000 uus Isover, Al-plekk
C5-S6	maa-alune künas	9	200	210.1	219.1	12.4	0.624		
C4-C6	õhutrass	207	100	100.8	108.0	140.4	3.302		suvi 2001 uus Paroc lamellmatt 30 + 30 mm, tsinkplekk
C6-C7	eelisoleeritud	20	100	107.1	114.3	14.4	0.360		1997
C7-C8	maa-alune künas	80	100	100.8	108.0	54.3	1.276		

Tabel 2.5 OÜ Järvakandi Soojus kaugküttetrassid (järgneb)

Löök	Tüüp	Pikkus L, m	Diaameeter DN, mm	Sis- diaameeter, mm	Välisis- diaameeter, mm	Torude välispind, m ²	Torude mahl, m ³	Ehituse aeg	Märkus
S6-S7	pool maa-alune künas	128.2	200	210.1	219.1	176.4	8.885		
S7-C11	maa-alune künas	59.7	100	100.8	108.0	40.5	0.952		
S7-C12	pool+riida-alune künas	113.5	100	100.8	108.0	77.0	1.811		suvि 2002 uus torukoorik paroc 60 mm, bitumenpaber
C12-C13	maa-alune künas	39.1	100	100.8	108.0	26.5	0.624		
S7-S8	eejisolseeritud	108	150	160.3	168.3	114.1	4.357	1997	
S8-C14	maa-alune künas	24.9	80	82.0	89.0	13.9	0.263		
S8-C15	maa-alune künas	33.7	80	82.0	89.0	18.8	0.356		
S8-S9	maa-alune künas	125.2	125	125.8	133.0	104.6	3.111		
S9-C16	maa-alune künas	54.2	100	100.8	108.0	36.8	0.865		
S9-S10	maa-alune künas	129.8	125	125.8	133.0	108.4	3.225		
S10-S11	maa-alune künas	66.1	125	125.8	133.0	55.2	1.642		suvि 2003 Rahu tr.-S11 uus paroc torukoorik 60 mm, bitumenpaber
S11-C17	maa-alune künas	25.5	50	54.5	60.3	9.7	0.119		
S11-C18	maa-alune künas	83.8	125	125.8	133.0	70.0	2.082		suvि 2003 uus paroc torukoorik 60 mm, bitumenpaber
D-D1	maa-alune künas	85	50	50.0	57.0	30.4	0.334		
Kokku:		2968.9			2319.3	71.4			

Tabel 2.6 Järvakandi soojusvõrgu osade pikkused, vana ja uus optimeeritud soojusvõrk

Vana võrk		Uus võrk	
Diameteer DN, mm	Pikkus L, m	Diameteer DN, mm	Pikkus L, m
20	0	20	148
25	0	25	185,5
32	0	32	928,1
40	0	40	170,7
50	316,7	50	186,4
70	175,1	70	798,7
80	130,6	80	0
100	1031,3	100	108
125	782	125	432
150	154	150	0
175	0	175	0
200	367,7	200	0
Kokku:		2957,4	2957,4

2.4 Tegelik soojuskoormus

Viimaste aastate tegeliku soojustarbimise alusel on koostatud Järvakandi soojusvõrgu soojuskoormuse kestvusgraafik (joonis 2.1). Graafikul on toodud soojuskoormused, nii arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C , kui ka külmemal välisõhu temperatuuril $-27,5^{\circ}\text{C}$.

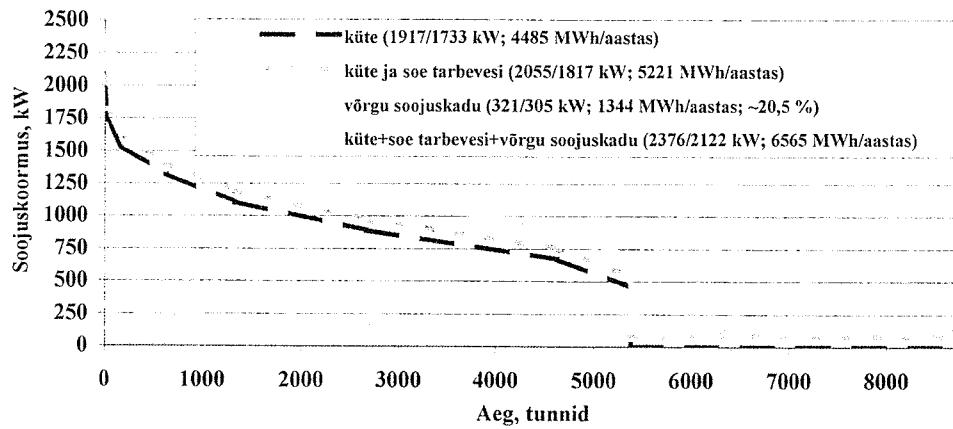
Järvakandi soojusvõrguga ühendatud tarbijate küttekoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C tuleb 1733 kW ja keskmine soojustarbimine aastas tuleb 4485 MWh. Sooja tarbevee keskmise koormus on 84 kW. Maksimaalne koormus võib olla 304 kW. Sooja tarbevee valmistamiseks vajaliku soojusenergia keskmine kulu tuleb 736 MWh aastas.

Soojusvõrgu soojuskaovõimsus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C tuleb 305 kW. Aastane soojuskadu tuleb keskmiselt 1344 MWh, ehk 20,5% toodetud soojusest. Olemasoleva soojusvõrgu soojuskaovõimsuse sõltuvus välisõhu temperatuurist on toodud joonisel 2.2.

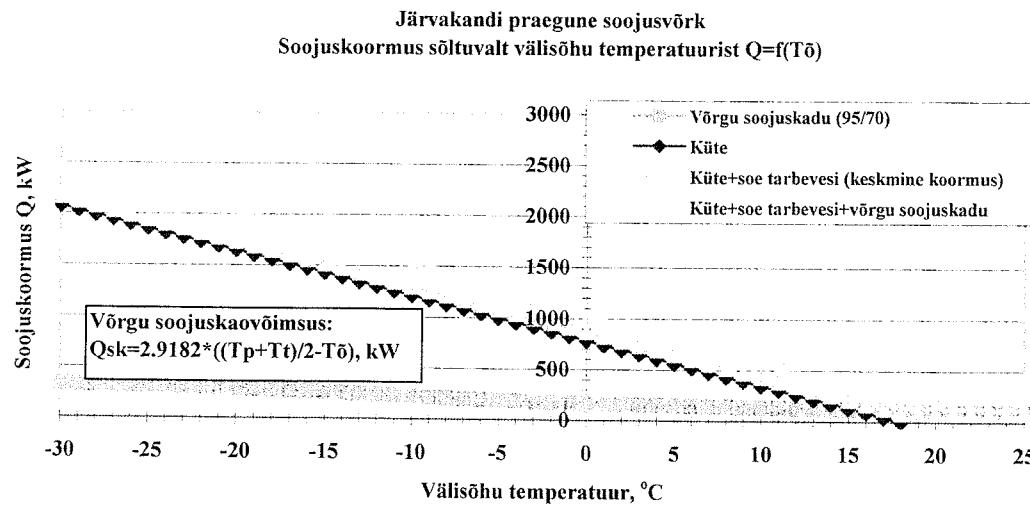
Tarbijate summaarne soojuskoormus on 1817 kW ja keskmine soojustarbimine aastas tuleb 5221 MWh. Katlamaja summaarne soojuskoormus arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C tuleb 2122 kW. Katlamaja peab väljastama Järvakandi alevi soojusvõrku keskmiselt 6565 MWh aastas.

Lisaks alevi soojusvõrgule saab katlamajast soojust ka AS Järvakandi Klaas sooja tarbevee valmistamiseks. Viimasel ajal ulatus maksimaalne koormus kuni ~ 21 kW. AS Järvakandi Klaas tarbis aastal 2005 igas kuus keskmiselt $220\text{-}278 \text{ m}^3$ sooja tarbevett (klaasisegu valmistamine ja tööliste pesemisruumid), ehk 12-16 MWh soojust (tabel 2.7)

Järvakandi praeguse võrgu tegeliku soojuskoormuse kestvusgraafik
 (saadud 2003..2005 aastate tegeliku tarbimise alusel)
 (sulgudes on antud suurim koormus välisõhu temperatuuril -27,5°C/-22°C ning aastane soojusvajadus)



Joonis 2.1 Järvakandi soojusvõrgu soojuskoormuse kestvuse graafik.



Joonis 2.2 Järvakandi olemasoleva soojusvõrgu soojuskaovõimsuse sõltuvus välisõhu temperatuurist (võrguvee temperatuurirežiim on 95/70°C).

Tabel 2.7 AS-le Järvakandi Klaas müüdud soe tarbevesi

Kuu	Töötumrid tundi	Müüdud soe tarbevesi 2003.a.		Keskmine koormus kW	Suurim koormus kW	Müüdud soe tarbevesi 2004.a.	Keskmine koormus kW	Suurim koormus kW	Müüdud soe tarbevesi 2005.a.	Keskmine koormus kW	Suurim koormus kW
		m ³	MWh			m ³	MWh		m ³		
jaanuar	744	731	53.1	71	250	507	32.3	43	152	225	12.6
veebruar	672	704	51.3	76	267	407	20.1	30	105	247	14.4
märts	744	650	56	75	263	377	19.8	27	93	278	15.7
aprill	720	495	34.1	47	166	329	17.2	24	84	277	15.4
mai	744	508	34	46	160	279	16.2	22	76	253	13.9
juuni	720	299	20.7	29	101	247	15.3	21	74	222	11.1
juuli	744	317	21.5	29	101	251	13	17	61	271	13.2
august	744	344	23.3	31	110	234	12.2	16	57	223	11.7
september	720	384	26	36	126	231	12.5	17	61	228	11.9
oktoober	744	597	40.3	54	190	238	13.1	18	62	220	12.0
november	720	463	32.7	45	159	251	13.9	19	68		
detsember	744	480	34.4	46	162	235	12.1	16	57		
Kokku:	8760	5972	427			3586	198		2444	132	
Keskmine:			49	171			23	79		18	63
Maksimaalne:				76	267		43	152		21	75

3. Soojustarbimise lähituleviku prognoos

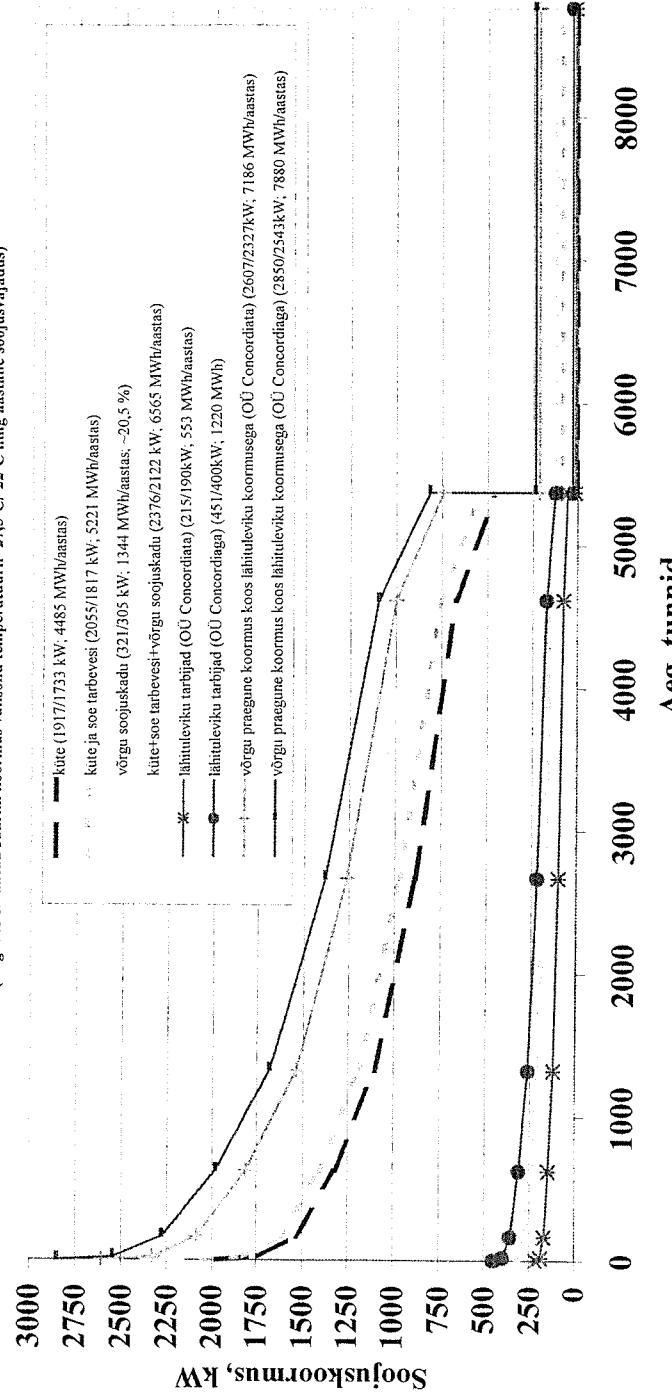
Lähitulevikus võib olemasolevatest tarbijatest OÜ WILDlife soojuskoormus suureneda kuni kaks korda (tegeleb majade tootmisega). Seoses tootmise laienemisega ehitatakse juurde veel üks sama suurusega angaar aastatel 2006-2007. Käesoleval ajal on OÜ WILDlife soojuskoormus 66 kW ja tulevikus võib olla 132 kW.

Aastaks 2007 on plaanis väljaehitada uus päästeameti (tuletõrje) hoone. Uus hoone tuleb teise kohta, natuke põhja poole OÜ WILDlife asukohast. Päästeameti uue hoone hinnanguline soojuskoormus võib olla ~60-100 kW.

Juurde võib tulla noortekeskus, mille hinnanguline soojuskoormus võib olla ~15-25 kW. Veel võivad laieneda OÜ Concordia hooned, kuhu võib tulevikus tulla vallakeskus, vallavalitsuse ruumid, siseujula ning perearstide ruumid. Sellise laienemise kohta ei ole veel kindlat otsust vastu võetud. Lisanduv soojuskoormuse täpne hinnang on raskesti arvutatav, aga hinnanguliselt võib maksimaalselt ulatuda kuni 300-400 kW, seda juhul kui tuleb ujula. Lähitulevikus võib olemasolevale soojuskoormusele lisanduda kuni ~140-190 kW (arvestatud ilma OÜ Concordia uute hooneteta).

Lähitulevikus lisanduvate tarbijate soojuskoormuse kestvusgraafik on toodud joonisel 3.1.

Järvakandi võrgu soojuskoormuse kestvusgraafik
(sulgudes on antud suurim koormus välistöö temperatuuril -2,5°C/-22°C ning aastane soojusvajadus)



Joonis 3.1

Järvakandi alevi olemasoleva soojusvõrgu ja lähitulevikus lisanduvate tarbijate soojuskoormuse kestvuse graafik

4. Järvakandi alevi tulevase soojustarbimise analüüs

4.1 Alevi perspektiivsed soojustarbijad

Lisaks peatükis 3 kirjeldatud tarbijatele, võiks üheks võimalikukuks tarbijaks olla puidu töötlemise tehas. Käesoleval ajal kasutab puidutöötlemise tehas nii puidu kuivatamiseks (põhiline osa soojust) kui ka hoonete kütteks oma soojust. Kütusena kasutatakse oma tootmisjääke: puiduklotsid ja saepuru. Puidutöötlemise tehase üleminek oma soojuselt OÜ Järvakandi Soojus soojuse kliendiks on võimalik ainult sellisel juhul kui puidutehas hakkab oma jääke müüma (puiduklotsid ja saepurust hakkatakse brikette valmistama), ning nende müügist saadav tulu ületaks sisseostetava soojuse maksumuse. Või teine variant: puidutehasel ei jätku puidujääke vajaliku soojushulga tootmiseks ning osa soojust tuleb sisse osta.

