

Energiatehnoloogia instituut

**KAUGJAHUTUSE ARENDAMISE VÕIMALIK
POTENTSIAAL RAKVERE LINNAS**

**POTENTIAL FOR DEVELOPMENT OF DISTRICT COOLING
IN RAKVERE**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tõnu Sirkas

Üliõpilaskood 204132MASM

Juhendaja: Igor Krupenski

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"27" mai 2022

Autor: Tõnu Sirkas

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"27" mai 2022

Juhendaja: Igor Krupenski

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"....."202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Tõnu Sirkas (autori nimi) (sünnikuupäev: 21.09.1974)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Rakvere linnas

_____ ,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Igor Krupenski ,

(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

/ allkirjastatud digitaalselt /

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Tõnu Sirkas, 204132MASM

Õppekava, peeriala: MASM02/18, Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja(d): Igor Krupenski, +372 5800 3989

Konsultant:(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Rakvere linnas

Potential for development of district cooling in Rakvere

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Hinnata potentsiaalseid kaugjahutuse tarbijaid Rakverelinnas
2. Hinnata kaugjahutuse rakendamise maksumus Rakvere linnas
3. Hinnata kaugjahutuse potentsiaali Rakvere linnas

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö struktuuri koostamine	Märts 2022
2.	Lõputöö teoreetilise osa koostamine	Aprill 2022
3.	Lõputöö arvutuslik osa	Aprill 2022
4.	Lõputöö vormistamine	Mai 2022

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "27" mai 2022.a

Üliõpilane: Tõnu Sirkas "27" mai 2022.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Juhendaja: Igor Krupenski "27" mai 2022.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Konsultant: ".....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Programmijuht: Eduard Latõšov "31" mai 2022.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. POTENTIAALSED TARBIJAD	11
1.1 Potentsiaalsete tarbijate kaardistamine.....	11
1.2 AS-i Rakvere Soojus külastus	13
1.3 Potentsiaalsete tarbijate küsitlus.....	14
2. JAHUTUSALLIKAD	16
2.1 Vabajahutus õhuga	16
2.2 Vabajahutus veega	17
2.3 Soojuspump.....	18
2.4 Absorber jahuti.....	19
2.5 Chiller jahuti	19
2.6 Jahutustorn.....	20
2.7 Kaugjahutusjaama jahutusseadmete koosseis	22
3. KAUGJAHUTUSE MAKSUMUS	25
3.1 Kaugjahutustrasside ehitusmaksumus	25
3.1.1 Torumaterjalide maksumus	27
3.1.2 Kaevetööde maksumus	28
3.1.3 Torustiku paigaldus maksumus	29
3.1.4 Tänavakatete taastamise maksumus	30
3.1.5 Kaugjahutustrasside kogumaksumus	31
3.2 Kaugjahutusjaama ehitusmaksumus	32
3.3 Eeldatav jahutusenergia hulk	34
3.4 Kaugjahutuse tasuvusarvutus.....	35
3.4.1 Kaugjahutuse opereerimis- ja hoolduskulud.....	36
3.4.2 Lokaalsete jahutussüsteemi maksumus.....	37
3.4.3 Lokaalse- ja kaugjahutuse maksumuse võrdlus.....	38
KOKKUVÕTE	42
SUMMARY.....	44
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD	48
Lisa 1 Potentsiaalsed tarbijate nimekiri.....	48
Lisa 2 Küsimustiku ankeet	49
Lisa 3 Puurkaevude passide koopiad	50
Lisa 4 Trassilõikude parameetrid	54

Lisa 5 Torumaterjalide nimekiri	55
Lisa 6 Kaugjahutustrasside kalkulatsioon	59
GRAAFILINE OSA.....	67
G.1. Kaugjahutusvõrgu skeem	67
G.1. Kaugjahutusvõrgu punktide skeem	68

EESSÕNA

Magistritöö teema „Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Eesti linnades (v.a Tallinn, Tartu, Pärnu)“ valisin TTÜ lõputööde registrist. Peale konsulteerimist Igor Krupenskiga valisin piirkonnaks Rakvere linna, mille kaugjahutuse arendamise potentsiaali ma uurin antud töös.

Rakvere valikul sai määravaks asjaolu, et Rakveres ja selle ümber ei ole ühtegi piisava jahutusvõimsusega veekogu, mida saaks kasutada vabajahutuseks, mis on kõige odavam ja lihtsam meetod kaugjahutuse tootmiseks. Sellest tekkis ka mõte, et kui suur oleks võimalik jahutusvõimsuse tarve Rakveres ja mis allikatest oleks võimalik antud jahutusenergiat ammutada.

Antud töö on koostatud Eestis. Kõik andmed on ka kogutud Eestist, valdavalt avalikest allikatest ja internetist. Töö koostamise käigus olen suhelnud ka AS-i Rakvere Soojus võrgujuhi, hr. Artur Klimsoniga, kellega sai vahetatud mõtteid kaugjahutuse teemal.

Avaldan tänu lõputöö juhendajale ja kõigile, kes aitasid infoga antud töö koostamisel.

Võtmesõnad: Kaugjahutus, arendamine, Rakvere, magistritöö.

LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU

cm - sentimeeter

e. – ehk

EER – energy efficiency ratio

EHR – Ehitusregister

Jm – ja muid

Jne. – ja nii edasi

KJJ – Kaugjahutusjaam

KJV – Kaugjahutusvõrk

Milj. - miljon

nn. – niinimetatud

O&M – opereerimis ja hooldus kulud

Tuh. - tuhat

u. – umbes

ööp. - ööpäev

~ - ligikaudu

SISSEJUHATUS

Oma lõputöö teemaks valisin kaugjahutuse arendamise võimaliku potentsiaali Rakvere linnas. Kaugjahutus on laialt levinud jahutusviis üle maailma, kaasa arvatud meie lähiriigid Rootsi, Soome ja Taani. Kaugjahutus on ka üha enam levinud meetood Eestis ja arvestatav konkurent lokaalselt toodetavale jahutusenergiale. Toetudes kaugkütte pikaajalisele kasutuskogemusele ja ka naaberriikide kogemusele kaugjahutuse vallas, võib tõdeda, et kaugjahutus on töökindel ja efektiivne lahendus, millel on palju potentsiaali.

Oma töös keskendun ma Rakvere linna kaugjahutuse potentsiaali uurimisele. Rakvere asub Kirde-Eestis ja on Eestis suuruselt kaheksa linn. Kuna hetkel puudub linnas kaugjahutusvõrk siis kasutatakse Rakveres lokaalseid jahutusmeetodeid hoonete sisekliima tagamiseks. Samuti asub Rakveres ja Rakvere ümbruses ettevõtteid, kes vajavad jahutust oma äritegevuses. Seega eeldan, et Rakvere linnas on täiesti arvestatav potentsiaal kaugjahutusvõrgu (edaspidi KJV) väljaarendamiseks ja kasutamiseks. Oma töös keskendun ainult kaugjahutuse võimalikkusele Rakvere linnas, hinnates kaugjahutuse võimalikkust, maksumus ja tasuvust.

Esimeses osas tuvastan ja analüüsin potentsiaalseid kaugjahutuse tarbijaid Rakvere linnas kasutades Maa-ameti kaardiserverit. Töös on kajastatud suuremad tarbijad ja nende seas läbi viidud uuringu tulemused.

Teises osas käsitlen ja analüüsin ka potentsiaalseid kaugjahutuse tootmise allikaid ja võimalusi, kasutades selleks avalikke allikaid ja oma ametialases töös omandatud teadmisi ja kogemusi.

Kolmandas osas käsitlen kaugjahutuse rakendamise maksumust Rakveres. Analüüsin eraldi KJV ehituse maksumust ja kaugjahutusjaama (edaspidi KJJ) ehituse maksumust. KJV maksumuse hindamisel koostas Maa-ameti kaardiserveri plaani peale AutoCad-i abil võrgu eskiis, mille alusel sai koostatud hinnanguline materjalide loetelu ning arvutataud KJV ehituse maksumus, kasutades kogemuslikku hindamist ja Excel tabelarvutusprogrammi. KJJ-i maksumuse arvutamisel sai kasutatud kaudset hindamist, analüüsides juba valmis ehitatud kaugjahutusjaama maksumust.

Samuti hindan kaugjahutussüsteemi opereerimiskulusid ning kaugjahutuse tasuvuslikke näitajaid.

Lisades on välja toodud potentsiaalsete tarbijate nimekiri, pindalad, arvutused ja kalkulatsioonid jahutusvõimsuste leidmiseks, kalkulatsioonid võrgu läbimõõtude leidmiseks, kaugjahutusvõrgu maksumuse kalkulatsioon.

1. POTENTIAALSED TARBIJAD

Käesolevas peatükis vaatleme lähemalt ja hindame potentsiaalseid tarbijaid ja kaugjahutuse allikaid.

Info potentsiaalsete tarbijate kohta hankisin avalikest allikatest nagu EHR, Maa-ameti kaardiserver ja Google Maps. Magistritöö koostamise käigus külastain ka Rakvere linna ja vestlesin antud teemal ka AS-i Rakvere Soojus võrgujuhiga, hr. Artur Klimonson'ga. Lisaks koostasin väikese küsimustiku, mille saatsin tagasiside saamiseks kõigile potentsiaalsetele tarbijatele, kus palusin vastata kaheksale küsimusele.

1.1 Potentsiaalsete tarbijate kaardistamine

Et hinnata potentsiaalseid kliente ja võimalikke koormusi, selekteerisin kõigepealt välja võimalikud tarbijad. Selleks kasutasin Maa-ameti kaardiserverit ja Google Maps-i. Mille baasil valisin välja võimalikud kaugjahutuse tarbijad Rakvere linnas. Valiku kriteeriumiteks valisin, et antud hoone oleks avalikuks kasutamiseks, vajalik oleks sisekliima tagamise nõuded ja seal liiguks palju inimesi. Antud kriteeriumitele vastavad koolid, spordikeskused, kaubanduskeskused, haigald ja muud sarnase otstarbega ühiskondlikud hooned. Kindlasti oleks potentsiaalsed kaugjahutuse tarbijad ka korterelamud aga antud juhul jätsin nad valikukriteeriumitest välja, kuna suure tõenäosusega ei hakata nende hoonete ventilatsioonisüsteeme lähima kümne-kahekümne aasta jooksul renoveerima selliselt, et sinna lisatakse jahutussüsteemid.

Üheks oluliseks valiku kriteeriumiks oli ka potentsiaalse tarbija kaugus AS-i Rakvere Soojus kontorist aadressil Lembitu 7, kus asub ka reserv- ja tipuktlamaja. Oma töös võtsin valiku perimeetriks ~1,1 km. Ülejäänud potentsiaalsed tarbijad, kes asusid väljaspool antud ala, arvesse ei võtnud. Hetkel jäid nimekirjast välja sellised suured kaubanduskeskused, nagu Põhjakeskus, mis asub Rakvere põhjapoolses linnaservas ja Vaala keskus, mis asub Raksvere idaservas. Nende asukoht oli liiga kaugel ja nad oleksid üksikud tarbijad antud piirkondades. Kaugjahutustrassi ehitamine nende juurde oleks majanduslikult ebaotstarbekas liiga suure vahemaa tõttu, mis teeb trassi ehituse kalliks.