Järelikult: OÜ Järvakandi Soojus soojuse maksumus peab olema võimalikult madal, näiteks koostootmise baasil saadav soojus, selleks, et saada uut suurtarbijat.

Käesoleval ajal varustavad puidutehast soojusega kaks puidujäätmehid põletavat katelt: üks on vana Kiviõli-80 katel soojusvõimsusega 0,8 MW ja teine Laka-BS katel soojusvõimsusega 0,4 MW. Summaarne võimsus on 1,2 MW.

Puidu kuivatamise maht on käesoleval ajal ~10 tuh. m³ aastas ja lähitulevikus suureneb kuni ~15 tuh. m³ aastas. Soojuse keskmene erikulu puidu kuivatamisel (niiskuseni 8-10%) on 0,6-0,7 MWh/m³.

Juhul kui kuivatatava puidu maht on ühtlane 833 m³/kuus (10000 m³/aastas), siis soojuse kulu tuleb 541,7 MWh/kuus (0,65 MWh/m³) ja keskmene võimsus tuleb ~728 kW. Puidu kuivatamiseks vajalik soojuse kulu aastas tuleb 6500 MWh.

Juhul kui kuivatatava puidu maht on ühtlane 1250 m³/kuus (15000 m³/aastas), siis soojuse kulu tuleb 812,5 MWh/kuus (0,65 MWh/m³) ja keskmene võimsus tuleb ~1092 kW. Puidu kuivatamiseks vajaliku soojuse kulu aastas tuleb 9750 MWh.

Järelikult lisanduv soojuskoormus tuleb 0,73-1,1 MW (soojuskoormus puidu kuivatamisel on ühtlane ja pidev).

4.2 Alevi soojuskoormus tulevikus

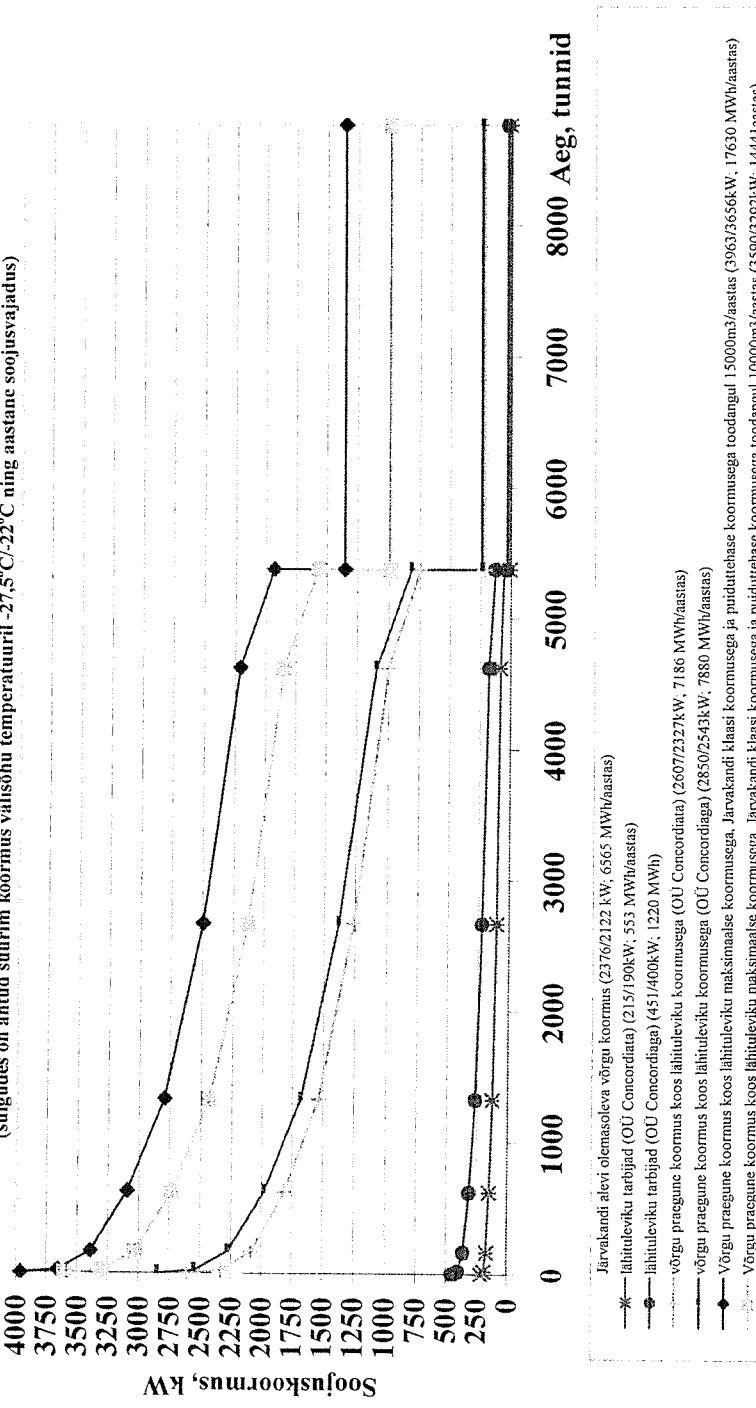
Alevi katlamaja soojusvõrgu soojuskoormus koos lähitulevikus lisanduvate tarbijate, Järvakandi Klaas AS sooga tarbevee ja Järvakandi Puidutehas OÜ soojuskoormusega toodangul 15000 m³/aastas võib ulatuda kuni 3656 kW arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C. Aastane soojuse vajadus tuleb 17630 MWh.

Alevi katlamaja soojusvõrgu soojuskoormus koos lähitulevikus lisanduvate tarbijate, Järvakandi Klaasi AS sooga tarbevee ja Järvakandi Puidutehas OÜ soojuskoormusega (toodangul 10000 m³/aastas) võib ulatuda kuni 3292 kW arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C. Aastane soojuse vajadus tuleb 14441 MWh.

Summaarse soojuskoormuse, mis koosneb alevi olemasoleva soojusvõrgu, lähitulevikus lisanduvate tarbijate ja puidutehase koormusest koos Järvakandi Klaas AS sooga tarbevee koormusega, kestvusgraafik on toodud joonisel 4.1.

Järvakandi võrgu soojuskoormuse kestvusgraafik

(sulgudes on antud suurim koormus välisõhu temperatuuri $-27,5^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ ning aastane soojustavajadus)



Joonis 4.1

Järvakandi alevi soojusvõrgu, lähitulevikus lisanduvate tarbijate, Järvakandi klaasi ja puidutehase soojuskoormuse kestvusgraafik.

5. Soojusvarustussüsteemi rekonstruktsioneerimise võimalused

5.1 Soojusvarustuse rekonstruktsioneerimise võimalikud variandid

Soojusvarustuse rekonstruktsioneerimisel tuleb jätk järgult asendada vanu maaaluseid trasse kaasaegsete eelisoleeritud torudest trassidega valides torude optimaalseid diameetreid vastavalt lõikude tegelikele soojuskoormustele.

Enamus õhuliine on juba korrastatud - torudele on paigaldutud uus Paroc kivivil mattidest soojusisolatsioon paksusega 60 mm ja pealt on kaetud tsingitud plekiga.

Praktiliselt kõik tarbijad on varustatud automaatsete segamistüipi soojussõlmedega ning selles osas on kõik korras.

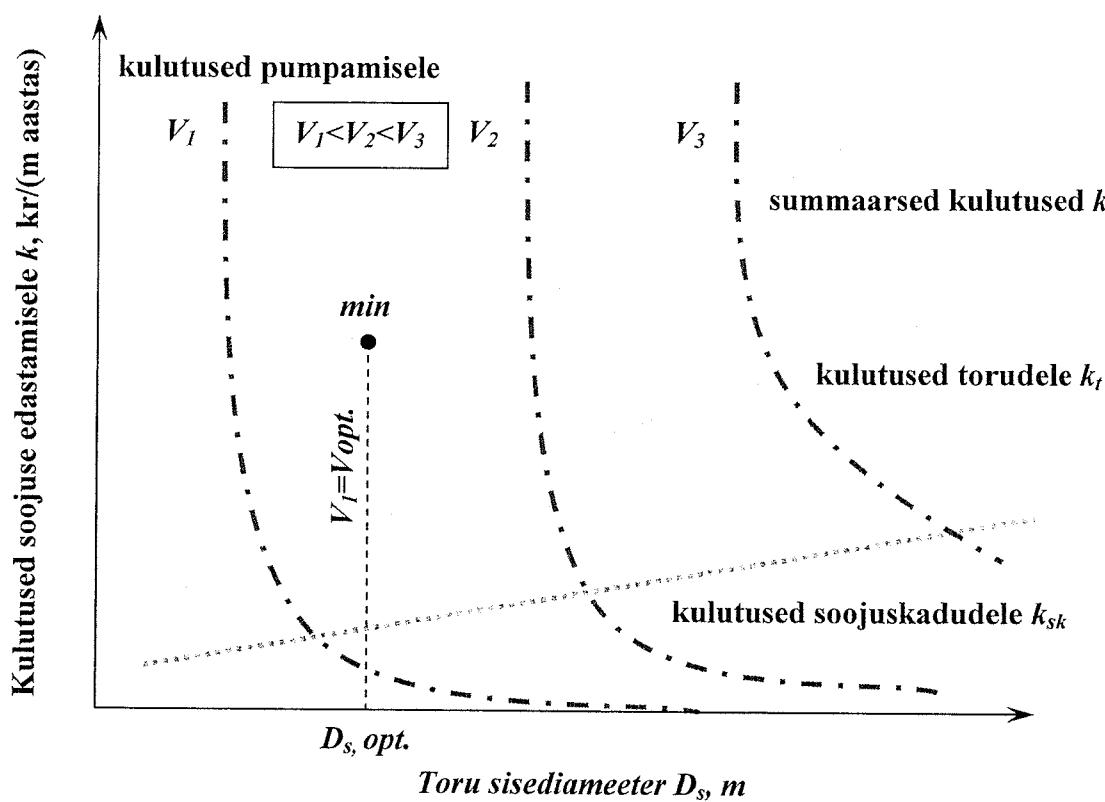
Järgnevalt on esitatud optimeerimismetoodika põhimõtted.

5.1.1 Soojusvõrgu optimeerimise põhimõtted

Joonisel 5.1 on näidatud, kuidas võib olla leitud kaugküttevõrgu toru majanduslikult optimaalne sisediameeter. 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 ($K_p \sim D_s^5$). Tavaliselt sellist tüüpi optimeerimise ülesanne lahendatakse muutes toru sisediameetrit maksimaalsele koormusele vastava konstantse kulu korral. Antud töös on leitud erinevatele soojuskoormustele vastavad optimaalsed sisediameetrid graafilisel teel.

Soojuse edastamise summaarsed kulutused k koosnevad torude, pumpade ja soojusvõrgu ehituskuludest k_t , kulutustest soojuskadudele k_{sk} ja pumpamiskuludest k_p .

Optimaalse diameetri korral on kulutused soojskadudele pumpamiskulutustest suuremad. Kulutused soojskadudele mõjutavad väga vähesel määral optimumi asukohta: mõningal määral nihutavad summaarsete kulude kõverat vasakule, väiksemate diameetrite ja suuremate kiiruste poole.



Joonis 5.1 Kaugkütte võrgu toru majanduslikult optimaalse sisediameetri leidmine

Toru sisediameetri optimeerimise eesmärk seisneb soojuse edastamiskulude minimiseerimises. Klassikalise optimeerimise meetodi korral optimeerimise ülesanne lahendatakse muutes toru sisediameetrit maksimaalsele koormusele vastava konstantse kulu korral.

Joonisel 5.2 on esitatud toru sisediameetri optimeerimise näide. Antud näites edastatav soojskoormus on 1000 kW. Aluseks on võetud käesoleva aja Eesti keskmised soojsvõrgu rajamise hinnad (tabel 5.1). Soojsvõrgu elueaks on planeeritud 30 aastat ning laenu intressimääräeks on võetud 10%. Elektri hinnaks on öösel 0,74 kr./kWh ja päeval 1,27 kr./kWh.

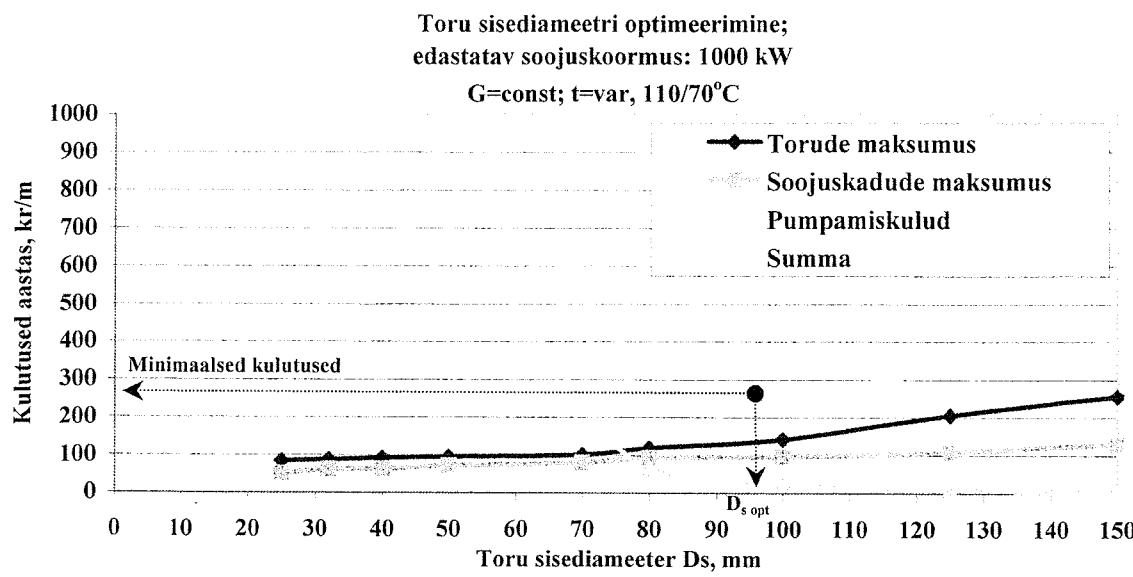
Pumpamisseadme summaarne kasutegur on 0,72. Soojusvõrk töötab aasta läbi 8760 tundi. Soojuse hind on 450 kr./MWh. Soojusvõrgu vee temperatuuri režiim on 110/70°C arvutuslikul välisõhu temperatuuril -22°C. Aluseks on võetud Järvamaa välisõhu keskmised temperatuurid.