Joonis 1.1 Potentsiaalsete tarbijate ala Rakveres [1]

Sellisel viisil selekteerides sain kokku 17 potentsiaalset tarbijat Rakvere linnas. Nendeks oleksid Maxima X kauplus, Aqva Hotel ja Spa, Rakvere Spordikeskus, Aqva Spordikeskus, Rakvere Põhikool, Rakvere Gümnaasium, Rakvere Realgümnaasium, Rakvere Ametikool, Rakvere Haigla, Kroonikekskus, Turu Kaubamaja, Rakvere Bussijaam, Rakvere Rimi, Ehituse ABC kauplus, Rakvere Linnavalitsuse hoone, Tsentrum ostukeskus, Luminori keskus.

Peale potentsiaalsete tarbijate välja valimist kasutasin EHR-i andmebaasi antud hoonete köetava pinna leidmiseks. Lähtusin eeldusest, et jahutust vajab sama suur pind kui kütmist. Antud eeldusel saan suure tõenäosusega suuremad jahutuskoormused kui tegelikult on vaja kuna näiteks keldreid ja tehnosõlmi on talvel siiski vaja mingil määral kütta aga suvel suure tõenäosusega antud ruumid jahutust ei vaja. Siiski valisin sellise lähenemise, et saada teada maksimaalne potentsiaalne pind ja jahutusvõimsus. Samuti

kui ühel kinnitul oli mitu hoonet, mis võivad tarbida jahutust, siis liitsin nende köetavad pinnad kokku. Antud hoonel, kus asub Luminor panga kontor, võtsin arvesse ainult esimesel korrusel asuvad äriruumide köetava pinna ja jätsin arvestusest välja 4 ülemise korruse korterite pindalad, kuna ei pea perspektiivseks nende liitumist kaugjahutusega.

Peale potentsiaalsete tarbijate selekteerimist määrasin kõigile potentsiaalsetele tarbijatele jahutuse erikoormuse (W/m^2).

Bürooruumidel on arvestuslik jahutuskoormus 40 ... 150 W/m^2 [2]. Võimsuste määramisel kasutan antud vahemiku keskmist väärtust ehk $(40+150)/2=95 W/m^2$. Samas soovitatakse, et jahutuskoormus bürooruumides ei ületaks 100 W/m^2 , et tagada mugav sisekliima. Seega võib öelda, et 95 W/m^2 vastab ka antud tingimusele ja on sobiv väärtus edasisteks arvutusteks. Tegelik jahutuskoormus sõltub paljudest erinevatest asjaoludest, mida antud töös ei ole arvesse võetud, nagu:

- asendiplaaniline lahendus – kuidas asetseb hoone kinnistul ilmakaarte suhtes,
- arhitektuurne lahendus – kui suured on klaaspinnad, mis ilmakaarte suunas nad asetsevad, kas akendel kasutatakse päikesevarje,
- konstruktiivsed lahendused – kas kasutatakse kergkonstruktsioone (nn „Sandwich“ paneele) või raskeid kivi- ja betoonkonstruktsioone,
- hoone tehnosüsteemide lahendused – kas kasutatakse soojusvahetajaid süsteemis jne.

Minu poolt välja valitud hoonete hulgas oli ka kaks spordikeskust millele sai määratud, lähtuvalt nende spetsiifikast, u.25% suurem jahutusvajadus, e. $95 * 1,25 = 125 W/m^2$.

Lähtuvalt määratud pindaladest ja jahutuskoormustest arvutasin jahutuskoormus igale tarbijale ja ka summarse vajaliku jahutuskoormuse kõigi tarbijate peale kokku, milleks sain 8,13 MW.

Potentsiaalsete tarbijate nimekiri koos pindalade ja jahutuskoormustega on lisatud antud töö lõppu (vt. LISA 1).

1.2 AS-i Rakvere Soojus külastus

Antud töö koostamise käigus külastasin ka Rakvere linna ja AS-i Rakvere Soojus, kus vestlesin 1,5 tundi võrgujuhi hr. Artur Klimson'ga. Vestluse käigus tegi hr. Klimson kõigepealt lühikese tutvustuse hetke olukorrast kaugkütte vallas, siis tutvustas Rakvere

linna kaugküttevõrku ja arenguplaane. Peale seda vestlesime ja arutasime kaugjahutuse võimalikkusest Rakvere linnas ning kõige lõpuks sai tehtud väike ringkäik katlamajas ja territooriumil.

Vestluses hr. Klimson'ga kahjuks selgus, et ta ei pea kaugjahutuse võimalust Rakveres perspektiivseks kuna kliendid on väga hinnatundlikud. Näiteks tõi ta, et isegi praegu on neil kesklinnas hooneid ja ettevõtteid, kes ei ole liitunud kaugküttevõrguga vaid hoonete kütmine toimub lokaalsete gaasikatelde abil kuna see oli kuni viimase ajani odavam. Ning alles viimasel ajal, peale maagaasi ja muude energiakandjate hüppelist hinnatõusu on hakatud kaugkütte vastu rohkem huvi tundma. Ning tõenäoliselt oleks sama lugu ka kaugjahutusega – potentsiaalsed kliendid pigem paigaldaksid omale lokaalsed jahutusseadmed ja käitaksid neid elektriga kui liituksid kaugjahutusega.

Vestluse ajal sai helistatud ka Rakvere Spordikeskuse käidujuhile, kes samuti tõdes, et hoolimata suvisest jahutusvajadusest, ei pea ta tõenäoliseks tulevikus liitumist perspektiivse kaugjahutusvõrguga. Seda just põhjusel, et see oleks liiga kulukas ja ajaaken, mil spordikeskus vajab jahutust, on lühike. Pigem jahutatakse hoonet sel perioodil aknaid avades.

1.3 Potentsiaalsete tarbijate küsitlus

Hindamaks kohalike ettevõtjate ootusi ja vajadusi, koostas lühikese küsimustiku, mille saatsin kõigile minu poolt välja valitud 17-le potentsiaalsele tarbijale. Antud küsimustikuga soovisin saada infot, kuidas on lahendatud hetkel jahutusvajadused ja mis oleksid nende ootused kaugjahutusvõrgu kohta. Antud küsimustik on lisatud (vt. LISA 2).

Kahjuks peab tõdema, et seitsmeteistkümnest saadetud küsimustikust saadeti täidetuna tagasi ainult 2 ja üks ettevõtte vastas e-posti teel, et ei kasuta kaugjahutust. Ülejäänud 14 ettevõtet tagasisidet ei andnud.

Kuigi kahe täidetud ankeedi põhjal ei saa teha põhjalikke järeldusi, selgus mõlemast ankeedist kaks asjaolu:

- mõlemad potentsiaalsed tarbijad on oma jahutusseadmed paigaldanud viimase 10 aasta jooksul, millest võib järeldada, et lähema 10-15 aasta jooksul kasutatakse veel kindlasti olemasolevaid lokaalseid jahutusseadmeid ja kaugjahutusvõrguga liitumine ei ole plaanis,

- mõlemad potentsiaalsed tarbijad pidasid oluliseks kriteeriumiks kaugjahutuse hinda. Üks ettevõtte ütles, et see peab olema odavam kui hetkel kasutatav lahendus lokaalsete seadmetega ja teine ettevõtte vastas, et hind võiks olla 30 €/MWh.

2. JAHUTUSALLIKAD

Lähtudes eelnevas peatükis käsitletud tarbijatest vaatleme teises peatükis erinevaid jahutusallikaid, millega katta nõutud jahutusvajadus. Samuti käsitlem antud peatükis võimaliku kaugjahutusjaama jahutusseadmete kooslust, vastavalt nõutud jahutusvajadusele.

Potentsiaalseid jahutusallikaid hinnates, tuleb märkida, et Rakvere linn asub u. 15 km Soome lahe rannikust, mis välistab merevee kasutamise vabajahutuse allikana. Samuti ei ole linna lähedal mitte ühtegi suuremat jõge ega järve, mida saaks kasutada looduslike vabajahutuse allikatena. Seega on vaja kasutada alternatiivseid allikaid jahutuseks.

Seadmete valikul sai lähtutud samuti vajalikust jahutusvõimsusest. Nagu eelnevalt sai märgitud, on potentsiaalsete kaugjahutuse tarbijate summarne võimsus 8,13 MW. Võttes arvesse varutegurit 15% oleks nõutav KJJ-i võimsus 9,5 MW. Lähtusest oma ametialasest kogemusest insener-eelarvestajana ja analüüsid läbi varasemaid KJJ-de projekte, hindasin Rakvere KJJ-s jahutusallikatena all olevad võimalusi.

Jahutusallikad, mida oleks võimalik rakveres kasutada, on vabajahutus õhuga, vabajahutus veega, absorber jahutit, chiller jahutit ja soojuspumpa.

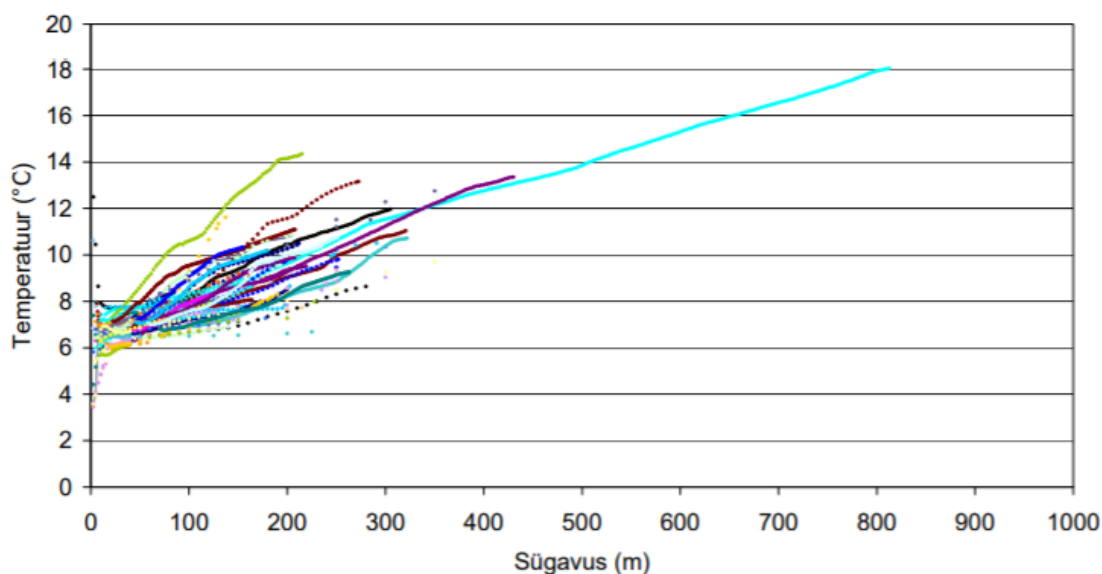
2.1 Vabajahutus õhuga

Kõige otstarbekam oleks kasutada jahutusenergia saamiseks vabajahutust. Kuna Rakveres ei ole piisava potentsiaaliga looduslikke veekogusid, on antud juhul otstarbekas kasutada vabajahutust õhuga. Vabajahutuseks kasutatakse soojusvahetajat. Vabajahutuse allikatena kasutatakse jahutustorne. Piiravaks teguriks vabajahutusel on välisõhu temperatuur kuna vabajahutuse töötükkel algab alles kui välisõhu temperatuur langeb alla +14 °C. Mida madalamale langeb temperatuur, seda efektiivsem on vabajahutussüsteem [4].

2.2 Vabajahutus veega

AS-i Rakvere Soojus territooriumil asuvad kaks puurkaevu. I puurkaev sügavusega 75,0 m ja tootlikkuse 20,08 m³/h ja II puurkaev sügavusega 67,5 m ja tootlikkusega 19,1 – 21,2 m³/h (vt. LISA 3). Hetkel kasutatakse antud puurkaeve trassikadude kompenseerimiseks, mis on suurusjärgus 3 m³/päevas. Aga neid puurkaeve saaks kasutada ka jahutusallikana pumbates ühest puurkaevust vett läbi soojusvahetaja teise puurkaevu.

Kasutades EGK ja A. Jõelett poolt koostatud andmestikku [3], võib väita et 75-80 m sügavusel on maapõue temperatuur 7-9 °C, seega on ka pinnasevee temperatuur samal sügavusel sama. Teoreetiliselt oleks võimalik kasutada antud puurkaeve ka jahutusallikana, pumbates ühest puurkaevust külma vett



Joonis 2.1 Eesti puuraukudes mõõdetud temperatuurid (andmestik EGK ja A. Jõelett) [3]

Antud andmete põhjal võime arvutada ligilähedase puuraukudest saadava jahutusenergia hulga, kuin eeldame et tagastuva vee temperatuur oleks 5 kraadi kõrgem kui peale antav vesi.

Puurkaevudest saadav jahutusvõimsuse saame arvutada all oleva valemi järgi:

$$Q=q * \rho * c * (t_2 - t_1), \quad (2.1)$$

Kus q_{vesi} - arvutuslik vooluhulk = 20 m³/h,

c_{vesi} - vee erisoojus = 4200 J/kg*°C,

ρ_{vesi} - vee tihedus = 1000 kg/m³,

t_1 - vee pealevoolu temperatuur = 8 °C,
 t_2 - vee tagasivoolu temperatuur = 13 °C.

$$Q = 20 * 1000 * 4200 * (13 - 8) * 10^{-6} = 420 \text{ MJ/h} = 116,7 \text{ kW}$$

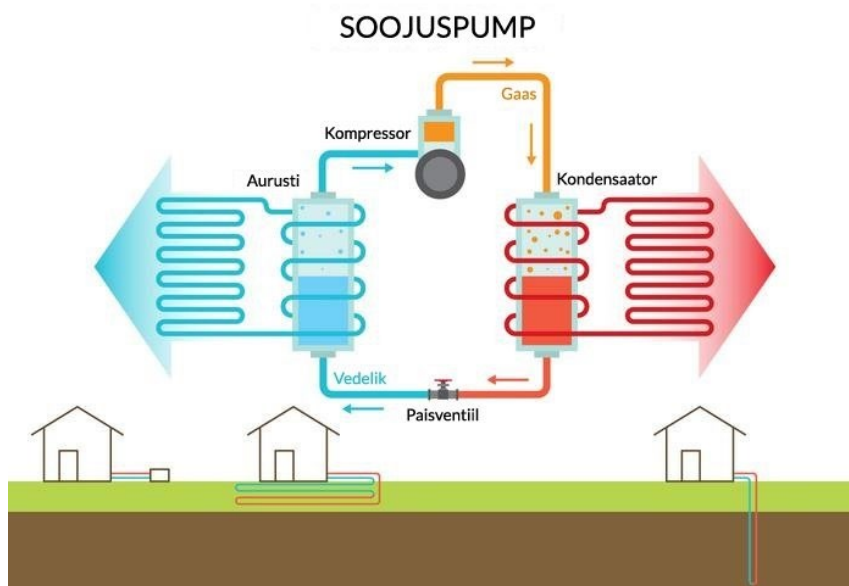
Seega on antud puurkaevudest võimalik saada 5 °C temperatuuride vahe korral ~116 kW jahutusvõimsust.

Antud lahenduse kasutamine nõuab täiendavat uurimist, kuna hetkel puuduvad täpsemad andmed, kuidas on lubatud kasutada antud puurauke seadusandlikult ja kuidas mõjutaks selline kasutusviis antud piirkonna veehorisonti ja selle käitumist.

2.3 Soojuspump

Soojuspumpa saab kasutada kaugkütte- ja kaugjahutuse süsteemides kombineerituna, tootes samal ajal nii sooja kui külma. Tänapäeval on juba saadaval ka soojuspumbad, mis suudavad toota kuuma vett temperatuuridel 90 °C kuni 160 °C ja võimsusega 20 kW kuni 20 MW [5]. Soojuspumpa saab edukalt kasutada kevadisel ja sügisel perioodil, kui kütteperiood veel kestab, aga vabajahutusest jääb juba väheseks nõutava koguse jahutuse tootmiseks.

Soojuspumba põhimõtteline lahendus välja toodud all oleval joonisel.

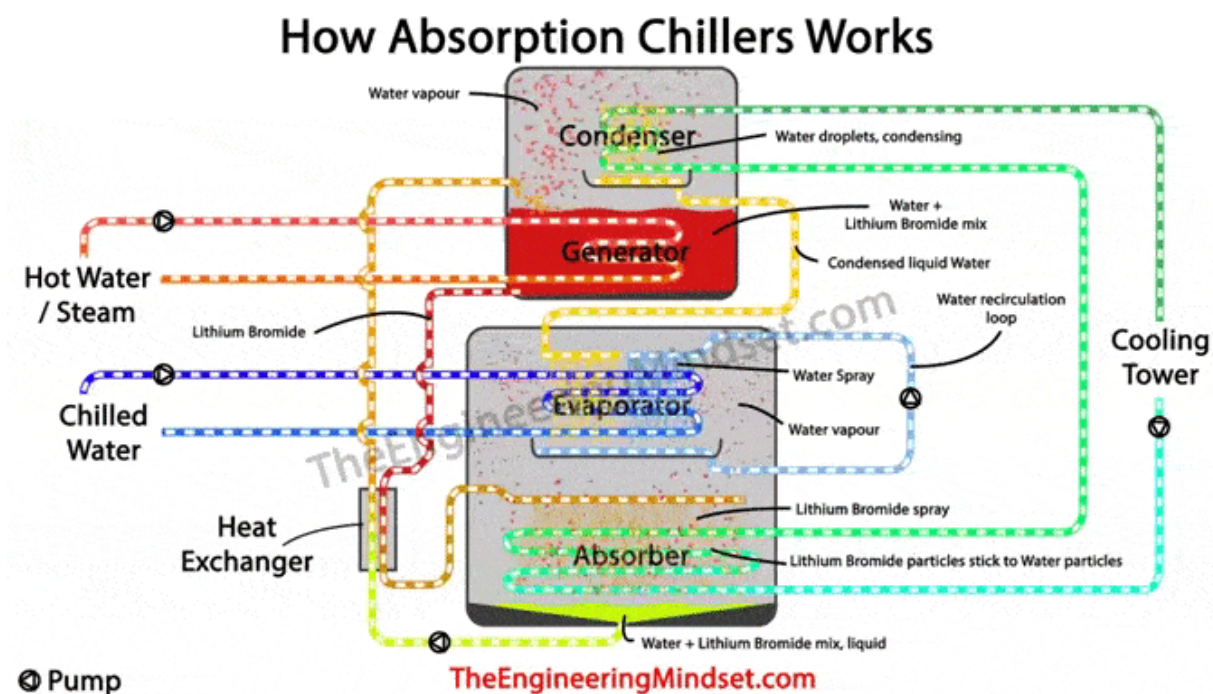


Joonis 2.2 Soojuspumba illustratiivne tööpõhimõte [6]

2.4 Absorber jahuti

Absorber jahuti on põhiline jahutusseade suveperioodil. Absorberi tööpõhimõte seisneb soojuse ära kasutamisel külmaagensi aurustumisel. Külmaagensiks on vee ja absorbendi (peamiselt liitium bromiidi) segu.

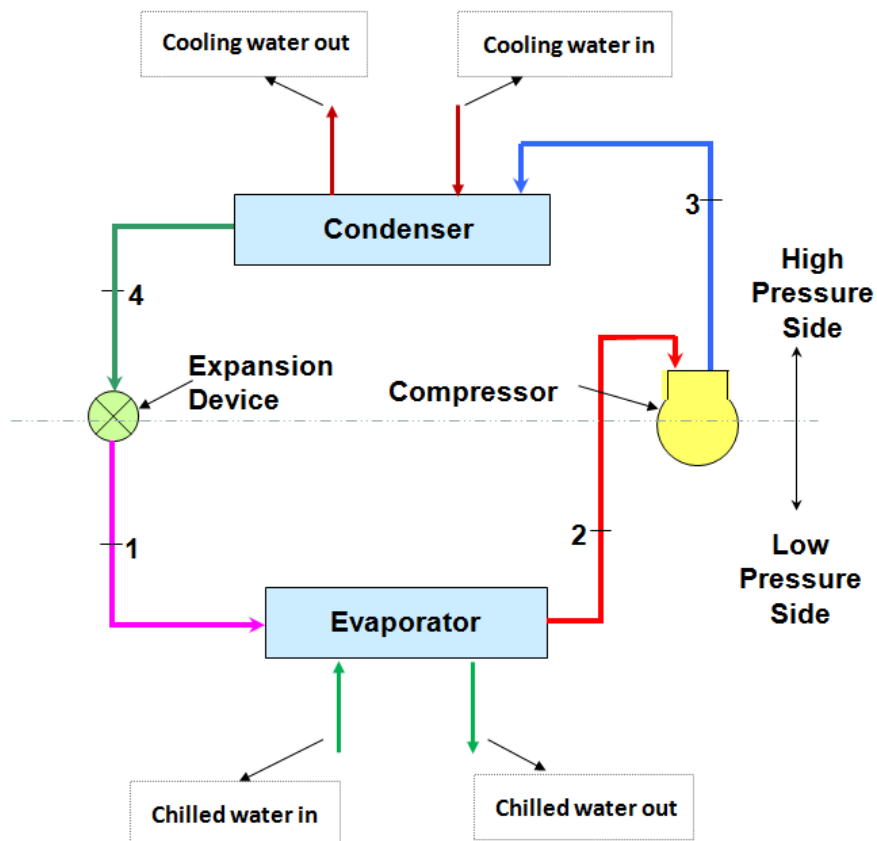
Külmaagens juhatakse aurustisse kus soojuse toimel eralduvad vesi ja absorbent. Vesi kondenseeritakse kondensaatoris ja juhatakse aurustisse. Aurustis on külmutusagens alandatud rõhul, mille juures hakkab vesi juba 4 °C juures keema. Aurustis piserdatakse külmaagensi vesi torude pinnale. Kuna torudes voolab jahutatud vesi temperatuuril 15-17 kraadi, siis torupinnale sattudes hakkab külmaagensi vesi keema ja viib kaasa soojust ja jahutades torude sees voolava vee temperatuuri.