Soojuskandja temperatuurileirežiimi mõju toru optimaalsele sisediametrile on toodud joonisel 5.3. Mida suuremaks läheb soojuskandja temperatuurilangus (antud näites temperatuurilanguga suureneneb ka soojuskandja keskmise temperatuuri) seda väiksemaks läheb optimaalne diameeter. Põhilist mõju diameetri muutusele avaldab soojuskandja temperatuurileirežiim, mis määrab ära teatud soojuskoormuse edastamiseks vajaliku soojuskandja kulu. Soojuskandja temperatuuri suurenemine mõjutab optimumi asukohta väga vähe - tühisel määral nihutab summaarset kulude kõverat vasakule, väiksemate diameetrite ja suuremate kiiruste poole. Seega võib järelleda, et soojuskadude kulude muutus praktiliselt ei mõjuta optimumi asukohta, vaid nihutab summaarset kulude kõverat vertikaali suunas, kas ülesse - soojuskadude suurenemisel, või alla - soojuskadude vähenemisel.

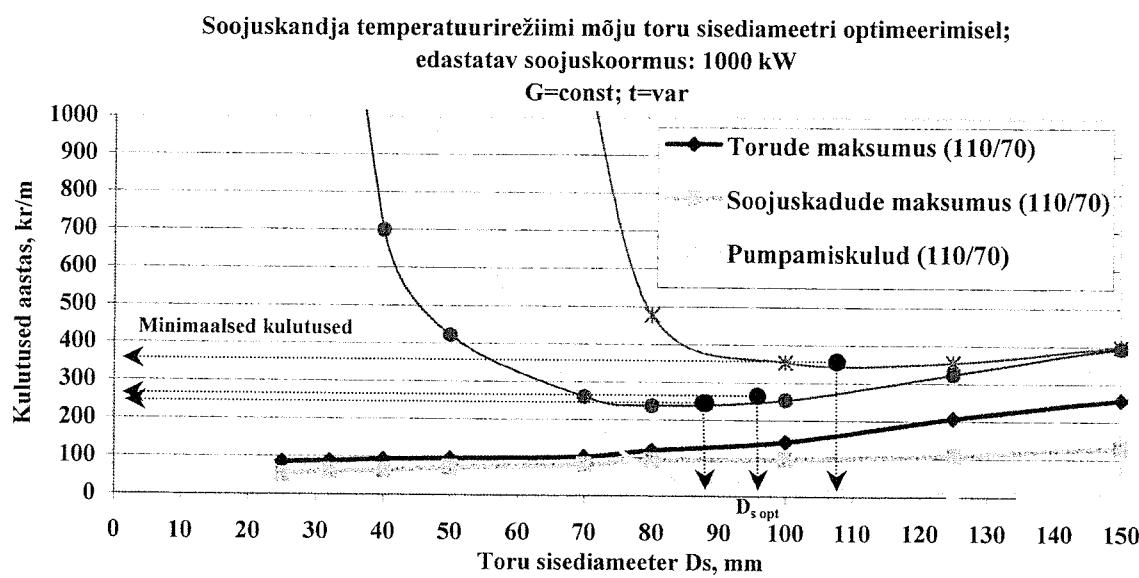
Soojusvõrgu väljaehitamiskulutuste mõju toru optimaalsele sisediametrile on toodud joonisel 5.4. Antud näites on vaadatud kui palju mõjutab optimumi väärust võrgu rajamise käesoleva aja keskmiste kulutuste kahekordistamine. Nagu on näha jooniselt, põhjustab torustiku väljaehitamiskulutuste suurenemine optimaalse diameetri väärtsuse mõõduka vähenemise.

Pumpade elektrimootorite tööks vajaliku elektrienergia hinna mõju toru optimaalsele sisediametrile on toodud joonisel 5.5. Elektrienergia hind antud näites kahekordistub. Optimaalse diameetri läheduses on pumpamiskulutused võrreldes teiste edastamiskulutustega (torustik, soojuskaod) oluliselt väiksemad. Nagu on näha jooniselt, isegi elektri hinna kahekordistumine mõjutab optimumi asukohta väga vähe - nihutab summaarse kulu kõverat suuremate sisediametrite poole.

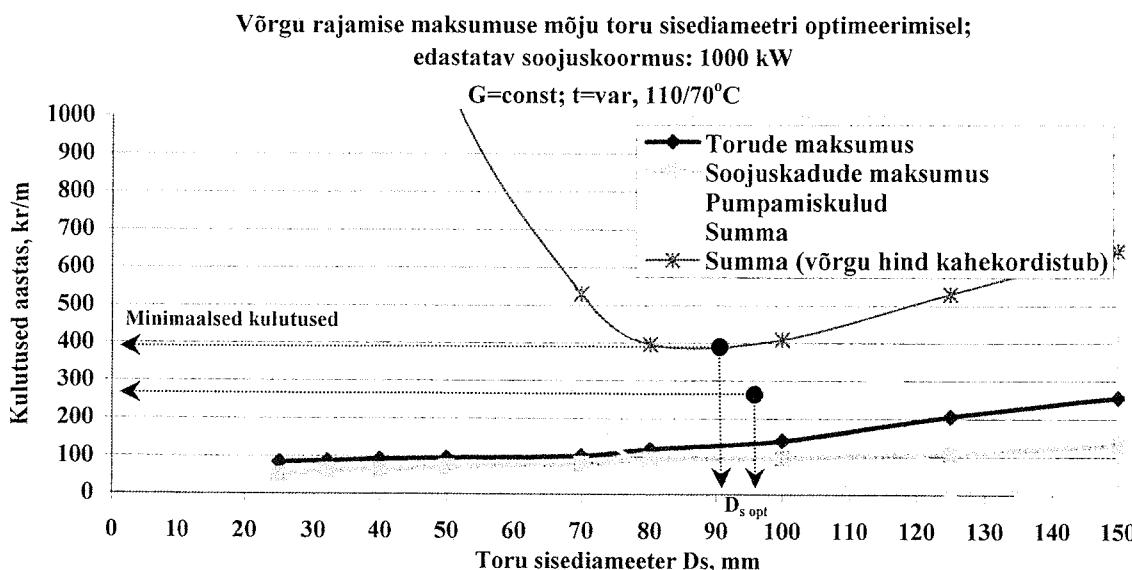
Edasi on tehtud olemasoleva soojusvõrgu torude sisediametrite optimeerimine lähtudes lõikude tegelikest soojuskoormustest. Arvutused on tehtud kasutatava vee temperatuurileirežiimi 95/70°C korral ja kui kasutatakse kvalitatiiv-kvantitatiivset soojuskoormuse reguleerimist.



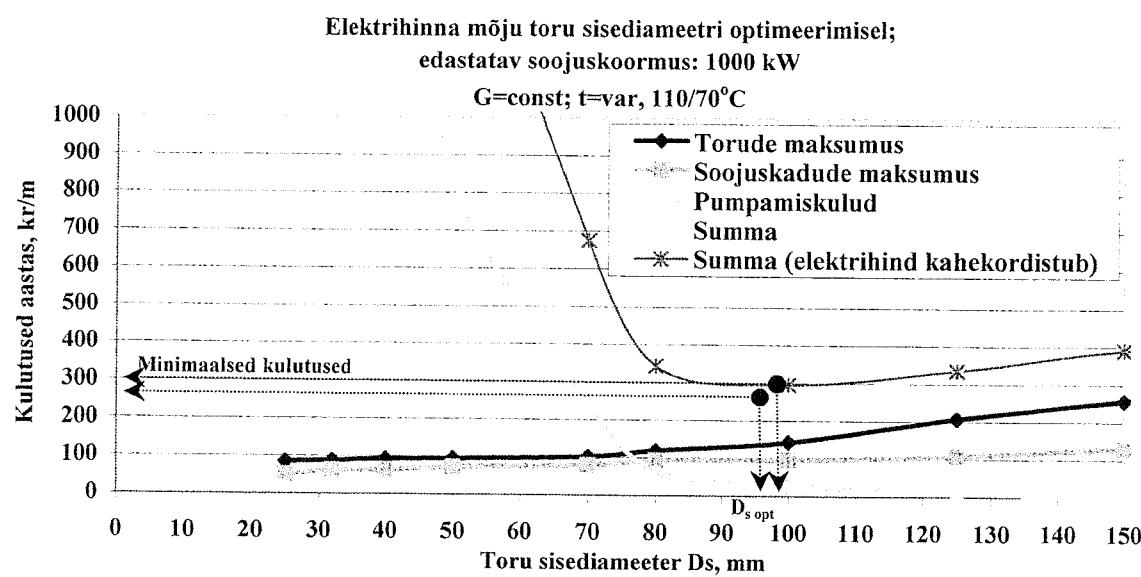
Joonis 5.2 Toru sisediametri optimeerimise näide



Joonis 5.3 Soojuskandja temperatuurirežiimi mõju toru optimaalsele sisediametile



Joonis 5.4 Soojusvõrgu väljaehitamiskulutuste mõju toru optimaalsele sisediametrile



Joonis 5.5 Pumpade elektrimootorite tööks vajaliku elektrienergia hinna mõju toru optimaalsele sisediametrile

Tabel 5.1 Soojusvõrkude rajamise hinnad Eestis

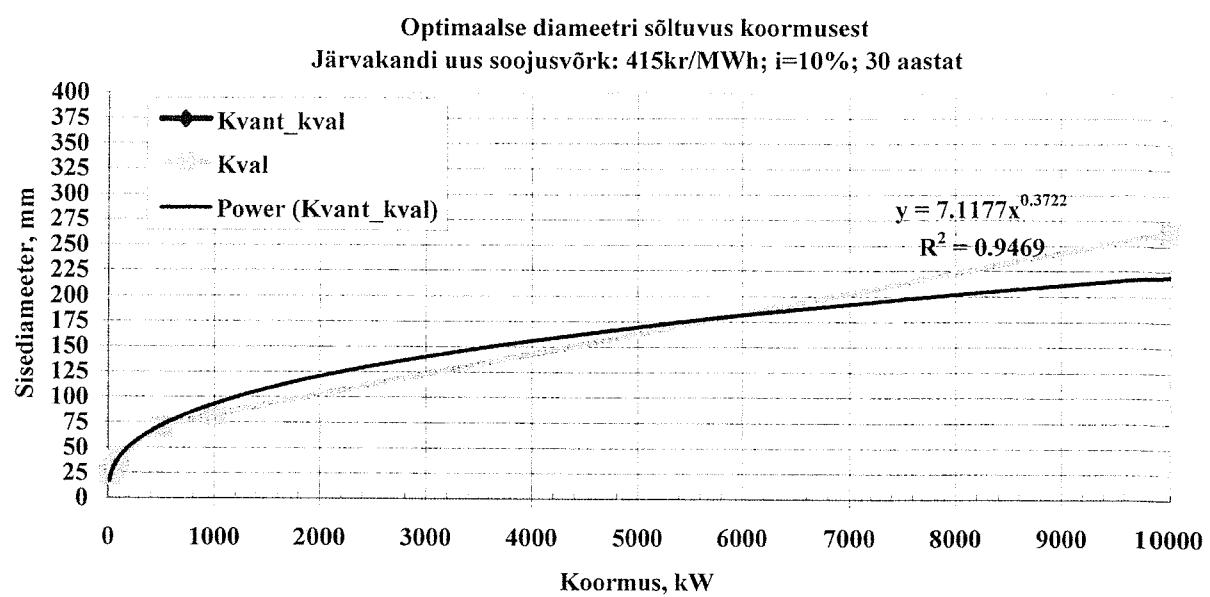
Torude diameteer DN	Uue trassi maksumus (minimum)	Uue trassi maksumus (maksimum)	Uue trassi maksumus (keskmise)
mm	kr./m	kr./m	kr./m
700	12950	26340	19645
600	11940	21280	16610
500	9110	16220	12665
400	8260	14700	11480
350	6780	12070	9425
300	5300	9440	7370
250	4130	7360	5745
200	3250	5780	4515
150	1990	3540	2765
125	1740	3090	2415
100	1400	2490	1945
80	970	1720	1345
70	810	1440	1125
50	690	1230	960
40	650	1150	900
32	600	1100	850
25	550	1050	800
20	500	1000	750

Märkus: hinnad sisaldavad torustiku kõikide osade maksumust koos paigaldamise maksumusega

5.1.2 Alevi olemasoleva soojusvõrgu optimeerimine

Koostatud on alevi soojusvõrgu hüdrauliline ja soojuslik mudel ning lähtudes lõikude tegelikest soojuskoormustest ja võrgu ehitusest, hooldekuludest, käesoleva aja soojuse hinnast, on leitud uue võrgu lõikude torude optimaalsed sisediaameetrid. Arvutused on tehtud kasutatava vee temperatuurirežiimi 95/70°C korral ja kui kasutatakse kvalitatiiv-kvantitatiivset soojuskoormuse reguleerimist. Toru optimaalse diameetri sõltuvus edastatavast soojuskoormusest on toodud joonisel 5.6.

Olemaoleva võrgu hüdraulilise arvutuse tulemused on toodud tabelites 5.2 ja 5.3. Optimeerimise arvutuse tulemused on esitatud tabelites 5.4 ja 5.5.



Joonis 5.6 *Toru optimaalse diameetri sõltuvus edastatavast soojuskoormusesest*

Tabel 5.3 Järvakandi alevi olemasoleva soojusvõrgu hüdraulilise arvutus (suurima takistusega kontuur Katlamaja - Grümnasium)

Löigu nr.	Löök	Q kW	Q W	G, kg/h	G, l/h	L, m	ds, mm	Vieg, m/s	Pd, Pa	Re	Lambda	Rreg, Pa/m	Ri, Pa	SumKsii	Z, Pa	R+Z, Pa
27	A-C	1703	1703017	58459	60278	62.3	126	1.35	880.9	464527	0.0279	195.2	12157.89	2.5	2202.16	14360.1
28	C-C1	1703	1703017	58459	60278	2	126	1.35	880.9	464527	0.0279	195.2	390.30	0.5	440.43	830.7
29	Cl-C3	1703	1703017	58459	60278	72	210	0.48	113.2	278141	0.0249	13.4	966.01	0.5	56.61	1022.6
30	C3-C4	1703	1703017	58459	60278	53.5	210	0.48	113.2	278141	0.0249	13.4	717.80	1.0	113.22	831.0
31	C4-C5	1626	1626387	55828	57565	105	210	0.46	103.3	265626	0.0249	12.2	1286.24	1.5	154.89	1441.1
32	C5-S6	1626	1626387	55828	57565	9	210	0.46	103.3	265626	0.0249	12.2	110.25	0.5	51.63	161.9
38	S6-S7	1469	1468552	50410	51979	128.2	210	0.42	84.2	239848	0.0250	10.0	1283.75	1.5	126.29	1410.0
42	S7-S8	1043	1043084	33806	36920	108	160	0.51	125.3	223284	0.0266	20.8	2247.01	1.5	188.01	2435.0
45	S8-S9	430	430043	14762	15221	125.2	126	0.34	56.2	117302	0.0286	12.8	1597.41	1.5	84.25	1681.7
47	S9-S10	355	354557	12171	12549	129.8	126	0.28	38.2	96711	0.0288	8.7	1133.28	3.0	114.54	1247.8
48	S10-S11	355	354557	12171	12549	66.1	126	0.28	38.2	96711	0.0288	8.7	577.12	1.0	38.18	615.3
50	S11-C18	308	307664	10561	10890	83.8	126	0.24	28.7	83921	0.0289	6.6	554.05	2.0	57.50	611.5
Kokku:																Kokku: 53298 Pa
Kokku:																Kokku: 53.3 kPa
Koos soojussõlmega ja kataga:																153 kPa
Soojussõlme takistus:																1.6 kg/cm ²
Katla takistus:																50 kPa
Vec tihedus:																50 kPa
t _p = 95 °C t _{kostm} = 82.5 °C																153 kPa
t _f = 70 °C																1.6 kg/cm ²
t _o = -22 °C																50 kPa
deltaT= 25 °C																50 kPa
Vec tihedus:																50 kPa

Kokku: 944.9

Tabel 5.4 Järvakandi alevi uue optimeeritud soojusvõrgu hüdrauliline arvutus.

Ideaalsed sisediametrid (soojuskandja kiirused ja erirõhukadu)

Lõigu nr.	Löök	Q kW	Q W	G, kg/h	G, l/h	L, m	ds, mm	Vteg, m/s	Pd, Pa	Re -	Lambda -	Rteg, Pa/m
1	A-A1	343	343350	11786	12153	47.8	61	1.14	630.4	191847	0.0270	276.8
2	A1-A2	274	274050	9407	9700	46	56	1.08	561.8	166529	0.0276	274.4
3	A2-A3	69	69300	2379	2453	265	34	0.76	278.2	70248	0.0317	260.3
5	A3-A5	69	69300	2379	2453	40	34	0.76	278.2	70248	0.0317	260.3
6	A5-A6	69	69300	2379	2453	57.6	34	0.76	278.2	70248	0.0317	260.3
7	A6-A7	69	69300	2379	2453	6.3	34	0.76	278.2	70248	0.0317	260.3
9	A2-B	274	274050	9407	9700	49.4	56	1.08	561.8	166529	0.0276	274.4
10	B-B1	274	274050	9407	9700	54.2	56	1.08	561.8	166529	0.0276	274.4
11	B1-B2	274	274050	9407	9700	19.3	56	1.08	561.8	166529	0.0276	274.4
12	B2-B3	226	225750	7749	7990	27.7	53	1.02	508.8	147444	0.0281	272.3
13	B3-S1	226	225750	7749	7990	45	53	1.02	508.8	147444	0.0281	272.3
14	S1-S2	226	225750	7749	7990	74.6	53	1.02	508.8	147444	0.0281	272.3
15	S2-B4	9	9450	324	334	48	16	0.46	100.5	20109	0.0390	242.9
16	S2-S3	118	117600	4037	4162	65.7	41	0.87	364.6	97909	0.0300	265.5
17	S3-B5	92	92400	3172	3270	15	38	0.82	322.3	84153	0.0308	263.1
18	S3-B6	25	25200	865	892	15	23	0.58	165.9	37224	0.0352	251.0
19	B6-B7	25	25200	865	892	29	23	0.58	165.9	37224	0.0352	251.0
20	S2-B8	99	98700	3388	3493	92	39	0.83	333.3	87710	0.0306	263.8
21	B8-B9	33	32550	1117	1152	5	26	0.62	189.1	43712	0.0342	253.3
22	B8-S5	66	66150	2271	2341	82.1	33	0.75	271.7	68226	0.0318	259.9
23	S5-B10	66	66150	2271	2341	12.2	33	0.75	271.7	68226	0.0318	259.9
24	B2-B11	48	48300	1658	1710	35	30	0.69	231.3	56002	0.0329	256.9
25	B11-B12	25	25200	865	892	2	23	0.58	165.9	37224	0.0352	251.0
26	B11-B13	23	23100	793	818	50	22	0.57	158.7	35245	0.0355	250.3
27	A-C	1563	1563450	53668	55338	62.3	108	1.68	1368.3	496895	0.0232	294.4
28	C-C1	1563	1563450	53668	55338	2	108	1.68	1368.3	496895	0.0232	294.4
29	C1-C3	1563	1563450	53668	55338	72	108	1.68	1368.3	496895	0.0232	294.4
30	C3-C4	1563	1563450	53668	55338	53.5	108	1.68	1368.3	496895	0.0232	294.4
31	C4-C5	1493	1493100	51253	52848	105	106	1.66	1336.5	482739	0.0233	293.9
32	C5-S6	1493	1493100	51253	52848	9	106	1.66	1336.5	482739	0.0233	293.9
33	C4-C6	70	70350	2415	2490	207	34	0.76	280.4	70914	0.0316	260.5
34	C6-C7	70	70350	2415	2490	20	34	0.76	280.4	70914	0.0316	260.5
35	C7-C8	70	70350	2415	2490	80	34	0.76	280.4	70914	0.0316	260.5
36	S6-C9	34	33600	1153	1189	68	26	0.63	192.2	44592	0.0341	253.6
37	S6-C10	111	111300	3821	3939	13	40	0.85	354.4	94582	0.0302	265.0
38	S6-S7	1348	1348200	46279	47719	128.2	102	1.62	1268.6	452771	0.0236	292.6
39	S7-C11	85	85050	2919	3010	59.7	37	0.80	308.9	79886	0.0310	262.3
40	S7-C12	306	305550	10488	10815	113.5	59	1.11	594.0	178301	0.0273	275.5
41	C12-C13	191	191100	6560	6764	39.1	49	0.98	467.3	132799	0.0286	270.5
42	S7-S8	958	957600	32871	33894	108	90	1.48	1065.0	365264	0.0244	288.5
43	S8-C14	285	284550	9768	10072	24.9	57	1.09	572.7	170506	0.0275	274.8
44	S8-C15	278	278250	9551	9849	33.7	57	1.08	566.2	168126	0.0275	274.5
45	S8-S9	395	394800	13552	13974	125.2	65	1.18	677.1	209423	0.0266	278.4
46	S9-C16	69	69300	2379	2453	54.2	34	0.76	278.2	70248	0.0317	260.3
47	S9-S10	326	325500	11173	11521	129.8	60	1.12	613.5	185523	0.0271	276.2
48	S10-S11	326	325500	11173	11521	66.1	60	1.12	613.5	185523	0.0271	276.2
49	S11-C17	43	43050	1478	1524	25.5	28	0.67	218.1	52099	0.0333	255.8
50	S11-C18	282	282450	9696	9997	83.8	57	1.08	570.6	169715	0.0275	274.7
51	D-D1	7	7350	252	260	85	15	0.43	88.4	17174	0.0401	241.0

$t_p = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$

$t_{keskm} = 82.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$t_i = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

$t_b = -22 \text{ } ^\circ\text{C}$

$\Delta T = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$

Vee tihedus: 970 kg/m³

Tabel 5.6 Järvakandi alevi uue optimeeritud soojusvõrgu hüdraulilne arvutus.
Valitud on tegelikud diameetrid DN (suurima takistusega kontuur Katlamaja - Gümnaasium)

Löigu nr.	Läik	Q, kW	Q, W	G, kg/h	G, l/h	L, m	ds, mm	Vieg, m/s	Pd, Pa	Re -	Lambda	Rreg, Pa/m	RI, Pa	SumiKii, Pa	RI+Z, Pa
27	A-C	1563	1563450	53668	55338	62.3	126	1.24	742.4	426457	0.0225	132.8	8270.92	2.5	1856.00
28	C-C1	1563	1563450	53668	55338	2	126	1.24	742.4	426457	0.0225	132.8	265.52	0.5	371.20
29	C1-C3	1563	1563450	53668	55338	72	151	0.86	357.6	355287	0.0217	51.4	3701.43	0.5	636.7
30	C3-C4	1563	1563450	53668	55338	53.5	151	0.86	357.6	355287	0.0217	51.4	2750.37	1.0	3880.3
31	C4-C5	1493	1493100	51253	52848	105	151	0.82	326.2	339300	0.0217	47.0	4930.37	1.5	3108.0
32	C5-S6	1493	1493100	51253	52848	9	151	0.82	326.2	339300	0.0217	47.0	422.60	0.5	489.28
38	S6-S7	1348	1348200	46279	47719	128.2	126	1.07	552.1	367744	0.0226	99.1	12701.73	1.5	5419.7
42	S7-S8	958	957600	32871	33894	108	101	1.18	675.6	325984	0.0238	159.6	17231.44	1.5	585.7
45	S8-S9	395	394800	13352	13974	125.2	70	1.00	485.4	192705	0.0262	180.6	22614.22	1.5	828.08
47	S9-S10	326	325500	11173	11521	129.8	70	0.82	330.0	158879	0.0263	123.5	16029.53	3.0	13529.8
48	S10-S11	326	325500	11173	11521	66.1	70	0.82	330.0	158879	0.0263	123.5	8492.9	1.0	18244.9
50	S11-C18	282	282450	9696	9997	83.8	70	0.72	248.5	137866	0.0264	93.4	7830.94	2.0	8327.9
Kokku: 944.9															

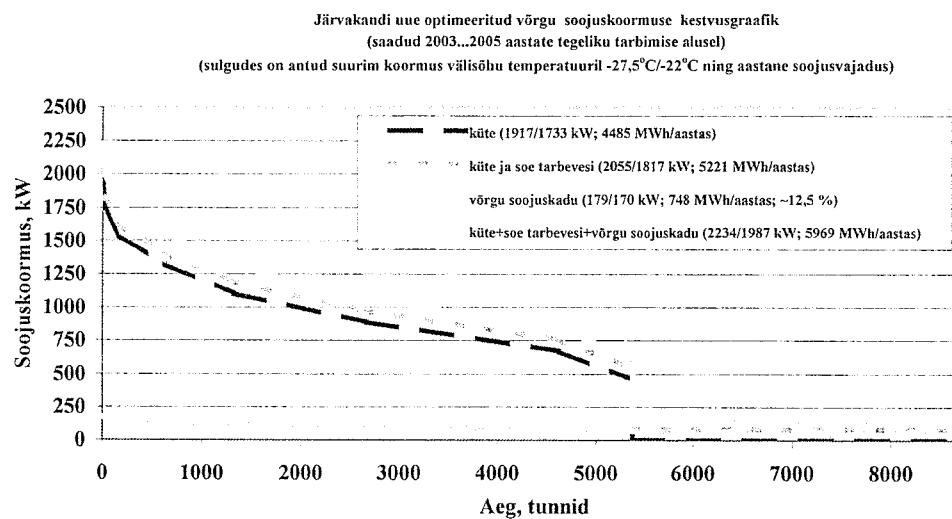
Kokku: 225429 Pa
 Kokku: 225.4 kPa
 Koos soojussülmega ja katlagaga: 325 kPa
 kgf/cm²
 Soojussülmne takistus: 50 kPa
 Katla takistus: 50 kPa

t_p= 95 °C t_{keskun}= 82.5 °C
 t_f= 70 °C
 t_o= -22 °C deltaT= 25 °C
 Vee tiheus: 970 kg/m³

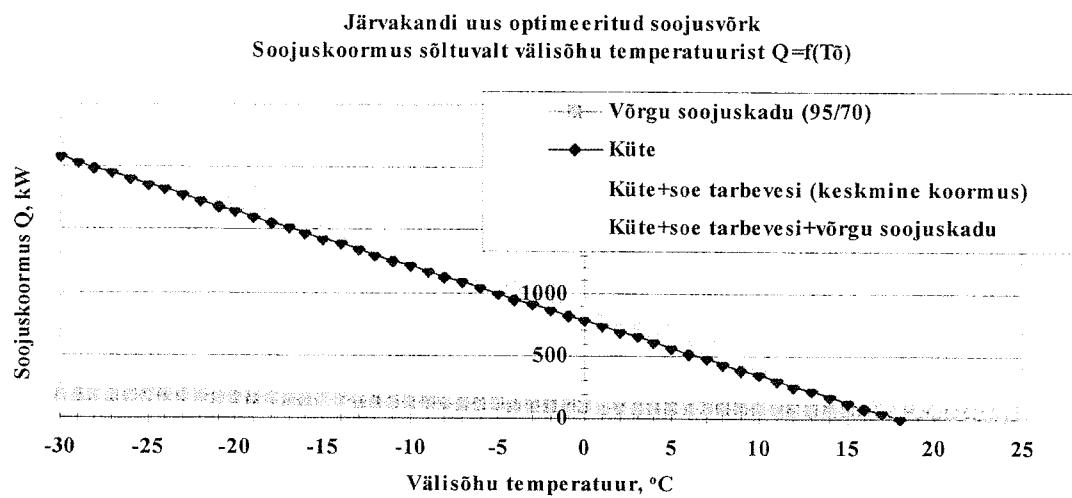
5.1.3 Optimeeritud soojusvõrku iseloomustavad suurused

Optimeeritud ja rekonstrueeritud soojusvõrgu soojuskadu väheneb oluliselt ~1,8 korda. Alevi uue optimeeritud soojusvõrgu soojuskoormuse kestvusgraafik on toodud joonisel 5.7.

Joonisel 5.8 on toodud uue rekonstrueeritud ja optimeeritud soojusvõrgu soojuskaovõimsuse sõltuvus välisõhu temperatuurist.



Joonis 5.7 Järvakandi alevi uue optimeeritud soojusvõrgu soojuskoormuse kestvusgraafik.



Joonis 5.8 Järvakandi alevi uue optimeeritud soojusvõrgu soojuskoormuse sõltuvus välisõhu temperatuurist.

Edasi on võrreldud omavahel vana ja uue soojusvõrgu iseloomustavaid põhinäitajaid.

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

- üldine soojusläbikandetegur $K_{ü}$, W/(mK) (iseloomustab soojusisolatsiooni efektiivsust);
- torude eripind A/L , m²/m (iseloomustab soojustrassi torude keskmist suurust);
- kraad-tundide arv, ehk temperatuuriintegraal $\int \Theta dt$, °Ch (iseloomustab soojuskandja temperatuuritaset sõltuvalt aastakeskmisest välisõhu temperatuurist);
- soojusvõrgu pikkusühiku kohta väljastatud soojushulk, ehk soojusvõrgu erikoormus Q/L , MWh/m (iseloomustab soojustarbimise tihedust).

Järvakandi alevi vana ja uut optimeeritud soojusvõrku iseloomustavad suurused on toodud tabelis 5.7.

Soojusvõrgu üldise soojusläbikandeteguri võib arvutada välja, teades soojustrassi konstruktsiooni ja kasutatud soojusisolatsioonmaterjale, või hinnata tema suurust soojuskaomõõtmistest. Antud töös on üldine soojusläbikandetegur leitud teades soojuskadu, mis on saadud aasta jooksul soojusvõrku väljastatud ja tarbijate saadud soojushulkade vahena. Algandmed reaalselt soojusvõrku väljastatud ja tarbijate saadud soojushulkade kohta on saadud soojustootjate käest, samuti on teada reaalsed soojuskandja ja välisõhu temperatuurid. Tarbijate kasutatavate soojusmõõtjate suhteline viga nominaalkoormusel võib olla piirides $\pm 2\%$ ja mõõtmispiirkonna alguses $\pm 5\%$. Sama viga $\pm 2\%$ võib olla ka soojusvõrku väljastatava soojushulga mõõtmisel.