Joonis 2.3 Absorber jahuti tööpõhimõte [7]

2.5 Chiller jahuti

Chiller on jahutusseade, mille töö põhineb aurude kokkusurumise jahutustsüklil. Chiller jahutit kasutatakse jahutusseadmena tipuvõimsuste katmisel suvel. Chiller koosneb kompressorist, kondensaatorist ja aurustist. Chiller jahuti on oma põhimõttelt sarnane soojuspumbale. Erinevus soojuspumbast seisneb kondensaatori jahutuse põhimõttes, kus kondensaatori jahutus toimub jahutusagensiga läbi jahutustornide.



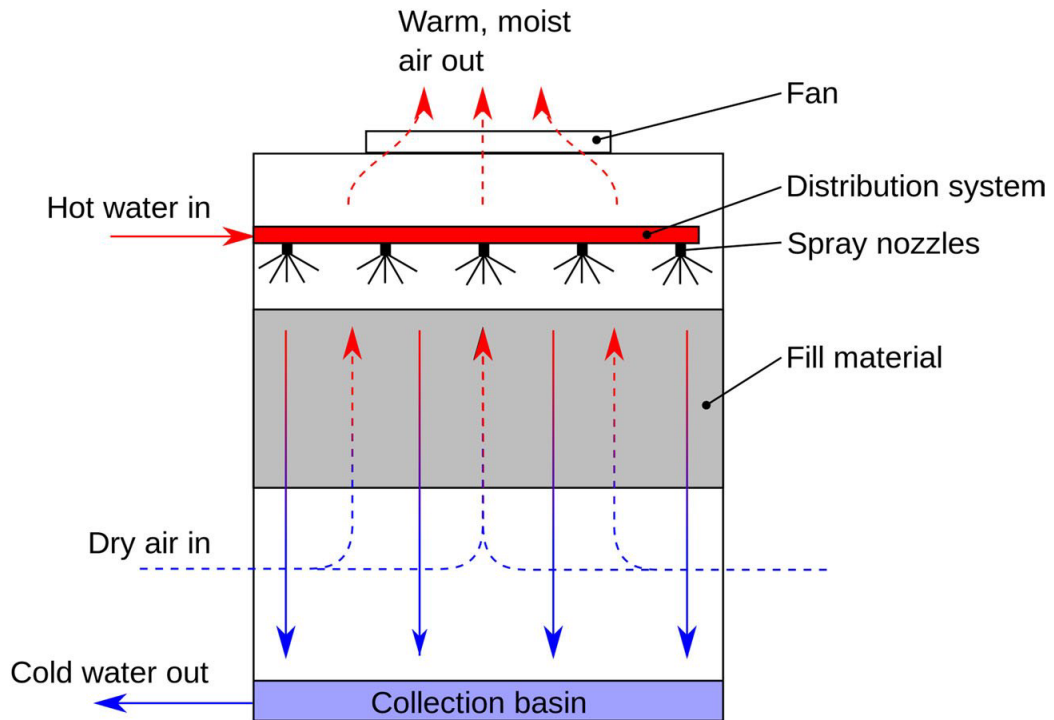
Joonis 2.4 Absorber jahuti tööpõhimõte [8]

2.6 Jahutustorn

Jahutustornide peamine eesmärk on eemaldada erinevatesse jahutussüsteemidesse akumulbeerunud soojus. Jahutustornid paigaldatakse hoone katustele, kus on piisavalt jahutusõhku ja ruumi.

Jahutustornide tööpõhimõte seisneb soojuse vahetusel. Kuum vesi voolab läbi soojusvaheti, mida väljastpoolt jahutatakse ventilaatorite abil külma õhuga. Parema jahutustulemuse saamiseks võib soojusvahetite välispinnale veel lisaks piserdada külma vett, mis aurustumisel võtab kaasa lisasoojust kuumalt veelt.

HOW COOLING TOWERS WORK



Joonis 2.5 Jahutustorni tööpõhimõte [9]

Jahutustorne on oma ehituselt erinevaid. On avatud kontuuriga jahutustorne (vt. Joonis 2.5.), kus vesi piserdatakse täitematerjalile, millest juhatakse läbi külm kuiv õhk mille tulemusena vee temperatuur langeb. Lahtise kontuuriga süsteemi puhul samuti osa jahutatavast veest protsessi käigus aurustub, sidudes endaga osa soojusest. Jahutatud vesi kogutakse seadme põhjast kokku ja suunatakse tarbijale. On olemas ka suletud süsteeme, kus jahutatav vesi juhatakse soojusvahetajasse, millest puhutakse läbi külm õhk. Suletud süsteemide puhul kasutatakse lisaks veel välist piserdussüsteemi, kus vesi piserdatakse soojusvahetaja välispinnale, kust see aurustudes võtab kaasa lisasoojust toru pinnalt ja niiviisi jahutab torudes voolavat jahutatavat vett.

Oma ehituse poolest sobivad lahtise süsteemiga jahutustornid sooja kliimaga piirkondadesse, kuna lahtine süsteem jahutab efektiivsemalt vett ja on tundlik miinustemperatuuride suhtes. Kinnine süsteem seevastu on sobilik põhjamaadesse, kuna töötab paremini miinustemperatuuridel.

2.7 Kaugjahutusjaama jahutusseadmete koosseis

Lähtudes peatükis 1 kirjeldatust, kus hindasin kaugjahutusjaama nominaalseks koguvõimsuseks 9,5 MW, ja oma tööalasest kogemusest, toon allpool välja võimaliku tehnoloogilise lahenduse koos eeldatavate jahutusvõimsustega. Tegu on ühe võimaliku perspektiivse lahendusega. Tegelik lahendus ja seadmete valik selgub tulevikus, kui kaugjahussüsteemi Rakveres kunagi perspektiivseks peetakse.

Seadmete võimsuste valikul lähtusin eeldustest, et all olevad seadmed kataksid ära mingi kindla osa vajalikust võimsusest. Antud protsendid on minu nägemus, mis ei oma seost mingite uuringutega.

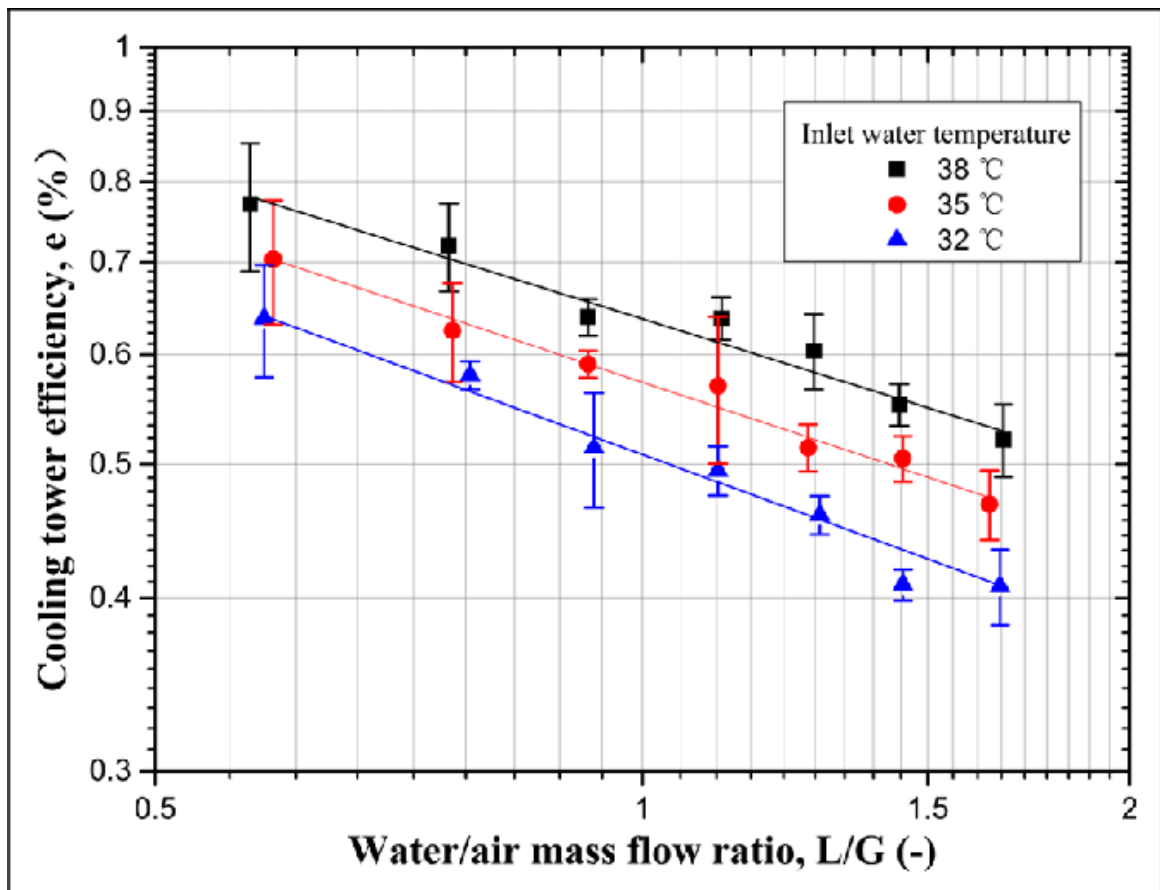
Kaugjahutusjaama põhiseadmete võimsused oleksid alljärgnevad:

- Plaatsoojusvahetaja (vabajahutus õhuga) – u. 15% koguvõimsusest e. 1,5 MW,
- Plaatsoojusvahetaja (vabajahutus veega) – vastavalt arvatud võimsusele e. 0,1 MW,
- Soojuspump – u. 5% koguvõimsusest e. 0,5 MW,
- Absorber jahuti – u. 73% koguvõimsusest e. 6,9 MW,
- Chiller jahuti – 21% koguvõimsusest e. 2,0 MW.

Kokku liites saame jahutusjaama koguvõimsuseks 11,0 MW, mis on 1,5 MW suurem kui nõutud koguvõimsus. Aga me peame arvestama, et suvisel ajal kui jahutusvajadus on kõige suurem, ei saa me kasutada vabajahutust õhuga, kuna suvised õhutemperatuurid ületavad 14 °C, mida peetakse maksimaalseks õhutemperatuuriks vabajahutusel, nagu sai eelnevalt märgitud.

Kaugjahutusjaama üheks oluliseks osaks on jahutustornid. Jahutustornide eemärgiks on eemaldada süsteemist vee jahutamisel akumulunud soojus. Jahutustorne vajavad om töös kõik seadmed, ka soojuspump, et tagada nõutud jahutusvõimsus.