Soojusvõrgu soojskaotegur on järgmine:

$$q_{ksj} = \frac{Q_{ksj}}{Q} = \frac{K_{\bar{u}} \cdot A \cdot \int \theta d\tau}{Q} = K_{\bar{u}} \cdot \frac{(A/L) \cdot \int \theta d\tau}{(Q/L)} \quad (5.1)$$

kus

- Q_{ksj} - soojusvõrgu jaotussoojuskadu aasta jooksul MWh,
- Q - soojusvõrku aasta jooksul antud soojushulk MWh.

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

Üldine hinnanguline soojusläbikandetegur on järgmine:

$$K_{\bar{u}} = \frac{q_{ksj}}{\left[\frac{(A/L) \cdot \int \theta d\tau}{(Q/L)} \right]}, \quad \text{W/(m}^2\text{K}) \quad (5.2)$$

Arvutuslikul teel leitud soojusvõrgu üldine soojusläbikandetegur on järgmine:

$$K_{\bar{u},arv} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{k,i} \cdot A_{k,i} + \sum_{i=1}^m U_{\delta,i} \cdot A_{\delta,i} + \sum_{i=1}^f U_{e,i} \cdot A_{e,i}}{\sum_{i=1}^n A_{k,i} + \sum_{i=1}^m A_{\delta,i} + \sum_{i=1}^f A_{e,i}}, \quad \text{W/(m}^2\text{K}) \quad (5.3)$$

kus

- U_k - maaaluses kanalis asuva soojustrassi toru soojusläbikandetegur $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- U_{δ} - õhutrassi toru soojusläbikandetegur $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- U_e - maaaluse eelisoleeritud toru soojusläbikandetegur $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- A_k, A_{δ}, A_e - trassilõikude torude välispindalad $A_i = 2 \cdot \pi \cdot D_{t,i} \cdot L_i, \text{m}^2$.

Soojusvõrgu torude keskmne diameeter on leitud järgmiselt:

$$d_a = \frac{A/L}{2 \cdot \pi}, \quad \text{m.} \quad (5.4)$$

Soojusvõrkude soojskadude analüüsimaliseel soojskaotegur q_{ksj} jaotatakse kaheks teguriks: üldiseks soojslabikandeteguriks ja jaotusteguriks.

Jaotustegur on järgmine:

$$q_{jt} = \frac{(A/L) \cdot \int \theta d\tau}{(Q/L)}, \quad (\text{m}^2\text{K})/\text{W} \quad (5.5)$$

Jaotustegur väljendab võrgu potentsiaali omada teatud suhtelist jaotussoojskadu. Mida väiksem on jaotustegur, seda väiksem on soojskaotegur. Üldine soojslabikandetegur on proportsionaalsuskonstant, mis väljendab soojskadude vähendamise võimalust soojsisolatsiooni efektiivsuse tõstmise kaudu.

Joonisel 5.9 on esitatud Järvakandi vana soojusvõrgu üldine soojslabikandetegur ning võrreldud teiste Eesti võrkudega ja eelisoleeritud torudest maaaluse trassi omaga.

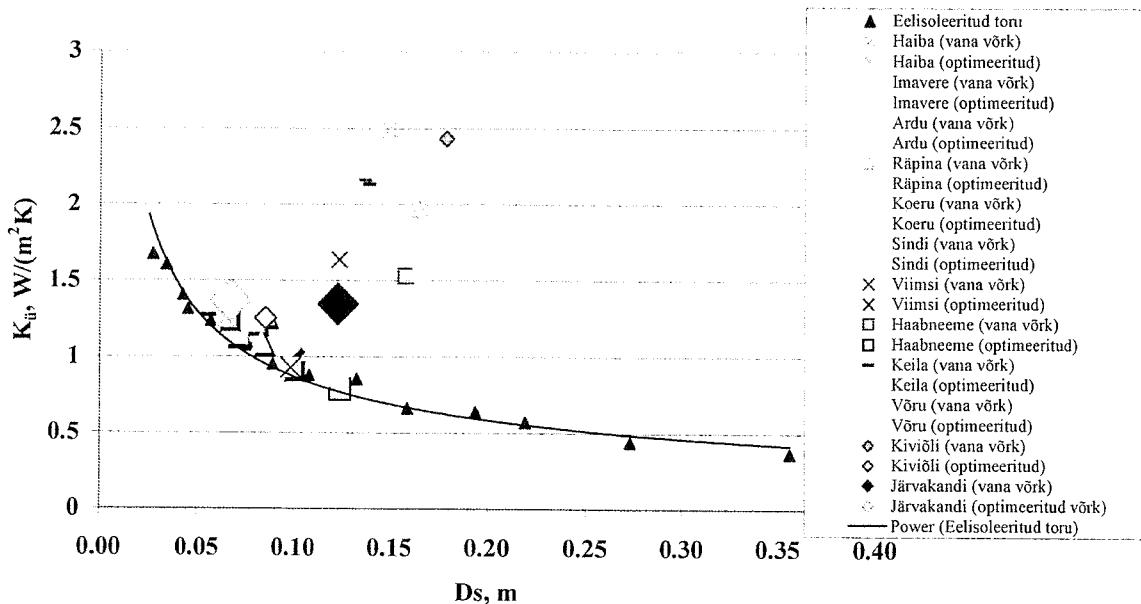
Joonisel 5.10 on toodud eelnevalt vaadeldud soojusvõrkude mahulise erikoormuse sõltuvust pikkuselisest erikoormusest. Mahuline erikoormus näitab mitu MWh soojust väljastatakse aasta jooksul soojsvõrku soojsvõrgus ringleva vee mahuühiku kohta. Pikkuseline erikoormus näitab mitu MWh soojust väljastatakse aasta jooksul soojsvõrku soojsvõrgu pikkusühiku kohta. Mida suurem on soojsvõrgu torude keskmne diameeter, seda suurem on tsirkuleeriva vee maht ja väiksem mahuline erikoormus.

Rootsis on tüüpilistel soojusvõrkudel mahuline erikoormus $160 - 170 \text{ MWh/m}^3$, pikkuselisel erikoormusel $5 - 6 \text{ MWh/m}$ (torude keskmise diameetri juures $140 - 150 \text{ mm}$). Järvakandi soojsvõrgu torud on mõnevõrra üledimensioneeritud.

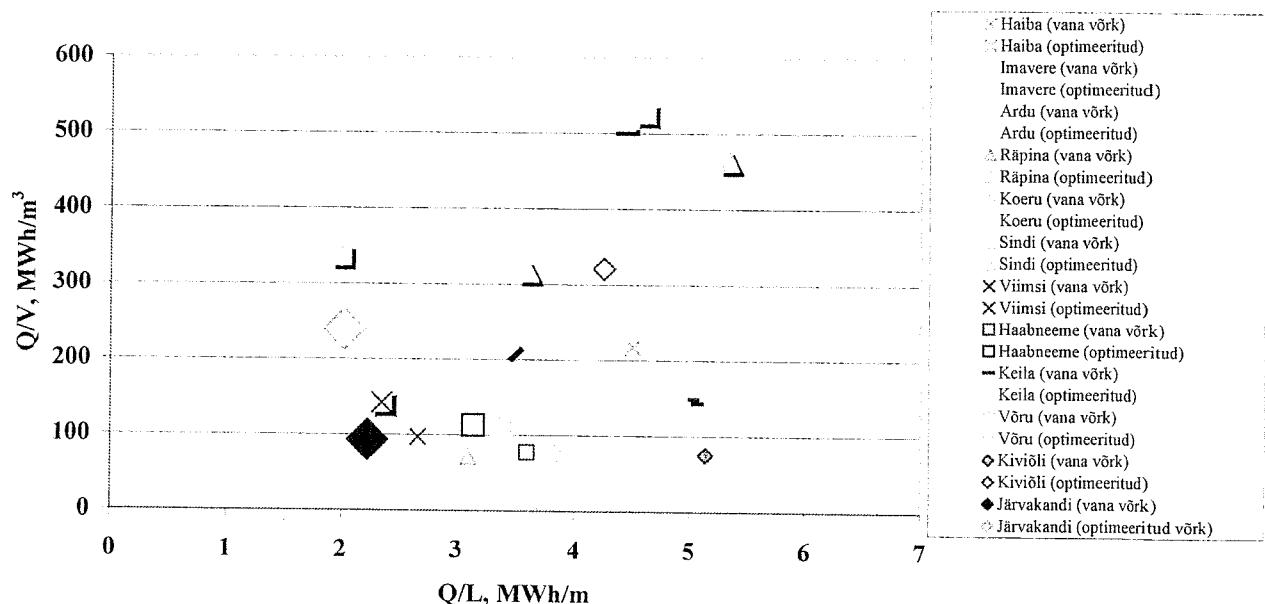
Tabel 5.7

Järvakandi vana ja uut optimeeritud soojusvõrku iseloomustavate suuruste võrdlus

Soojusvõrk	Süsteemi tüüp	Aasta viisastatud soojusnulg, MWh	Tarbijutud soojusnulg, MWh	Kattamaja koonus, kW	Tarbijate koonus, kW	Soojusvõrgu soojuskaudude koodmus, kWh	$\int_{\Theta} d\tau$, $10^5 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$	Φ_{ej}	L, m	a_b , m	A, m^2	V, m^3	A/L , m^2/m	V/L , m^3/m	Q/L , MW/m	Q/N , MW/m ²	Q_{sp}/L , MW/m	K_B , $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	q_{tb} , $\text{m}^3\text{K}^2/\text{W}$	Märkus	
Järvakandi oletusolev	2 toni	6365	5221	1344	2122	1817	305	437	0.205	2952	0.12	2284	70.4	0.774	0.024	2.2	93	0.46	1.35	0.152	95/70°C
optimeeritud	2 toni	5969	5221	744	1987	1817	170	437	0.125	2952	0.07	1244	25.0	0.422	0.008	2.0	239	0.25	1.37	0.091	95/70°C
	Soojuskaudude vähendamine kordades:	1.8	(-22°C jäures)	(-22°C jäures)	(-22°C jäures)	(-22°C jäures)															



Joonis 5.9 Järvakandi vana ja uue optimeeritud soojusvõrgu üldine soojuslääbikandetegur



Joonis 5.10 Järvakandi vana ja uue optimeeritud soojusvõrgu mahulise erikoormuse sõltuvus pikkuselisest erikoormustest

5.2 Rekonstrukeerimiseks vajalikud investeeringud ja rekonstrukeerimise järjekord

Edasistes tabelites on tehtud vanade maaaluste trassilõikude rekonstrukeerimise tulususe analüüs. Rekonstrukeerimise tulusus on saadud uute ja vanade lõikude soojuse jaotuse kulude vahena. Vanade lõikude soojuse jaotuskulud koosnevad põhiliselt soojuskadude maksumusest. Uute lõikude soojuse jaotuskulud koosnevad põhiliselt laenu aastamaksetest pangale ja soojuskadude maksumusest, mis on oluliselt väiksemad kui vanadel lõikudel. Kuna pumpamiskulud ja hoolduskulud on oluliselt väiksemad kui soojuskadude ja laenu tagasimaksimise kulutused, siis rekonstrukeerimise tulususe määramisel nendega ei arvesta.

Arvutuse tulemused on esitatud tabelites 5.8-5.11. Tabelis 5.11 esitatud tulemuste alusel saab otsustada vana trassi lõikude rekonstrukeerimise järjekorra üle.

Tabelis 5.12 on toodud vanade ja uute torude soojuslääbikandetegurid.

Tabelis 5.13 on toodud soojusvõrkude maksumuste võimalik vahemik.

Tabel 5.8 Järvakandi soojusvõrgu maaaluses künas asuvate lõikude põhinäitajad ja rekonstrueerimise maksumus

Nr.	Lõik	Lõigu diameter (vans vörk)	Lõigu pikkus (vana vörk)	Trassi tüüp (vana)	Lõigu rekonstrueerimise maksumus (minimaalne) kr./m	Lõigu rekonstrueerimise maksumus (maksimaalne) kr./m	Lõigu rekonstrueerimise maksumus (minimaalne) kr.	Lõigu rekonstrueerimise maksumus (maksimaalne) kr.	Soojusläbiandetegur Uvana, W/(mK)	Soojusläbiandetegur Üus, W/(mK)
1	B3-S1	50	100	45	BK	897	1599	40 365	7 935	0,504
2	S1-S2	50	100	75	BK	897	1599	66 916	119 285	0,504
3	S2-S3	40	80	66	BK	845	1495	56 517	98 222	0,441
4	S3-B5	32	70	15	BK	832	1482	12 480	22 230	0,406
5	S3-B6	20	70	15	BK	806	1436	12 090	21 840	0,406
6	B6-B7	20	50	29	BK	806	1436	23 374	42 224	0,349
7	S2-B8	40	50	92	BK	845	1495	77 740	137 540	0,349
8	B8-B9	25	50	5	BK	819	1469	4 095	7 345	0,349
9	B8-S5	32	70	82	BK	832	1482	68 307	121 672	0,406
10	S5-B10	32	50	12	BK	832	1482	10 150	18 080	0,349
11	B2-B11	25	50	35	BK	819	1469	28 665	51 415	0,349
12	B11-B12	25	50	2	BK	819	1469	1 638	2 938	0,349
13	B11-B13	25	70	50	BK	819	1469	40 950	73 450	0,406
14	C5-S6	125	200	9	BK	2262	4017	20 358	36 153	0,357
15	C7-C8	32	100	80	BK	832	1482	66 560	118 560	0,504
16	S6-C9	25	50	68	BK	819	1469	55 692	99 892	0,349
17	S6-C10	40	70	13	BK	845	1495	10 985	19 435	0,406
18	S6-S7	125	200	128	BK	2262	4017	289 988	514 979	0,727
19	S7-C11	32	100	60	BK	832	1482	49 670	88 475	0,504
20	S7-C12	70	100	114	BK	1053	1872	119 516	212 472	0,504
21	C12-C13	50	100	39	BK	897	1599	35 073	62 521	0,504
22	S8-C14	70	80	25	BK	1053	1872	26 220	46 613	0,441
23	S8-C15	70	80	34	BK	1053	1872	35 486	63 086	0,441
24	S8-S9	70	125	125	BK	1053	1872	131 836	234 374	0,565
25	S9-C16	32	100	54	BK	832	1482	45 094	80 324	0,504
26	S9-S10	70	125	130	BK	1053	1872	136 679	242 986	0,565
27	S10-S11	70	125	66	BK	1053	1872	69 603	123 739	0,565
28	S11-C17	25	50	26	BK	819	1469	20 885	37 460	0,349
29	S11-C18	70	125	84	BK	1053	1872	88 241	156 874	0,565
										1644174
										2926140

Kokku:

1576

Tabel 5.9 Järvakandi soojusvõrgu maaaluses kiinas asuvate lõikude soojuskadu ja võimalik soojussüast

Nr.	Lõik	Aastased erisoojuskaod vana	Aastased erisoojuskaod uus	Aastased soojuskaod vana	MWh/aastas	Aastased soojuskaod uus	MWh/aastas	Võimalik soojuse kokkuhoid	MWh/aastas
1	B3-S1	0.550	0.203	25	9	15	16		
2	S1-S2	0.550	0.203	41	15	12	26		
3	S2-S3	0.481	0.182	32	2	2	20		
4	S3-B5	0.443	0.160	7	2	4			
5	S3-B6	0.443	0.129	7	2	4			
6	B6-B7	0.381	0.129	11	4	4	5		
7	S2-B8	0.381	0.182	35	17	17	7		
8	B8-B9	0.381	0.156	2	1	1	18		
9	B8-S5	0.443	0.160	36	13	13	1		
10	S5-B10	0.381	0.160	5	2	2	23		
11	B2-B11	0.381	0.136	13	5	5	3		
12	B11-B12	0.381	0.136	1	0	0	8		
13	B11-B13	0.443	0.156	22	8	8	0		
14	C5-S6	0.793	0.327	7	3	3	14		
15	C7-C8	0.550	0.160	44	13	13	4		
16	S6-C9	0.381	0.156	26	11	11	31		
17	S6-C10	0.443	0.182	6	2	2	15		
18	S6-S7	0.793	0.327	102	42	42	60		
19	S7-C11	0.550	0.160	33	10	10	23		
20	S7-C12	0.550	0.236	62	27	27	36		
21	C12-C13	0.550	0.203	21	8	8	14		
22	S8-C14	0.481	0.236	12	6	6	6		
23	S8-C15	0.481	0.236	16	8	8	8		
24	S8-S9	0.616	0.236	77	30	30	48		
25	S9-C16	0.550	0.160	30	9	9	21		
26	S9-S10	0.616	0.236	80	31	31	49		
27	S10-S11	0.616	0.236	41	16	16	25		
28	S11-C17	0.381	0.156	10	4	4	6		
29	S11-C18	0.616	0.236	52	20	20	32		
Kokku:				854	327	327	527		

Tabel 5.10 Astasest kulutustest Järvakandi soojusvõrgu maaaluses kütas loikudele enne ja peale rekonstrueerimist (soojuse maksumus on 415 kr./MWh)

29

Tabel 5.11 Järvakandi soojusvõrgu maaaluses künas asuvate lõikude rekonstruktsioonide tulusus
 (soojuse maksumus on 415 kr./MWh)

Nr.	Lõik	Lõigu diameter (võs võrk)	Lõigu pikkus (vana võrk)	m	m	Trassi tiipi	Uue soojistrassi tulusus (minimaalne investeering)			Uue soojistrassi tulusus (maksimaalne investeering)		
							i=0 %		i=5 %		i=7 %	
							kr./laastas	kr./laastas	kr./laastas	kr./laastas	kr./laastas	kr./laastas
1	B3-S1	50	100	45	BK	5473	4141	3455	2728	4683	2309	1086
2	S1-S2	50	100	75	BK	9073	6865	5727	4523	7764	3827	1800
3	S2-S3	40	80	66	BK	6757	4925	3981	2982	5689	2448	778
4	S3-B5	32	70	15	BK	1447	1035	823	598	1203	470	92
5	S3-B6	20	70	15	BK	1648	1249	1044	826	1405	684	313
6	B6-B7	20	50	29	BK	2439	1667	1270	849	1967	574	-81
7	S2-B8	40	50	92	BK	5631	3065	1744	344	4136	103	-144
8	B8-B9	25	50	5	BK	364	229	159	86	283	41	-904
9	B8-S5	32	70	82	BK	7920	5666	4505	3276	6586	2571	-84
10	S5-B10	32	50	12	BK	862	527	355	172	664	67	-210
11	B2-B11	25	50	35	BK	2549	1603	1116	600	1981	284	-308
12	B11-B12	25	50	2	BK	146	92	64	34	113	16	-81
13	B11-B13	25	70	50	BK	4932	3581	2884	2147	4119	1696	-217
14	C5-S6	125	200	9	BK	1232	560	214	-152	837	356	-1687
15	C7-C8	32	100	80	BK	11266	9070	7938	6740	9966	6054	-565
16	S6-C9	25	50	68	BK	4953	3115	2168	1166	3848	552	-1516
17	S6-C10	40	70	13	BK	1131	769	582	384	920	278	-2945
18	S6-S7	125	200	128	BK	17548	7979	3049	2171	11923	5071	-23095
19	S7-C11	32	100	60	BK	8407	6768	5924	5030	7437	4518	-1904
20	S7-C12	70	100	114	BK	11795	7851	5819	3668	9471	2459	-4977
21	C12-C13	50	100	39	BK	4755	3598	3002	2371	4069	206	-182
22	S8-C14	70	80	25	BK	1878	1012	567	95	1368	-170	-402
23	S8-C15	70	80	34	BK	2541	1370	767	128	1851	-231	-1802
24	S8-S9	70	125	125	BK	16467	12117	9876	7503	13904	6170	-2439
25	S9-C16	32	100	54	BK	7633	6145	5378	4567	6752	4101	-2033
26	S9-S10	70	125	130	BK	17072	12562	10239	7778	14415	6396	-1290
27	S10-S11	70	125	66	BK	8694	6397	5214	3961	7341	3257	-2108
28	S11-C17	25	50	26	BK	1857	1168	813	437	1443	207	-1074
29	S11-C18	70	125	84	BK	11022	8110	6610	5022	9306	4130	-1104
Kokku:						177495	123237	95287	65691	145446	48883	-861
												-53532

Kokku:

Tabel 5.12 Vanade ja uute torude soojusläbikandetegurid

Toru diameeter DN, mm	Toru soojusläbikandetegur U, W/(mK)			
	Vana maaalune trass		Uus eelisoleeritud trass	
	Isol.paksus, mm	Uk, W/(mK)	Isol.paksus, mm	Ue, W/(mK)
20	40	0.244	32	0.141
25	40	0.271	28	0.170
32	40	0.302	34	0.175
40	40	0.311	31	0.199
50	40	0.349	32	0.221
70	40	0.406	32	0.257
80	40	0.441	36	0.266
100	40	0.504	36	0.298
125	40	0.565	34	0.357
150	45	0.592	46	0.330
175	45	0.679	43	0.387
200	45	0.727	48	0.391

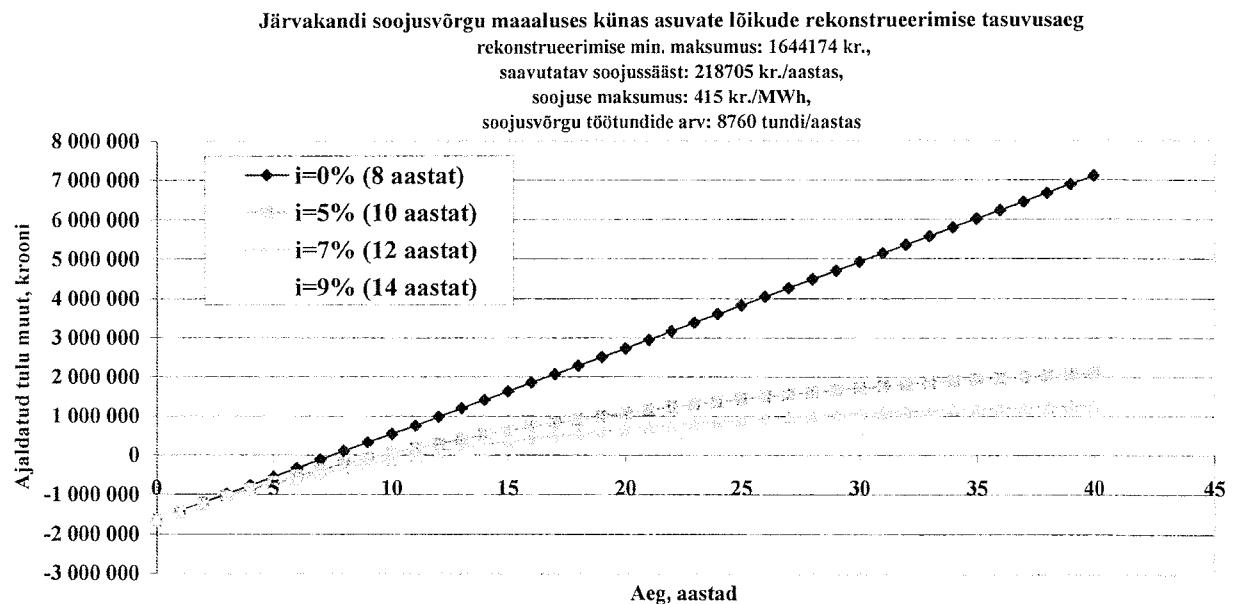
Tabel 5.13 Soojusvõrkude rekonstruktsioonimise maksumuste võimalik vahemik

Toru diameeter DN, mm	Trassi maksumus	
	MIN	MAX
mm	kr./m	kr./m
20	806	1456
25	819	1469
32	832	1482
40	845	1495
50	897	1599
70	1053	1872
80	1261	2236
100	1820	3237
125	2262	4017
150	2587	4602
175	3406	6058
200	4225	7514
250	5369	9568
300	6890	12272
350	8814	15691
400	10738	19110
500	11843	21086
600	15522	27664
700	16835	34242

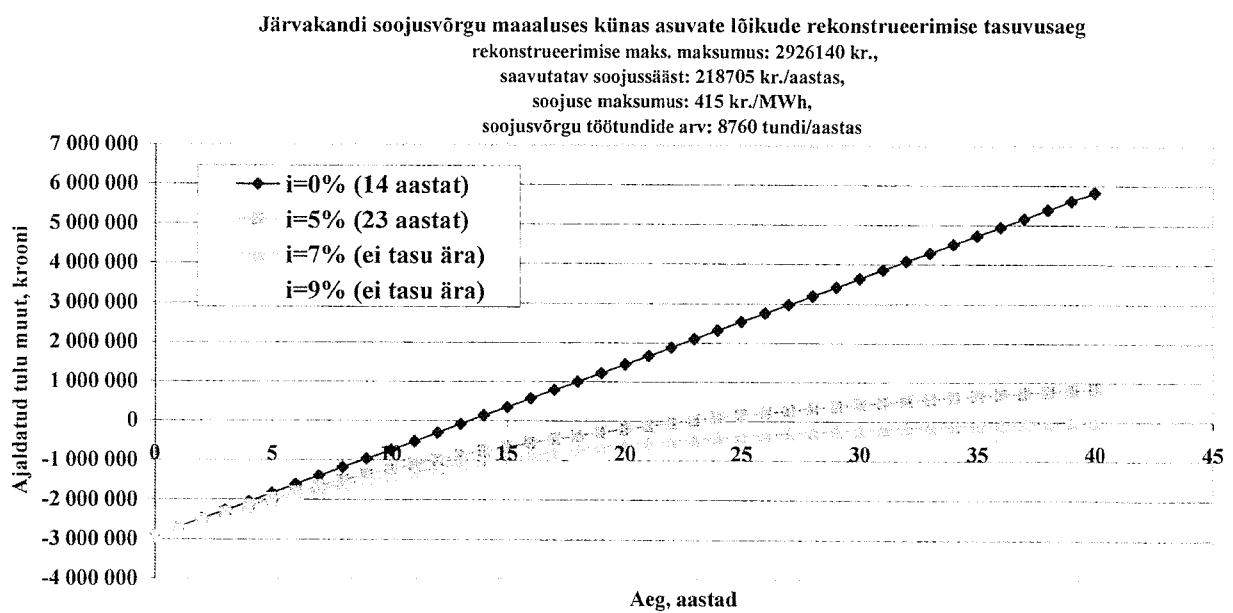
5.3 Rekonstruktsioneerimise tasuvus

Kõikide vanade maaaluseses künas asuvate trassilõikude asendamine eelisoleeritud torudega on pika tasuvusajaga.

Arvutuse tulemused trassi rekonstruktsioneerimise minimaalse ja maksimaalse maksumuse korral on esitatud joonistel 5.11 ja 5.12.



Joonis 5.11 Rekonstruktsioneerimise tasuvuse aeg minimaalse maksumuse korral



Joonis 5.12 Rekonstruktsioneerimise tasuvuse aeg maksimaalse maksumuse korral

6 Soojuse ja elektri koostootmise võimalused alevis

6.1 Ülevaade koostootmisest, koostootmise põhjendatus

Soojuse ja elektri koostootmise iseloomustamiseks kasutatakse mõistet kogukasutegur, mis avaldub summana elektrilisest kasutegurist ja soojuslikust kasutegurist ehk analüütiliselt:

$$\text{elektriline kasutegur} = \frac{\text{toodetud elektrienergia}}{\text{süsteemi sisseviidud kütuse energia}}$$

$$\text{soojuslik kasutegur} = \frac{\text{toodetud soojus}}{\text{süsteemi sisseviidud kütuse energia}}$$

$$\text{Kogukasutegur} = \frac{\text{toodetud elektrienergia} + \text{toodetud soojus}}{\text{süsteemi sisseviidud kütuse energia}}$$

Kui realiseeritud soojuslik kasutegur, ja seega ka kogukasutegur, sõltuvad rohkem koostootmisjõujaama ja tarbija omavahelisest sobivusest, siis elektriline kasutegur on n.ö absoluutne – ta on teoreetiliselt piiratud agregaadis realiseeritud ringprotsessi termodünaamiliste omadustega. Soojuse ja elektrienergia koostootmisjõujaamu võib klassifitseerida kasutatavate jõumasinate tüüpide järgi järgmiselt:

- Auruturbijõuseade, mille töö põhineb Rankine ringprotsessil.

Nimetatud tehnoloogia põhineb aurukatlas genereeritud auru paisumisel elektrigeneraatoriga ühendatud auruturbiniis soojustarbijale vajaliku auru röhuni. Elektriline kasutegur ei ületa auruturbijaamas koostootmise korral 25%. Tüüpilised auruturbjiinseadmed koostootmiselektrijaamat Eestis on Iru SEJ,

Sillamäe SEJ, Kohtla-Järve SEJ, millised müüvad oma toodangut tsentraalsesse soojus- ja elektrivõrku. Tööstuses kasutab auruturbiiintsükliga koostootmist näiteks Kehra Tselluloosi kombinaat ja AS Viru Energia (Kiviteri energiavarustus).

- Gaasturbiinjõuseade, mille töö põhineb Braytoni ringprotsessil.

Gaasturbiin on suhteliselt uus tehnoloogia, mis on kasutusele võetud viimase neljakümne aasta jooksul. Gaasturbiinseadmetele on iseloomulikud madalad kapitali- ja hooldekulud ning lühike ehitusaeg. Elektriline kasutegur on nendel seadmetel 30% piires. Gaasiturbiinjõuseadmega koostootmine eeldab konstantse parameetriga suure võimsusega soojustarbijat. Eestis gaasiturbiinide kasutamise kogemus puudub täielikult.

- Sisepõlemismootoriga jõuseade, mille töö põhineb kas Diesel või Otto ringprotsessil. Otto ringprotsessil töötavad seadmed kasutavad reeglina kütuseks maagaasi. Soojusenergiat toodetakse nii heitgaaside arvelt kui ka mootori jahutussüsteemist. Jõuseade koosneb tavalises komplektis mootorist, elektrigeneraatorist ja soojusenergia tootmiseks vajalikest soojusvahetitest, mis on seotud mootori veesärkjahutuse ja õlitussüsteemiga ning heitgaasi ärajuhtimissüsteemiga. Energiabilansiliselt kujuneb siin välja vahekord, kus kütusega protsessi viidud energiast (100%) toodetakse elektrienergiat 40% ja soojusenergiat 50% ning kaod moodustavad ligikaudu 10%. Eestis kasutab sisepõlemismootoritega koostoomist näiteks AS Põlva Soojus, AS Grüne Fee, Kunda Nordic Cement Corp., AS Narva Vesi, Kristiine Kaubanduskuskus Tallinnas. Elektriline võimsus ulatub kuni 6 MW (Sillamäe). Kasutamist leiavad erinevate firmade mootorid - Jenbacher, Caterbillar ja Wärtsilä NSD.