Jahutustornide koguvõimsuse hindamisel tuleb võtta arvesse jahutustornide efektiivsust. Erinevates väljaannetes on antud erinevaid kasuteguri väärtusi, aga üldises pildis jäävad need 35 – 65% vahele. All oleval joonisel (vt. Joonis 2.6), võttes aluseks jahutustorni siseneva vee temperatuuri 32 °C, on kasutegur 40% ja 65% vahel, sõltuvalt vee/õhu /õhu vooluhulkade suhtest. Võttes nende keskväärtuse, saame keskmiseks kasuteguriks antud juhul 52,5%.



Joonis 2.6 Jahutustornide kasutegur sõltuvalt vee ja õhu massivooluhulkade suhtest ja temperatuurist [10]

Kasutades antud kasuteguri väärtust, saame arvutuslikuks jahutustornide vajalikuks koguvõimsuseks

$$Q = 9,5 \text{ MW} : 52,5\% = 18,1 \text{ MW}.$$

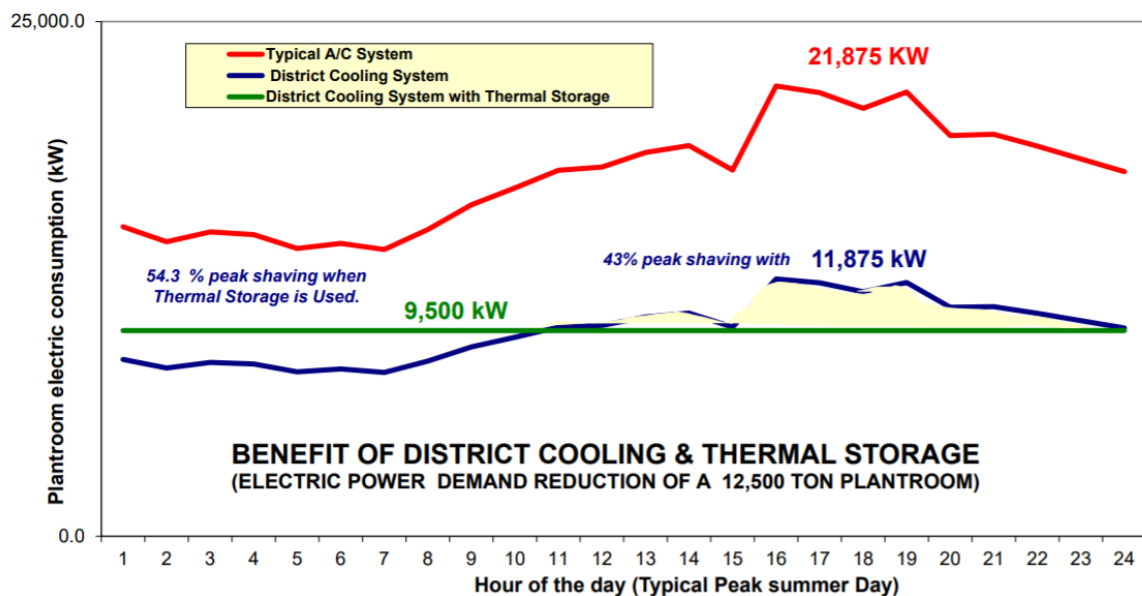
Tegelik jahutustornide vajalik koguvõimsus selgub projekteerimise käigus kui on teada kõik parameetrid ja planeeritavad seadmed koos tegelike kasuteguritega.

Kaugjahutusjaama sujuvamaks tööks ja võimsuse ühtlasemaks jaotamiseks ja reguleerimiseks on otstarbekas absorber jahutid ja jahutustornid koostada mitmest väiksemast seadmest. Sellest lähtudes oleks kaugjahutusjaama põhiseadmete nimekiri järgmine:

- Plaatsoojusvahetaja (vabajahutus õhuga) – 1,5 MW (1 tk),
- Plaatsoojusvahetaja (vabajahutus veega) 0,1 MW (1 tk),
- Soojuspump – 0,5 MW (1 tk),
- Absorber jahuti – 2,6 MW (2 tk),
- Absorber jahuti – 1,5 MW (1 tk),

- Absorber jahuti – 0,2 MW (1 tk),
- Chiller jahuti – 2,0 MW (1 tk),
- Jahutustorn – 3,1 MW (6 tk).

Ühe võimaliku variandina võib kasutada lisaks ka kaugjahutusjaamas akumulatsioonimahuti. See lahendus on efektiivne mitme põhjusel. Akumulatsiooni mahuti võimaldab meil salvestada jahutusenergiat mahutisse ajal, kui tarbimine on väiksem, näiteks öösel, mida saab siis hiljem kasutada suure tarbimise ajal päeval. Akumulatsioonimahuti võimaldab meil paremini ka ühtlustada jahutusenergia tootmist ööpäeva sees, mis tagab jaama ühtlasema ja sujuvama töö ning vähendada päevaseid tipukoormusi kuni 20% [11]. Lisaks annab akumulatsioonimahuti kasutamine majanduslikku efekti, kuna on võimaldab toota jahutusenergiat perioodidel, mil energia hinnad on odavamad. Akumulatsioonimahuti odavdab samuti kaugjahutusjaama maksumust keskmiselt 12% [11].



Joonis 2.7 Akumulatsioonimahuti eelised [11]

Oma töös ma antud lahendust arvesse ei ole võtnud, kuna akumulatsioonimahuti nõuab ruumi, mida hetkel AS Rakvere Soojus kesk-katlamaja territooriumil ei ole piisavalt. Samas ei saa välistada akumulatsiooni mahuti ehitust kaugjahutussüsteemile mõnes teises asukohas sama võrgu piirkonnas.

3. KAUGJAHUTUSE MAKSUMUS

Käesolevas peatükis vaatlen lähemalt kaugjahutuse rakendamise rahalist poolt. Hindan eraldi kaugjahutusvõrgu ehituse maksumust ja kaugjahutusjaama ehituse maksumust. Samuti käsitlen opereerimiskulusid, hindan tegelikku toodangu hulka ja hindan projekti tasuvust.

Kõik hinnad ja maksumused antud peatükis on antud ilma käibemaksuta.

3.1 Kaugjahutustrasside ehitusmaksumus

Kaugjahutustrassid on tavaliselt kõige kallim osa kaugjahutussüsteemist. Põhjuseid selleks on mitmeid. Kuna kaugjahutustrassiga edastatav energiahulk on oluliselt väiksem võrreldes sama läbimõõduga kaugküttetrassiga, siis on tavaliselt kaugjahutustrassid oluliselt suurema läbimõõduga, mis teeb nii materjalid kui ka ehituse kallimaks. Kaugjahutustrassid asuvad tavaliselt linnatänavate all, mis teeb nende ehituse keeruliseks ja kalliks, sest seal asub palju muid võrke, ehituse ajal on vaja tagada liikluskorraldus, peale ehitust tuleb taastada kallid asfaltkatted, jm mõjutavad tegurid.

Kaugjahutustrasside ehitusmaksumuse hindamise aluseks sai võetud juba eelnevalt käsitletud potentsiaalsete tarbijate nimekiri koos asukohtade ja vajalike jahutusvõimsustega (vt. LISA 1).

Kõik minu poolt hinnatud potentsiaalsed tarbijad sai kantud kaardile. Lisaks märkisin kaardile ka AS-I Rakvere Soojus keskkatlamaja, mida oma arvestuses kasutasin ka kaugjahutusjaama asukohana.

Peale tarbijate kandmist kaardile hindasin ja valisin potentsiaalsed trassikoridorid. Trassikoridoride valimisel sai lähtunud eeldusest, et kaugjahutustrassid asuksid valdavalt omavalitsuse maadel ja soovisin vältida eraomanduses olevaid kinnistuid. Seepärast kulgevad trassikoridorid ka piki kõnni- ja sõiduteid. Vastavalt nendele parameetritele ja eeldustele koostasid võrgukaardi (vt. Graafiline osa Skeem 1 ja Skeem 2), mille alusel oli edaspidi võimalik hinnata vajalikud torustiku parameetrid.

Torustiku parameetrite hindamiseks oli kõigepealt vaja määrata igale trassilõigule arvutuslik jahutuskoormus, lähtudes eelnevalt määratud tarbijate vajalikest

jahutusvõimsustest ja võrgu ehitusest. Jahutuskoormuste alusel määrasin igale lõigule antud koormusele vastava torustiku läbimõõdu.

KJV-i läbimõõtude hindamiseks võtsin aluseks Isoplus System A/S poolt koostatud kaugküttetrasside projekteerimisjuhendist Tabel 4.1 (kuup. 01.03.2006) (vt. Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Kaugküttetrasside soojuskoormuste tabel (Isoplus System A/S projekteerimisjuhend)

Typical outputs - steel pipes - single						
at 100 Pa/m (10 mm water column/m) and medium temp. of 80°C						
Carrier pipe		Velocity	Mass flow	Output at $\Delta t=30^{\circ}\text{C}$	Output at $\Delta t=40^{\circ}\text{C}$	Output at $\Delta t=50^{\circ}\text{C}$
DN	d outside mm	(m/s)	(m ³ /h)	(kW)	(kW)	(kW)
20	26,3	0,35	0,47	15,8	21,1	26,4
25	33,7	0,41	0,86	29,3	39,1	48,8
32	42,4	0,50	1,97	67,0	89,3	112,0
40	48,3	0,56	2,92	99,2	132,0	165,0
50	60,3	0,65	5,45	185,0	247,0	309,0
65	76,1	0,77	10,70	364,0	485,0	606,0
80	88,9	0,85	16,34	555,0	740,0	925,0
100	114,3	0,97	27,73	1106,0	1475,0	1843,0
125	139,7	1,15	57,00	1937,0	2583,0	3229,0
150	168,3	1,29	94,07	3197,0	4263,0	5329,0

Kuna Isoplus System A/S projekteerimisjuhendis on arvutuslik temperatuuride vahe pealevoolu ja tagasivoolu torus 30 °C aga kaugjahutusvõrgus on see maksimaalselt 10 °C, siis teisendasin antud väärtused endale sobivaks ning interpoleerisin endale kaugjahutusvõimsuste tabeli, eeldusel, et $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$ (vt. Tabel 3.2). Vedeliku voolamiskiirused torus ja massihulgad jätsin muutmata. Selle põhjal koostasid endale tabeli torustiku läbimõõtude hindamiseks vastavalt eeldatavale võimsusele. See meetod ei ole küll täpne, aga on antud juhul piisav trassi maksumuse hindamiseks.

Kindlasti on vaja arvesse võtta, et $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$ saavutamiseks võib tekkida raskusi. Enamus lokaalseid jahutussüsteeme on projekteeritud graafikule 7°/12° C seega 6°/16° ei pruugi olla teostatav.

Tabel 3.2 Kaugjahustrassi võimsus sõltuvalt läbimõõdust ($\Delta t=10^{\circ}\text{C}$)

Jrk nr	Läbimõõt (DN)	Võimsus (kW)
1	20	5,3
2	25	9,8
3	32	22,3
4	40	33,1

Tabel 3.2. järg.

Jrk nr	Läbimõõt (DN)	Võimsus (kW)
5	50	61,6
6	65	121
7	80	185
8	100	369
9	125	646
10	150	1 066
11	200	1 706
12	250	2 729
13	300	4 093
14	350	5 935
15	400	8 310

Lähtudes jahutuskoormuste tabelist, sai kõikidele trassilõikudele määratud toruläbimõõdud ja plaani pealt sai mõõdetud antud lõikudele pikkused. Kõik need tulemused sai koondatud 1 tabelisse (vt Lisa 4).

Järgnevas etapis koostasin kaugjahustrassi torumaterjalide nimekirja (vt. Lisa 5), kasutades selleks eelnevalt koostatud võrguskeemi ja välja arvutataud torude läbimõõte ja pikkusi. Materjalide nimekirja koostamisel sai kasutatud torumaterjalide valmistajate katalooge, põhiliselt LOGSTOR Denmark Holding ApS tootekataloogi. Torumaterjalide nimekirja koostamisel lugesin kokku kõik kaugjahustorude pikkused vastavalt läbimõõtudele, erinevad torupõlved kõikidele suunamuutustele, kolmikud hargnemistele, sulventiilid, isolatsioonimuhvid ja kõik muud põhimaterjalid, mis on vajaliku kaugjahustrassi ehituseks.

Ehitusmaksumuse hindamisel jagasin kogu protsessi erinevateks osadeks ja hindasin need eraldi.

3.1.1 Torumaterjalide maksumus

Torumaterjalide maksumuse hindamiseks sai aluseks võetud eelnevalt koostatud torumaterjalide spetsifikatsioon. Erinevate materjalide ühikhinnad sai määratud oma töös varasemalt küsitud hinnapakumiste alusel erinevatelt torumaterjalide tarnijatelt (nt. Logstor, Uponor, Isoplus). Vastavalt materjalide ühikhindadele määrasin torumaterjalide kogumaksumuse ning arvestasin juurde materjalide kao protsendi (5%) ning vajalikud käitlus- ja transpordikulud.

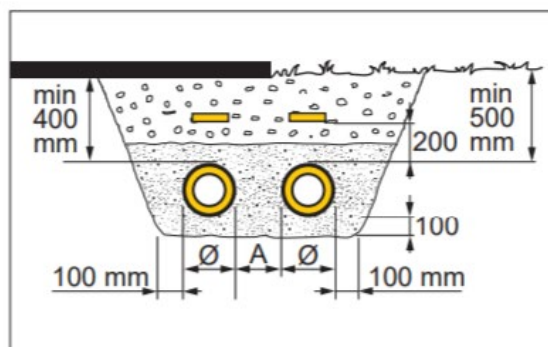
Antud metoodikat kasutades sain materjalide maksumuseks kokku 1'450'000.- €.

3.1.2 Kaevetööde maksumus

Kaevetööd linnatingimustes on on alati keerulised. Linnas on palju segavaid asjaolusid ja maa-alt võib välja tulla ootamatusi, mis põhjustavad töodes viivitusi või seisakuid. Kuna kaevetööde käigus kasutatakse palju rasketehnikat, tuleb siin pöörata erilist tähelepanu ka ohutusele. Kaevetööde hinda mõjutab ka liikluskorralduse maksumus, tagasitäidete kontrollid ja katsetused.

Käesolevas töös lähtusin kaevetööde hindamisel kaevetööde mahust. Kaevetööde maht sõltub kasutatavate torumaterjalide läbimõõtudest, torumaterjalide tootjate juhenditest, ning normidest ja standarditest. Oma arvutustest võtsin aluseks LOGSTOR Denmark Holding ApS paigaldusjuhendi ja sealt kaeviku tüüplõike.

It is recommended to have a minimum soil cover of 500 or 400 mm under the bottom of the road asphalt / concrete.



Joonis 3.1 Kaeviku tüüplõige [12]

Erinevus LOGSTOR Denmark Holding ApS-i poolt välja pakutud tüüplõikest seisneb paigaldussügavuses. Arvutustes eeldasin, et tegelikult paikneb torustik sügavamal kui 400 ... 500 mm ja võtsin arvestuslikuks sügavuseks toru pealt 1,5 meetrit. Suurema sügavuse tingivad paljud asjaolud, peamiselt aga fakt, et tegu on olemasolevate tänavatega, kus liigub peal raske transport nagu bussid ja veoautod, ning antud tänavate all on juba paigaldatud erinevad trassid, mis võivad tingida uute kaugajahutustrasside paigalduse suurematele sügavustele.

Vastavalt kaeviku tüüplõikele sai kõikidele torulõikudele välja arvatud kaevetööde mahud, sõltuvalt lõigu pikkustest ja torude läbimõõtudest ning need tulemused

summeeritud. Lähtuvalt kogemusest eelarvestajana hindasin ära, palju maksab 1 m³ kaevetöid ja selle abil arvutasin kogu kaevetööde maksumuse.

Lähtudes kaeviku tüüplõikest ja paigaldatava torustiku kaalutud keskmisest läbimõõdust (DN200), arvutasin välja kaeviku tüüpristlõike mahu ja kogu kaeve mahu:

$$V = L * S, (3.1)$$

Kus V – kaevetööde maht, m³,
 L – kaeviku pikkus, m,
 S – kaeviku ristlõike pindala, m².

$$V = 5'274 * 3,4 = 17'932 \text{ m}^3$$

Maksumuse arvutamisel võtsin kaevetööde hinnaks 55.- €/m³. Ühikhind on võetud veidi kallim, kuna Rakveres ja kogu põhja Eesti asub paeplaadil ja paekivi lõhkumine ja kaevandamine teeb kaevetööd kallimaks.

Antud meetodikat kasutades sain kaevetööde maksumuseks:

$$17'932 \text{ m}^3 * 55 \text{ €/m}^3 = 986'260.- \text{ €}.$$

3.1.3 Torustiku paigaldus maksumus

Torustiku paigalduse maksumuse arvutamiseks sai aluseks võetud samuti eelnevalt koostatud torumaterjalide nimekiri. Antud nimekirja alusel hindasin ära kõigepealt tööde kestvuse päevades ja antud tööks vajalike meeste arvu, mille alusel sai hinnata tööjõu kulu. Tööde kestvuse hindamisel arvestasin, et see sisaldaks torustiku paigaldus- ja keevitustöid, isolatsioonimuhvide paigaldust, torustiku mõõdistusi, keevisliidete kontrolle ja torustiku surveproovi.

Lisaks tööjõu kulule sai hinnatud ka kulud keevisliidete kontrolliks, kulud mehhanismidele torude transpordiks ja tõstmiseks, kulud töömaa sisseseadele, tööde juhtimisega seotud kulud ja kõik muud kulud, mis on vajalikud paigaldustööde teostamiseks.

Torustiku maksumuse hindamisel arvestasin, et 1 brigaad, milles on 3 meest, paigaldab 8-tunnise tööpäeva jooksul 10 jm trassi, saame kogu paigalduse ajaks:

5'274 jm / 10 jm * 3 meest * 8 tundi = 12'658 tundi.

Tunnihinnaks valisin 45.- €/h, mis sisaldab töötasu koos kõigi maksudega, paigalduseks vajalikke abi- ja kulumaterjale, tööriistade ja mehhanismide kulu, tööliste majutuse ja töömaa linnaku kulu, keevisliidete katsetuste kulu, kogu torustiku surveproovi kulu ning kõiki muid kulusid, mis on vajalik tööde teostamiseks.

Tunnihind jaguneb alljärgnevalt:

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| • Töötasu | 18.- €/h, |
| • Tööriistad ja kulumaterjalid | 6.- €/h, |
| • Tõstevahendid | 3.- €/h, |
| • Keevisliidete kontroll | 2.- €/h, |
| • Tööliste transport | 1.- €/h, |
| • Tööliste majutus | 1.50 €/h, |
| • Töömaa linnak | 0.50 €/h, |
| • Tööde juhtimine | 7.- €/h, |
| • Üldkulud ja kasum | 6.- €/h. |

Sellisel arvutades tuli paigalduse maksumuseks:

12'658 h * 45.- €/h = 569'610.- €.

3.1.4 Tänavakatete taastamise maksumus

Tänavakatete taastamise maksumuse hindamiseks arvestasin katete taastamise mahtu 2-kihilise asfaltkatte koos selle all asuva killustikalusega. Pealmiseks asfaltkatte kihiks valisin asfaltbetoonsegu AC 12 surf (tardkivist killustiku täitematerjaliga), paksusega 4 cm, ja alumiseks asfaltkatte kihiks valisin asfaltbetoonsegu AC 16 base, paksusega 5 cm. Asfaldikihtide aluse moodustab kiilutud killustikalus, paksusega 25 cm. Kuigi praegu ei ole täpselt teada, missugused on hetkel tegelikud katete tüübid Rakveres, siis antud tüüplahendus katab ära enamuse tänavate katete ristlõikeid ja on piisav antud juhul hinnangu andmiseks.

Katete taastamise ristlõike puhul valiku puhul sai lähtunud Eestis kehtivast standardist EVS 483:2016 „Linnatänavad“, Majandus- ja taristuministri määrusest nr. 101, vastu võetud 03.08.2015, „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ ja Maanteeameti poolt 2015 välja antud "Asfaldist katendikihtide ehitamise juhisele 2015".

Vastavalt antud dokumentidele sai võetud ka arvesse, et nii killustikalus, kui ka asfaltbetooni kihid peavad kõik omama üksteise suhtes ülekatet.

Tänavakatete taastamise maksumuse hindamisel sai konsulteeritud antud sektoris tegutsevate ettevõtetega, nagu Tallinna Teede AS ja Tee ja Tee OÜ. Vastavalt neilt saadud hinnainfole ja minu poolt välja arvatud katete mahtudele sai välja arvatud asfaltkatete taastamise maksumus, milleks tuli 1'360'000.- €.

3.1.5 Kaugjahutustrasside kogumaksumus

Peale kõikide osade läbiarvutamist saab kokku panna kaugjahutustrasside ehitusmaksumuse hinnangu, mis on koondatud all olevasse tabelisse (vt. Tabel 3.3.) Lisaks sai hinnale juurde arvestatud 10% igasugusteks ettenägematuteks kuludeks.

Tabel 3.3 Kaugjahutustrasside ehitusmaksumus

Nimetus	Maksumus (€)
Torumaterjalid	1'450'000.-
Kaevetööd	986'260.-
Torustiku paigaldus	569'610.-
Tänavakatete taastamine	1'360'000.-
Ettengematud kulud (10%)	436'590.-
KOKKU:	4'802'460.-

Oma väite kontrolliks teostas in ka kontrollarvutuse kasutades selleks analoogseid sisendeid aga teist meetodikat. Kontrollarvutustes kasutas in AS-s Scanweld kasutusel olevat ehitusmaksumuse ja hinnapakkumise koostamise meetodikat. Antud meetodika põhineb suure osas samadel jaotistel, käsitledes materjale, tööd, kaevamist, liikluskorraldust, kontrole, asfaltkatete taastamisi jm kulusid, aga läheneb hindadele palju detailsemalt ja põhjalikumalt (vt. LISA 6).