Tulenevalt elektrivõrgu globaalsusest on soojuse ja elektrienergia koostootmisjõujaama töö kõrge efektiivsuse saavutamiseks otstarbekas see projekteerida soojusvõimsusele, mis vastab tarbija baassoojuskoormusele. Sellisel juhul tagatakse jõujaama suur aastane kasutusaeg. Tarbija baaskoormust ületav soojustarve kaetakse kas tipuseadmetega või ostetakse suurtootjatelt. Juhul, kui jõujaama käitaja elektrienergia omatarve osutub seejuures väiksemaks kui jaama tootlikkus, on võimalik toodetud ülejääk müüa võrku teistele tarbijatele.

Et otsustada väikese võimsusega soojuse ja elektri koostootmisjõujaama otstarbekuse üle, tuleb välja selgitada järgmised põhilised tingimused:

- optimaalne soojuse ja elektri koostootmisjõujaama konfiguratsioon;
- sobilik koht soojuse ja elektri koostootmise jaamale;
- soojuse ja elektri koostootmise jaama ühendamise võimalused olemasoleva soojuse ja elektrivõrguga;
- millised on planeeritava koha soojuskoormused aasta ja ööpäeva lõikes, et tagada maksimaalne soojuse ja elektri koostootmisjõujaama kasutus koos kõrge kasuteguriga.

6.2 Hinnang koostoomisseadmete investeeringute suurusele

Hinnatasemed aurutsükliga koostootmisjaamadele varieeruvad suurtes piirides.

Näiteks, toetudes aastal 2002 Helsingi Tehnoloogia Ülikooli poolt projekti BASREC 2002 koostatud materjalidele, leitakse et:

- tahkel kütusel töötav (taastuvkütus, turvas, süsi, biokütus) koostootmisjaama investeering sõltuvalt jaama võimsusest 3 MW kuni 33 MW võib varieeruda vastavalt 4800 kuni 1400 EUR/kW_e;
- gaasimootoritel ja gaasiturbiniidel põhinevad koostootmisjaamade investeeringu suurused on piirides 700-800 EUR/kW_e.

Hooldus ja teeninduskulud:

- sisepõlemismootoritele: 7,5-15 EUR/MWh;
- gaasiturbiniidele: 4,5-10,5 EUR/MWh;
- aurutsükliga koostootmisjaamadele 3 EUR/MWh.

Kirjandusest ja aruannetest (ESTIVO, OPET ESTONIA jne.) leiame näiteks, et:

- aurumasina ja restkoldega katlaga varustatud koostootmisjaama (elektriline võimsus 0,9 MW_e ja soojuslik võimsus 6 MW) (Soome Sermet OY) investeeringuks on kulunud 52 milj.kr./MW_e ;

- biokütuse gaasistusega koostootmisjaamade investeeringuks Taanis on kulunud vahemikus 36-64 milj.kr./MW_e (jaamade elektrilised võimsused 0,5 - 15 MW_e ja soojuslik võimsus 0,7-30 MW);
- Soome kirjandusest leiate, et vasturõhuga auruturbiinseadmel põhinevad koostootmisjaamade investeeringuteks on kulunud 20-27 milj.kr./MW_e (jaamade elektrilised võimsused 6-9,4 MW_e ja soojuslik võimsus 17-26 MW). „Võtmed kätte” projektid (turn-key) osutuvad ca 2 korda kallimaks, ca 34-42 milj.kr./MW_e (elektriline võimsus 5 MW_e ja soojusvõimsus 18 MW).

Võrreldes Soome hinnataset Rootsiga või Taani hinnatasemega, oli see aastatel 1996-2000 ca 20% madalam ja põhjendatakseda sel ajal olnud Soome majanduse madalseisuga.

6.3 Eestis kehtivad seadusandlikud aktid, mis reguleerivad koostootmist

Koostootmist reguleerivad alljärgnevad seadusandlikud dokumendid:

- Elektrituruseadus - <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=748815>.

Elektrituruseadus sätestab üldised elektrimüki, võrgutegevust, bilansivastutust ja tootmist puudutavad põhimõtted;

- Võrgueeskiri - <https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=603256>.

Võrgueeskiri täpsustab võrguga liitmise tingimusi, võrgus töötamise põhimõttide ning bilansivastutusega seonduvat.

2004. aasta lõpus vastuvõetud Elektrituru seaduse parandusettepanekus on olulisem ettepanek, selle teema kontekstis, koostootmisjaamadele teatava eristaatuse andmine:

§75 lg3 Võrguettevõtja või tema nimetatud müüja ostab selle võrguettevõtja võrgukadude korvamiseks ja müügiks turuosalisele, kellele laieneb käesoleva paragraahi lõikes 1 nimetatud kohustus, elektrienergiat, mille on Eestis kaevandatud põlevkivist tootnud Eestis asuv, kokku vähemalt 500 MW netovõimsusega tootmisseedmeid valdav tootja, või mille on tootnud tootja, kes toodab elektrienergiat soojuse ja elektrienergia koostootmisse režiimis.

Koostootmise rajamine on võimalik vaatamata keerulisele seadusandlusele. Täpsustamist vajavad ja keerukaks teevad nn. võrguga liitmise tingimused, võrgus töötamise põhimõtted ning bilansivastutusega seonduv. Kui koostootmisjaam on hoolduses või remondis, siis millise hinnaga ostetakse elektrit võrgust, milliseks kujuneb nn. reservihind? Samas, kui koostootmisse kohta võetakse vastu seadusparandus (§75 lg3), ehk teatava eristaatuse andmine, siis millise hinnaga pannakse peamine tootja (kelleks on senini Eesti Energia) ostma elektrit, on siiani lahendamata.

6.4 Järvakandi alevi elektriline koormus

6.4.1 Järvakandi Puidutehas OÜ elektriline koormus ja elektri tarbimine

Koostootmise rakendamisel on oluline nii pideva soojuskoormuse kui ka elektrilise koormusega tarbija olemasolu. Võimalikuks tarbijaks oleks Järvakandi alevis katlamaja ligidal olev puidutöötlusettevõtte Järvakandi Puidutehas OÜ.

Puidutöötlusettevõtte tegelik kasutusvõimsus (tarbimisvõimsus) praegu on ~150 kW. Põhitarbijad on puidutöötuspinkide elektrimootorid ja puidukuivatite ventilaatorite elektrimootorid.

Praegusel ajal käib puidutehase laiendamine. Peale seda, kui puidu töötlemise uued seadmed on paigaldatud, on summaarne paigaldusvõimsus ~700 kW. Veel tuleb juurde kaks puidukuivatit olemasolevale kolmele puidukuivatile. Täiendavalt lisanduvad ventilaatori elektrimootorid.

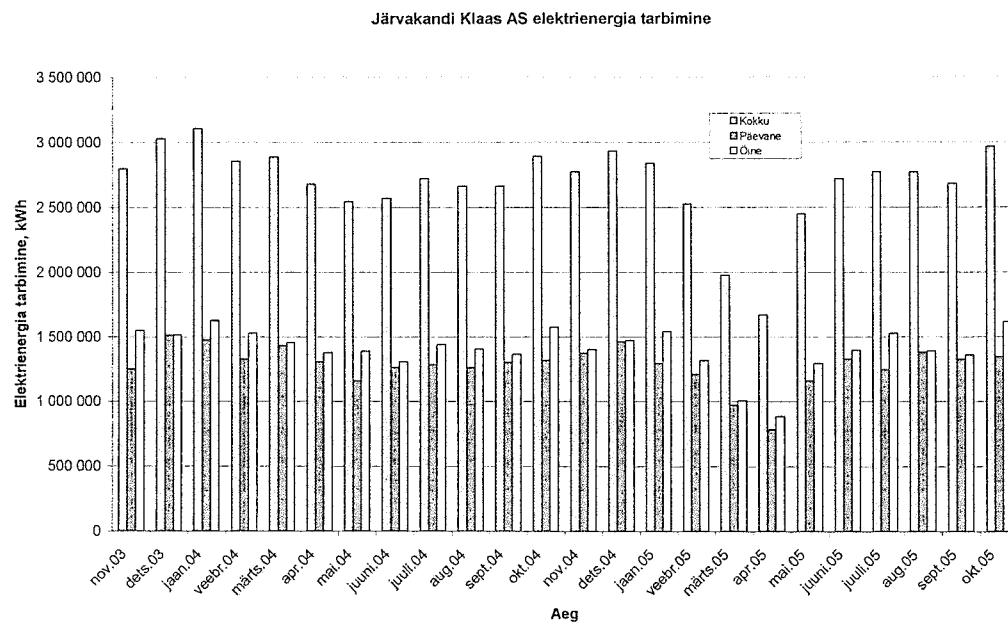
Elektritarbimise hinnanguline kasv tuleb 20-25%. Vaatamata lisanduvate seadmete suurele hulgale on kasv küllaltki mõõdukas, kuna uute seadmete elektrimootorid on kõrge kasuteguriga.

Praegune elektritarbimine on aasta kuude lõikes küllalt ühtlane, keskmiselt ~55000 kWh/kuus, mis aastas teeb 660000 kWh. Arvestades elektrilise koormuse suurenemisega, suureneb elektritarbimine lähitulevikus 20-25% ja mis teeb 792000-825000 kWh/aastas.

6.4.2 Järvakandi Klaas AS elektriline koormus

Elektrituruseadusele vastavalt on nn. vabatarbijal õigus elektriostmiseks nn. turutingimustes. Järvakandi alevis on vabatarbija staatuses ettevõte Järvakandi Klaas AS.

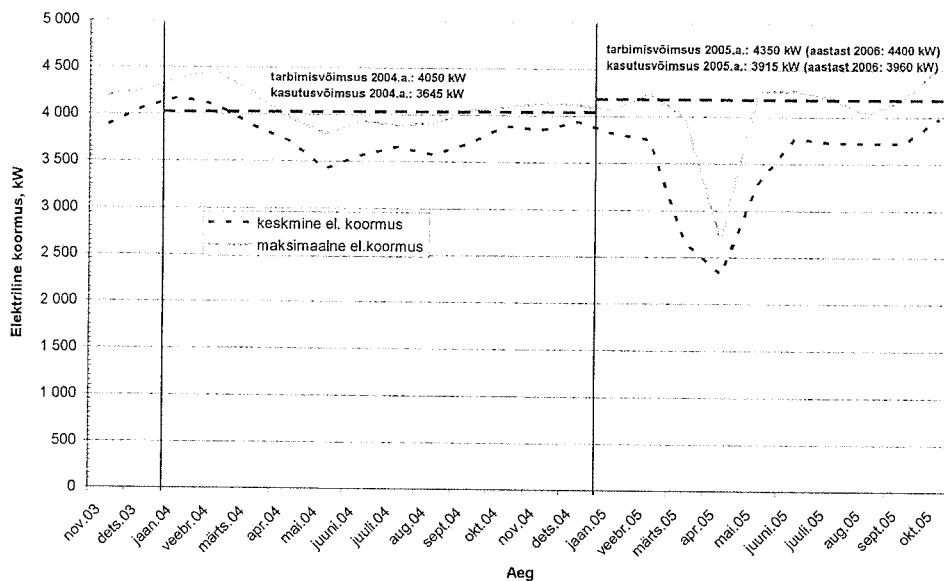
Järvakandi Klaas AS viimaste aastate elektritarbimise mahud kuude lõikes on esitatud joonisel 6.1



Joonis 6.1 Järvakandi Klaas AS viimaste aastate elektritarbimise mahud kuude lõikes

Järvakandi Klaas AS elektritarbimine on ühtlane kogu ööpäeva ulatuses. Arvutuslikud keskmised tarbimiskoormused kuude lõikes ja faktiliselt esinened koormusmaksimumid on esitatud joonisel 6.2.

Järvakandi Klaas AS elektriline koormus



Joonis 6.2 Järvakandi Klaas AS keskmised tarbimiskoormused kuude lõikes ja faktiliselt esinenud koormusmaksimumid

Järvakandi Klaas AS ühtlane elektritarbimisgraafik on eriti sobilik koostootmise rakendamiseks. Tarbitav elektriline koormus on 3,5....4,5 MW piirides. Nimetatud võimsuse varustamiseks koostootmisjaamast, oleks oluline, analoogiliselt elekrikoormusega, ca 4,5...5,5 MW soojustarbijat olemasolu, milline Järvakandi alevi puudub. Arvestatav ühtlane nn baassoojuskoormus on 750 kW kuni 1000 kW.

6.5 Sisepõlemismootoril põhinev koostootmisjõujaama rakendamise majanduslikkus

Arvestades uuritava Järvakandi alevi piirkonna baassoojuskoormust (vaata jooniseid 4.1 ja 5.7) on käesoleval ajal maksimum soojuskoormus ca 2 MW, baaselektrikoormust ca 0,75...1 MW, siis sobilikuks tehniliseks lahenduseks oleks sisepõlemismootoril töötava koostootmisseadme rakendamine. Kütuseks oleks seejuures gaas.

Sobilik koostoomisagregaat või agregaadid soojuse ja elektri koostootmise evitamiseks on kindlasti leitavad näiteks JENBACHER või CATERPILLAR firma toodangust. Kogukasutegur koostootmisseadmele jäab 90%...94% piiridesse.

Prototüübiks sobiks näiteks JENBACHER mootor J 316 GS, elektrilise väljundvõimsusega 0,85 kW ja soojusliku väljundvõimsusega 1 MW.

Hinnanguliselt on koostootmisseadme maksumus koos montaažiga mitte rohkem kui 10 miljoni krooni 1 MW_e elektrilise võimsuse kohta. Sisepõlemismootoritel põhinevate koostoomisseadmetel on elektrilise ja soojuse väljundvõimsuste suhe ca 0,8...0,85. Mooduliga koos on võimalik tarnida tipukatel. Järvakandi katlamaja konfiguratsioonist ja tehnilisest olukorrast lähtudes täiendavat tipukatla rakendamist vaja ei ole.

6.5.1 Hinnang koostootmise evitamise majanduslikkuse kohta

Hinnanguline maksumus eelpooltoodud koostootmisjõujaama sisepõlemismootoriga elektrilise väljundvõimsusega ca 0,85 MW, soojusliku väljundvõimsusega 1 MW, maksab koos montaažiga 8,5 miljonit krooni. Maksumus sisaldab sisepõlemismootori enda maksumust koos lisaseadmetega ja seadme montaaži ning montaažiga seotud projekttöid. Hinnangulised investeeringu lähteandmed on koondatud tabelisse 6.1.

Tabel 6.1 Investeeringu lähteandmed

Investeeringu algmaksumus	8 500 000 EEK
Liisingu kestvus	7 aastat
Intressi määär	5 %
Kapitali kulu, millega:	1 322 072 EEK/aastas
• Algmaksumuse tagasimakse	1 092 857 EEK/aastas
• Intressimakse	229 214 EEK/aastas

Seade töötab 5000 tundi aastas ning sellele vastav elektrienergia toodang on 4 250 000 kWh/aastas ja soojuse toodang koostootmisjõuseadme arvelt 5 000 000 kWh/aastas. Tuleb arvestada ka seda, et seadet on vaja tööea jooksul remontida jms. Tehnilised lähteandmed on toodud tabelis 6.2.

Tabel 1.2 Tehnilised lähteandmed tasuvusuuringu teostamiseks

Nimetus	väärtus	dimensioon
Energia sisend (vajalik kütuse kulu)	2 011	kW
Seadme elektriline väljundvõimsus	850	kW
Seadme soojuslik väljundvõimsus	1 000	kW
Töötundide arv	5000	tundi/aastas
Töötundide arv soojuskoormusega	5000	tundi/aastas
s.h. elektrienergia toodang	4 250 000	kWh/aastas
s.h. soojuse toodang	5 000 000	kWh/aastas

Maagaasi hinnaks võtame 2 EEK/m³. Arvestame ka, et seade kindlustatakse (kindlustuse hind 2% investeeringu maksumusest) ja et ettearvamatud täiendavad kulud on 0,5 % alginvesteeringust. Seadme ekspluateerimine vajab täiendavat tööjõukulu 20000 kr./kuus. Tasuvusaja arvutamiseks võtame, et toodetud elektri keskmene müügihind on 0,75 kr./kWh (on madalam kui Eesti Energia võrgus 6 kVA ühendusest sisestetava elektrienergia kaalutud keskmene hind) ja toodetud soojuse müügihind on 0,45 kr./kWh.

Eeldame järgmisi lähteparametrite muutusi vaadeldaval ajaperiodil: maagaasi hinna tõus on 3% aastas, seadme jooksva hoolduse ja õlihinna tõus 3% aastas, tööjõukulu tõuseb 3% aastas, kindlustus 3% aastas, täiendavate kulude hinna tõus 3% aastas. Koostootmisseadme arvutuslikud kulud aastate kaupa, kulude lõikes, on esitatud tabelis 6.3.

Tabel 6.3 Koostootmisseadme arvutuslikud kulud aastate kaupa

Aasta	Maagaasi hind, EEK/m ³	Kulu gaasile, EEK/aastas	Kulu õlile, EEK/aastas	Kulu personalile, EEK/aastas	Kulu kindlustele, EEK/aastas	Täiendavad kulud, EEK/aastas	Hoolduse kulu, EEK/aastas	Remondi kulu, EEK/aastas	Kulud kokku, EEK/aastas
1	2.000	2 188 654	44 884	240 000	170 000	42 500	500 000	0	3 186 038
2	2.060	2 254 314	46 230	247 200	175 100	43 775	515 000	0	3 281 619
3	2.122	2 321 943	47 617	254 616	180 353	45 088	530 450	0	3 380 067
4	2.185	2 391 601	49 046	262 254	185 764	46 441	546 364	0	3 481 469
5	2.251	2 463 349	50 517	270 122	191 336	47 834	562 754	0	3 585 914
6	2.319	2 537 250	52 033	278 226	197 077	49 269	579 637	0	3 693 491
7	2.388	2 613 367	53 594	286 573	202 989	50 747	597 026	0	3 804 296
9	2.460	2 691 768	55 201	295 170	209 079	52 270	614 937	0	3 918 425
10	2.534	2 772 521	56 857	304 025	215 351	53 838	633 385	1 720 000	5 755 977
11	2.610	2 855 697	58 563	313 146	221 811	55 453	652 387	0	4 157 057
12	2.688	2 941 368	60 320	322 540	228 466	57 116	671 958	0	4 281 768
13	2.768	3 029 609	62 130	332 216	235 320	58 830	692 117	0	4 410 221
14	2.852	3 120 497	63 994	342 183	242 379	60 595	712 880	0	4 542 528
15	2.937	3 214 112	65 913	352 448	249 651	62 413	734 267	0	4 678 804
16	3.025	3 310 535	67 891	363 022	257 140	64 285	756 295	0	4 819 168
17	3.116	3 409 851	69 928	373 912	264 854	66 214	778 984	0	4 963 743
18	3.209	3 617 511	74 186	396 683	280 984	70 246	826 424	0	5 266 035

Tulud koostootmisseedmest toodetud soojuse ja elektri müügist aastate lõikes on toodud tabelis 6.4

Tabel 6.4 Tulud koostootmisseedmest toodetud soojuse ja elektri müügist aastate lõikes

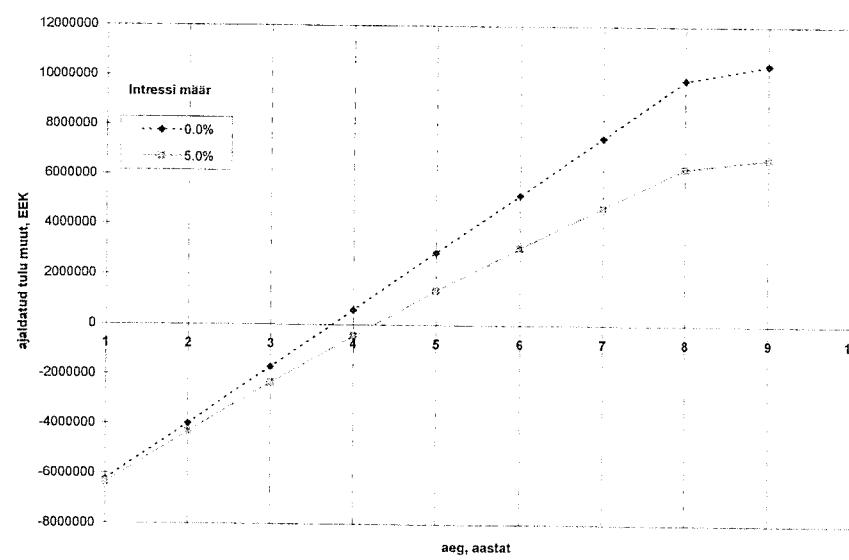
Aasta	Elektri müügihind, EEK/kWh	Soojuse müügihind, EEK/kWh	Tulu elektrist, EEK/aastas	Tulu soojusest, EEK/aastas	Tulud kokku, EEK/aastas
1	0.750	0.450	3 187 500	2 250 000	5 437 500
2	0.765	0.459	3 251 250	2 295 000	5 546 250
3	0.780	0.468	3 316 275	2 340 900	5 657 175
4	0.796	0.478	3 382 601	2 387 718	5 770 319
5	0.812	0.487	3 450 253	2 435 472	5 885 725
6	0.828	0.497	3 519 258	2 484 182	6 003 439
7	0.845	0.507	3 589 643	2 533 865	6 123 508
8	0.862	0.517	3 661 436	2 584 543	6 245 978
9	0.879	0.527	3 734 664	2 636 234	6 370 898
10	0.896	0.538	3 809 358	2 688 958	6 498 316
11	0.914	0.549	3 885 545	2 742 737	6 628 282
12	0.933	0.560	3 963 256	2 797 592	6 760 848
13	0.951	0.571	4 042 521	2 853 544	6 896 065
14	0.970	0.582	4 123 371	2 910 615	7 033 986
15	0.990	0.594	4 205 839	2 968 827	7 174 666
16	1.009	0.606	4 289 955	3 028 204	7 318 159
18	1.030	0.618	4 375 754	3 088 768	7 464 522

Tabelite 6.3 ja 6.4 kõrvutamine võimaldab välja tuua rahavood koostootmisseedme iga tööaasta kohta aasta jooksul. Tulemused on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 6.5.

Tabel 6.5 Rahavood aastate lõikes

Aasta	Tulud kokku, EEK/aastas	Kulud kokku, EEK/aastas	Kapitali kulu, EEK/aastas	Raha-voog, 2 814 664
1	5 437 500	3 186 038	1 322 072	929 391
2	5 546 250	3 281 619	1 322 072	942 560
3	5 657 175	3 380 067	1 322 072	955 036
4	5 770 319	3 481 469	1 322 072	966 777
5	5 885 725	3 585 914	1 322 072	977 740
6	6 003 439	3 693 491	1 322 072	987 877
7	6 123 508	3 804 296	1 322 072	997 141
8	6 245 978	3 918 425		2 327 554
9	6 370 898	5 755 977		614 921
10	6 498 316	4 157 057		2 341 259
11	6 628 282	4 281 768		2 346 514
12	6 760 848	4 410 221		2 350 626
13	6 896 065	4 542 528		2 353 537
14	7 033 986	4 678 804		2 355 182
15	7 174 666	4 819 168		2 355 498
16	7 318 159	4 963 743		2 354 416
17	7 464 522	5 112 655		2 351 867
18	7 613 813	5 266 035		2 347 778
Kokku	116 429 449	76 319 275	9 254 501	30 855 672

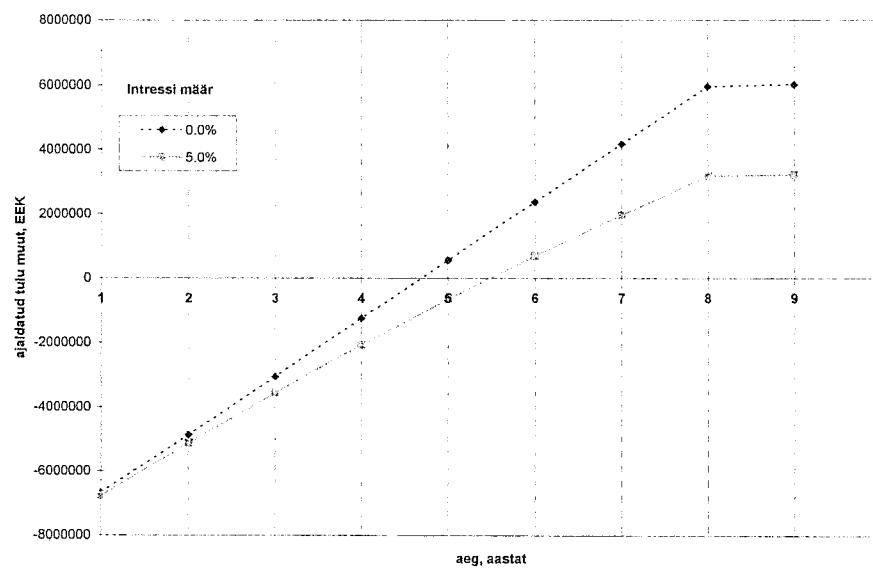
Eelpool esitatud lähteandmete alusel arvutatud koostootmisjõujaama investeeringu diskontereeritud tasuvusaeg on 4,2 aastat (joonis 6.1).



Joonis 6.1 Koostootmisseadme tasuvusaeg eeldatud tingimustel (gaasi hind 2 EEK/m³)

Kui fikseerime toodetud soojuse müügihinna 0,400 kr./kWh, siis toodetud elektri omahinnaks kujuneb 0,648 kr./kWh.

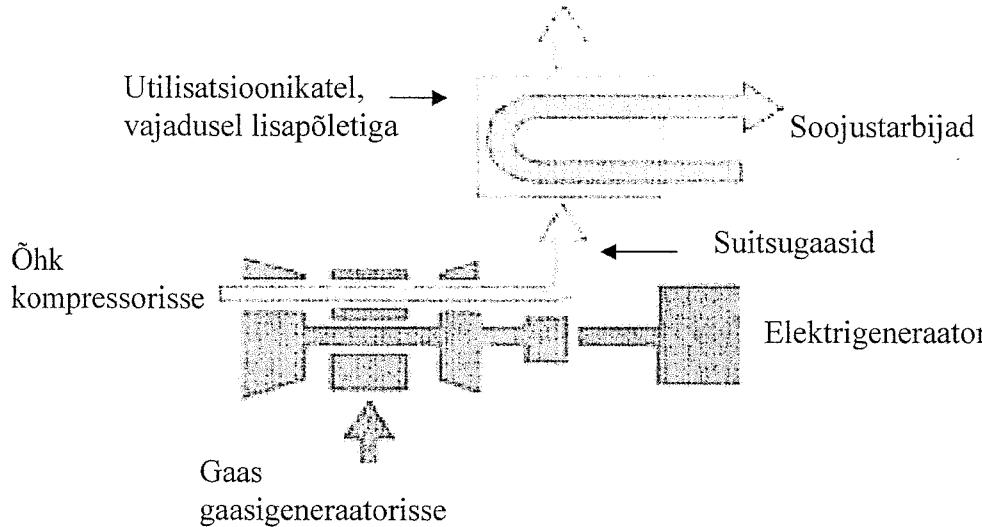
Juhul, kui gaasi hind oleks 2,4 kr./m³, aga ülejääenud lähteandmed jäädiks samaks, oleks investeeringu tasuvusaeg 5,5 aastat (joonis 6.2).



Joonis 6.2 Koostootmisseadme tasuvusaeg eeldatud tingimustel (gaasi hind 2,4 kr./m³)

6.6 Alternatiivne lahendus: sisepõlemismootori asemel evitataks gaasturbiiiniga seotud koostootmisseade

Eelpooltoodud koostootmisjõujaama konfiguratsioonis saab põhimõtteliselt sisepõlemismootorit asendada gaasturbiiiniga. Siinkohal tahaks rõhutada, et Eestis puudub veel kogemus gaasturbiiide kasutamiseks. Samuti on gaasturbiiid sobilikumad kasutamiseks suurematel võimsustel. Lihtsustatud koostootmisjõujaama skeem on esitatud joonisel 6.3.



Joonis 6.3 Lihtsustatud gaasturbiini kasutamisega koostootmisjõujaama skeem

Selleks, et määrata gaasturbiinide parameetreid, teostati erinevatest allikatest esitatud erinevate firmade poolt toodetavate väikesevõimsusega gaasturbiinide iseloomulike parameetrite analüüs. Eeldusel, et elektrienergiat ei müüda võrku, otsiti gaasturbiine, elektrilise väljundvõimsusega 0,8-1,0 MW. Sobilikumaks osutusid firma Pratt&Whitney turbiin, mille tehnilised parameetrid on esitatud alljärgnevalt:

Turbiiin STL6-81

Elektriline võimsus	848 kW
Elektriline kasutegur	26%
Gaasturbiinis väljuvad gaasid	566 °C
Väljuvate gaaside kogus	3.92 kg/s

Võimalus saada küllastunud auru

10 bar(a), utilisatsoonkatlaga 2,82 t/h

Ligilähedaste parameetritega on sama firma turbiinid STL6-72 ja STL6-79. Kõigile nimetatud turbiinidele on iseloomulik suur pöörlemiskiirus 20000-30000 p/min. See võimaldab neid konstrueerida kergetena ja väikese mõõtmetega (tühimass 150 kg piires ja pikkus 1,3 meetrit).

Orienteeruv kohaletoimetamise hind nimetatud võimsusega gaasturbiniidel on ca 6-7 miljonit Eesti krooni ehk sama suurusjärk kui sisepõlemismootoritel. Kuna investeeringu maksumused ja seadme väljundparameetrid on sarnased sisepõlemismootoriga, on eeldatav tasuvusaeg suurusjärguna võrreldav sisepõlemismootoriga koostootmisseedmega, olles siiski suurem. Põhjuseks on, et gaasturbini elektriline kasutegur on väiksem võrreldes sisepõlemismootoriga. Märgime siin lisaks, et Eestis ei ole senini kasutusel ühtegi töötavat gaasturbini ei elektritootmiseks ega koostootmisseedmena.