Kontrollarvutuste tulemusel sain kaugjahutustrasside maksumuse 4'900'000.- €.

Kuna esialgse lähenemise ja kontrollarvutuse tulemus olid praktiliselt samad (erinevus oli 2%), võib väita, et antud tulemu on piisavalt täpne edasiste arvutuste teostamiseks.

AS-i Rakvere Soojus külastuse käigus sai vesteldud ka hr. Artur Klimsoniga ka trassiehituse hindadest, kus hr. Klimson ütles, et kütetrasside ehituse pakkumise hinnad on viimasel ajal üle 700.- €/jm kohta. Teisendades minu poolt arvatud trasside hinna meetri peale saan tulemuseks:

4'802'460.- € / 5'274 jm = 911.- €/jm

Minu poolt arvatud trassi ühikhind on küll 30% suurem, kui hr. Klimsoni poolt mainitud küttrasside ehituste pakkumiste hinnad. Aga kui arvestada, et jahustrasside läbimõõt on suurusjärgus 60-70% suurem kui sama võimsusega küttrassid, siis väidan, et minu poolt saadud maksumus on adekvaatne ja õige.

3.2 Kaugjahutusjaama ehitusmaksumus

Oma töös arvestasin, et planeeritav kaugjahutusjaam ehitatakse AS-i Rakvere Soojus kinnistul, Lembitu tn 7, Rakvere asuvasse vanasse katlamajja. Katlamaja hoone on ise kaheosaline – loodepool asuvas madalamas osas asuvad katlad, võrgupumbad ja veetötlusosa. Kagupoolne kõrgem osa, mis on tähistatud punase ruuduga Joonisel 3.2, on enamuses tühi ja kasutatakse hetkel ladustuspaigana, mida saaks kasutada kaugjahutusjaamana. Antud hooneosa ehitusalune pind, mõõdetuna Maa-ameti kaardiserveris, on 388 m², mis on küll kitsas aga siiski võimaldab kasutada antud hoonet kaugjahutusjaamana. Samuti on võimalik antud hoone osa laiendada, ehitades juurde korruse ja tõstes katust kõrgemale. Võrdluseks võib tuua, et hetkel Tallinnas, Peterburi tee 32a, ehitataval AS Utilitas kaugjahutusjaamal on hoone ehitusalune pind 409,5 m², mõõdetuna Maa-ameti kaardiserveris.



Joonis 3.2 Katlamaja asukoha skeem [13]

Kaugjahutusjaama maksumust hindasin kaudsel meetodil, võtteks aluseks AS Fortum Tartu poolt ehitatud Aardla kaugjahutusjaama. Aardla kaugjahutusjaama nominaalne võimsus on 9,8 MW, millest on paigaldatud 5,4 MW [14], Seega on Aardla KJJ nominaalne võimsus vaid veidi suurem minu poolt arvatud Rakvere KJJ-i nominaalsest võimsusest (9,5 MW), ning sobib antud juhul võrdlushinnaks. Aardla KJJ-i ehitismaksumuseks oli 5,3 milj. € [15], mis sisaldas jaama maksumust ja 2,1 km kaugjahutustrassi.

Kõigepealt peame arvestama, et Aardla KJJ ehitati 2016-2017.a. Lähtudes statistikaameti andmetest on üldine ehitushinna koondindeks aastatel 2017-2021 tõusnud 15,3% ja 2022.a. esimeses kvartalis 4,6% [16]. Seega on kogu hinnatõus hetkel suurusjärgus 20%. Võttes arvesse ehitushinna indeksit oleks antud jaama ehitismaksumus 2022.a. 6'360'000.- €.

IA09: Ehitushinnaindeksi muutus võrreldes eelmise aastaga i

		2017	2018	2019	2020	2021
→ Vaatlusperiood		▲▼	▲▼	▲▼	▲▼	▲▼
→ Ressursigrupp	→ Indeks					
Kokku	Koondindeks	1.5	1.7	1.9	0.4	8.3

Tabel 3.4 Ehitushinna indeksi muutus [16]

Arvesse peab võtma ka, et Aardla KJJ-i tarvis ehitati uus hoone. Rakveres on võimalik kasutada olemasolevad hoonet, mida saab vajadusel laiendada ja renoveeride. Lihtsa metallkarkassiga ja sandwich paneelidega tööstushoone ehitismaksumus on alates 600.- €/m² [17]. Kuna Aardla kaugjahutusjaam on betoonist kandekonstruktsioonidega, siis võtame Aardla KJJ-i hoone ehitushinnaks veidi suurema väärtuse, e. 800.- €/m². Aardla kaugjahutusjaama ehitusalune pind, mõõdetuna Maa-ameti kaardiserveris, on 706 m², mis teeb antud hoone ehitismaksumuseks:

$$706 \text{ m}^2 * 800.- \text{ €/m}^2 = 564'800.- \text{ €}$$

Saadud tabeli põhjal saame koostada koondtabeli Aardla KJJ-i kohta:

Tabel 3.5 Aardla KJJ-i hinnanguline maksumus 2022

Aardla KJJ-i (5,4 MW) maksumus 2022				
Nimetus	Ühik	Kogus	Maksumus	Ühikhind
Trassid	jm	2100	1 470 000 €	700 €/jm
Tehnoloogia	kW	5400	4 325 200 €	801 €/kW
Hoone	m ²	706	564 800 €	800 €/m ²
Kokku			6 360 000 €	

Vastavalt Aardla KJJ-i ühikhindadele arvutasin välja Rakvere KJJ-i maksumuse. Kuigi eelnevalt sai eeldatud, et Rakvere KJJ-i ehitatakse olemasoleva katlamaja tühja ossa, siis jätsin hoone ehituse ruutmeetri hinna muutmata, kuna suure tõenäosusega ei vasta olemasoleva hoone arhitektuurne lahendus ja konstruktsioonid kaugjahutusjaama nõuetele ning vajavad täiendamist või ümberehitamist. Samuti ei lisanud ma Rakvere KJJ-i ehitismaksumuse tabelisse kaugjahustrasside maksumust, kuna see oli eelnevalt eraldi välja aevutatud. Saadud tulemused on kajastatud all olevas tabelis.

Tabel 3.6 Rakvere KJJ-i hinnanguline maksumus 2022

Rakvere KJJ-i (9,5 MW) maksumus 2022				
Nimetus	Ühik	Kogus	Maksumus	Ühikhind
Tehnoloogia	kW	9500	7 609 500 €	801 €/kW
Hoone	m ²	388	310 400 €	800 €/m ²
Kokku			7 919 900 €	

3.3 Eeldatav jahutusenergia hulk

Aastase jahutusvajaduse hindamisel võib lähtuda kas hoonetest või kogemustest. Antud juhul lähenesin jahutusvajaduse hindamisele naaberriikides kasutusel olevatest kaugjahutusjaamade koormustest ja toodangust.

Tabel 3.7 Kaugjahutuse koond neljas Läänemereäärse riigi pealinnas [18]

	Berlin	Copenhagen	Helsinki	Stockholm	Unit
Number of buildings	70	40	300	600	#
Network length	14	12	60	200	km
Connected load	44	18	170	350	MW
Cooling sources:	60	13	130	370	GWh
From DH to DC with heat pump		3	90	200	GWh
Free cooling		3	15	100	GWh
Absorption cooling	18	3	25	50	GWh
Compressor cooling	42	7		20	GWh

Lähtudes Tabelis 3.7. toodud väärtustest, saab arvutada nominaalsel koormusel töötava kaugjahutusjaama aastase töötundide arvu, milleks antud juhul tuleb: Berliin – 1363 tundi, Kopenhaagen – 722 tundi, Helsingi – 764 tundi ja Stockholm – 1057 tundi.

Kuna Stockholmis on kaugjahutuse vallas eesrinnas, siis hindan, et Rakveres võiks kaugjahutuse kasutamine jääda Kopenhaageni ja Helsingi suurusjärgude juurde. Seega võtan oma arvutustes aluseks 750 töötundi aastas.

Seega tuleb potentsiaalsete tarbijate summaarseks energiavajaduseks jahutusele
 $9,5 * 750 = 7'125 \text{ MWh/a}$

Võrdluseks võib välja tuua 2000-datel aastatel Dubais, Araabia Ühendemiraatides, ehitatud kaugjahutusjaama, mille nominaalsel koormusel töötavate tundide arv aastas on ainult 2000 tundi [19]. Seda hoolimata faktist, et Dubais on aasta keskmine temperatuur +29,7 °C [19], võrreldes Eesti +5 °C.

3.4 Kaugjahutuse tasuvusarvutus

Selles alalõigus hindan antud projekti majanduslikku tasuvust. Tasuvusnäitajate arvutamiseks võtan arvesse eelnevalt arvutatud kaugjahutusvõrgu ja -jaama maksumused. Lisaks arvestan ka opereerimis- ja hoolduskulusid ning investeringute finantseerimiskulud.

Tasuvusarvutuste koostamisel arvestasin, et nii trassid kui kaugjahutusjaam ehitatakse välja korraga kogu mahus. Tegelikult hakkaksid potentsiaalsed tarbijad liituma kaugjahutusega alles pealse lokaalsete jahutusseadmete eluea lõppu, kui tekib vajadus uue lahenduse järele. Selle tõttu ei oleks koheselt vaja kaugjahutustrasse ja -jaama välja ehitada, vaid võiks teostada ka etappide kaupa. Selline lähenemine aga muudaks kogu investeringu summaarselt kallimaks, tingituna inflatsioonist ja üldisest hinnatõusust, pikendaks tasuvusaega ja muudaks esimeste liitujatele hinnad suhteliselt kallimaks, kui hiljem liitunutele.

Tasuvuse arvutamisel lähtun erinevatest stsenaariumitest:

- Mis lokaalse jahutuse ja kaugjahutuse elutsükli kulud 40 aasta peale?
- Mis oleks kaugjahutuse lihttasuvusaeg võrrelduna lokaalse jahutusega?
- Mis oleks kaugjahutuse tasuvusnäitajad IRR ja NPV võrreldes lokaalse jahutusega?

- Mis oleks jahutusenergia maksumus kaugjahutuse puhul jagatuna 40 aasta peale?

Tasuvusarvutuste teostamiseks määrasin mõned eeldused:

Kaugjahutustrasside eluiga 40 aastat

Kaugjahutusjaama seadmete eluiga on 20 aastat

Lokaalsete kaugjahutusseadmete eluiga on 15 aastat

3.4.1 Kaugjahutuse opereerimis- ja hoolduskulud

Tänavakatete taastamise maksumuse hindamiseks arvestasin katete taastamise mahtu Tasuvusarvutuste tegemiseks on vaja lisaks ehituskuludele arvestada ka opereerimis- ja hoolduskuludega (edaspidi O&M), millest peamine on elektrienergia kulu.

Kaugjahutuse tootmiseks vajaliku elektrienergia määramisel valisin kaugjahutusjaama EER-i väärtuseks 3,85 [20].

7'125 MWh jahutusenergia tootmiseks kuluks $7'125 / 3,85 = 1'850$ MWh elektrienergiat.

Elektrienergia maksumuse määramiseks vaatasin Nordic Pool elektribörsi hinda Eesti piirkonnas (vt. Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Nord Pool kuu keskmine hind Eesti hinnapiirkonnas [21]

EUR/MWh			
	2022	2021	2020
Jan	141,74	53,55	
Feb	104,63	59,15	
Mar	151,23	43,55	
Apr	100,66	43,60	
May	-	48,42	
Jun	-	71,68	
Jul	-	83,78	
Aug	-	87,03	
Sep	-	122,40	
Oct	-	105,61	
Nov	-	116,78	
Dec	-	202,65	45,49
	2022	2021	2020

Antud tabelist selgub, et 2021.a. oli keskmine börsihind 86,52 €/MWh, 2022.a. esimese neljal kuul oli keskmine hind 124,57 €/MW ja viimase 12 jooksva kuu keskmine hind oli 111,40 €/MWh. Võib väita, et elektri hinnad püsivad jätkuvalt kõrgel ning nende odvnemist antud olukorras ei pea ma tõenäoliseks. Nendele andmetele tuginedes, võttes arvesse ka võrgutasusid ja aktsiise, hindasin tasuvusarvestuses elektri maksumuseks 150 €/MWh. Sellise väärtuse juures saame elektrienergia kuluks aastas $1'850 * 150 = 277'500.-$ €/a.

Personalikulu arvesse arvutustes ei võtnud, kuna kaugjahutusjaama opereeriks sama personal, mis katlamaja. Hoolduskuluks valisin 8.- €/MWh [22], mis sisaldab ka kulu tarbija juurde paigaldatava soojusvahetaja paigalduseks ja hoolduseks, saades aastaseks hoolduskuluks kaugjahutuse korral $7'125 * 8 = 57'000.-$ €.

Seega sain kaugjahutussüsteemi aastaseks O&M kuluks 334'500.- €.

3.4.2 Lokaalsete jahutussüsteemi maksumus

Tasuvusarvutuse tegemiseks on vaja teada ka kohalike jahutuslahenduste paigaldusmaksumust ja nende käituskulusid.

Lokaalsete jahutusseadmete keskmine maksumus, sõltuvalt hoone suurusest ja jahutustsoonide arvust, on suurusjärgus 7,5 – 10,5 \$/ft² [23], e. 76,7 – 107,4 €/m², mis teeb keskmiseks väärtuseks 92,1 €/m². Arvestades, et seadmete maksumus on Eestis ja USA-s analoogne, samas on tööjõu keskmine maksumus väiksem, seega võtan arvutustes aluseks 80 €/m². Arvestades kogu arvestustes aluseks võetud hoonete pindalaga, siis saame lokaalsete jahutusseadmete maksumuseks $82'400 * 80 = 6'592'000.-$ €.

Lokaalsete jahutusseadmete poolt jahutuseks vajalike energiahulga arvutamisel valisin EER-i väärtuseks 1,9 [24]. Seega on 7'125 MWh jahutusenergia tootmiseks vaja kulutada $7'125 : 1,9 = 3'750$ MWh elektrit aastas. Korrutades selle valitud elektri hinnaga 150 €/MWh, saan aastaseks elektrikuluks lokaalsete seadmete puhul $3'750 * 150 = 562'500.-$ €

Lokaalsete jahutusseadmete aastaseks hoolduskuludeks hindasin 5.- €/MWh [22], mille alusel tuleb aastaseks hoolduskuludeks $7'125 * 5 = 35'625.-$ aastas.

Kokkuvõtval tuli lokaalsete jahutusseadmete O&M kuluks $562'500 + 35'625 = 598'125.-$ € aastas.

3.4.3 Lokaalse- ja kaugjahutuse maksumuse võrdlus

Otstarbekuse hindamiseks võrdlesin kõigepealt kulutusi 40 aasta kohta nii lokaalse- kui kaugjahutuse korral, mille baasil koostasid all olevad tabelid.

Tabel 3.9 Kogukulu lokaalsete jahutusseadmete puhul 40 a. perioodi jooksul (Lokaalsete jahutusseadmete eeldatav eluiga 15 aastat [25])

Nimetus	Ühik	Kogus	Lokaalne jahutus	
			Ü.hind	Maksumus
Investeering (seadmed)	kpl	3	6 592 000	19 776 000
Investeering (hoone)	kpl	1		-
Investeering (trassid)	kpl	1		-
O&M kulud	aasta	40	598 125	23 925 000
Ettevõtte üldkulud ja kasum	%	15%		-
KOKKU				43 701 000
Toodang 40 aasta peale	MWh	285 000		
Jahutusenergia ühikhind	€/MWh			153,3

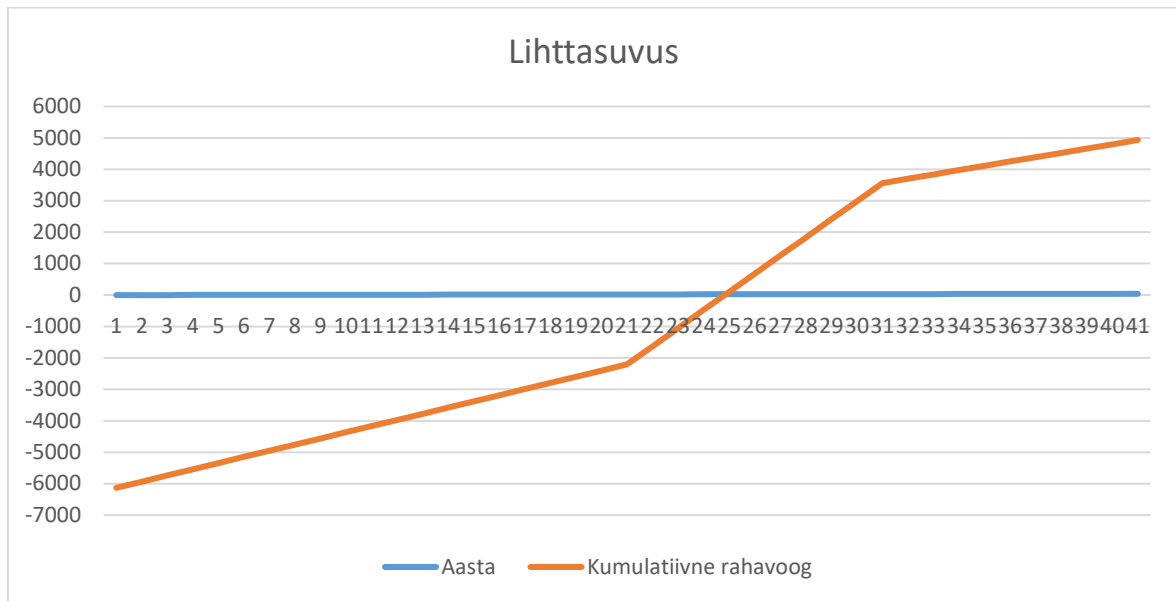
Tabel 3.10 Kogukulu kaugjahutuse puhul 40 a. perioodi jooksul (Kaugjahutuse seadmete eeldatav eluiga 20 aastat [25])

Nimetus	Ühik	Kogus	Kaugjahutus	
			Ü.hind	Maksumus
Investeering (seadmed)	kpl	2	7 609 500	15 219 000
Investeering (hoone)	kpl	1	310 400	310 400
Investeering (trassid)	kpl	1	4 802 460	4 802 460
O&M kulud	aasta	40	334 500	13 380 000
Ettevõtte üldkulud ja kasum	%	15%	33 711 860	5 056 779
KOKKU				38 768 639
Toodang 40 aasta peale	MWh	285 000		
Jahutusenergia ühikhind	€/MWh			136,0

Antud andmetest selgub, et lokaalsete jahutusseadmete puhul on üldkulu 40 aastase kasutusperioodi jooksul ~13% suurem, võrreldes kaugjahutusega. Lokaalsete seadmete puhul on küll algne investeering oluliselt väiksem kui kaugjahutusel, aga arvestades, et lokaalsete seadmete oodatav eluiga on lühem ja nende opereerimiskulud on suuremad, saame tulemuseks, et kogukulu on kaugjahutuse puhul väiksem. Isegi

kui kaugjahutuse maksumuse sisse arvestada operaator ettevõtte eeldatavad üldkulud ja kasum.

Võrreldes kaugjahutuse maksumust lokaalse jahutuse maksumusega, sain lihttasuvusaegsaks 24 aastat, mis on liiga pikk tasuvusaeg. Ka on antud lahenduse IRR liiga väike ja NPV oleks 10% eeldatava tulunormi juures lausa negatiivne.



Graafik 3.10 Lihttasuvusaeg

Tabel 3.11 Lihttasuvuse hindamine

TASUVUSE HINDAMINE		
Lihttasuvusaeg, alla	24	aastat
IRR	3%	
NPV	-3'531,54	Tuhat EUR
Eeldatud tulunorm	10%	

Tabel 3.12 Lihttasuvuse arvutus

Aasta	Lokaalne jahutus (TUH EUR)			Kaugjahutus (TUH EUR)				Rahavoog (TUH EUR)	Kumulatiivne rahavoog (TUH EUR)
	Inves-teering	Seadmete amortisatsioon	O&M kulud	Inves-teering	Seadmete amortisatsioon	O&M kulud	Üldkulud ja kasum		
0	6 592,0			12 722,4				-6 130,4	-6 130,4
1		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-5 934,1
2		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-5 737,9
3		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-5 541,7
4		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-5 345,4
5		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-5 149,2
6		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-4 953,0
7		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-4 756,7
8		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-4 560,5
9		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-4 364,3
10		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-4 168,1
11		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-3 971,8
12		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-3 775,6
13		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-3 579,4
14		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-3 383,1
15		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-3 186,9
16		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-2 990,7
17		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-2 794,4
18		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-2 598,2
19		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-2 402,0
20		439,5	598,1		380,5	334,5	126,4	196,2	-2 205,7
21		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	-1 629,0
22		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	-1 052,3
23		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	-475,6
24		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	101,1
25		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	677,8
26		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	1 254,5
27		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	1 831,2
28		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	2 407,9
29		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	2 984,6
30		439,5	598,1			334,5	126,4	576,7	3 561,3
31			598,1			334,5	126,4	137,2	3 698,5
32			598,1			334,5	126,4	137,2	3 835,7
33			598,1			334,5	126,4	137,2	3 972,9
34			598,1			334,5	126,4	137,2	4 110,1
35			598,1			334,5	126,4	137,2	4 247,3
36			598,1			334,5	126,4	137,2	4 384,5
37			598,1			334,5	126,4	137,2	4 521,7
38			598,1			334,5	126,4	137,2	4 658,9
39			598,1			334,5	126,4	137,2	4 796,2
40			598,1			334,5	126,4	137,2	4 933,4

Lisaks kui võrrelda Rakvere perspektiivse kaugjahutuse maksumust kaugjahutuse maksumusega Norras, peab tõdema, et kaugjahutus oleks Rakveres ~37% kallim võrrelduna kaugjahutuse maksumusega Norras 2020.a. Norras müüdi 2020.a. kaugjahutust 192 GWh ja müügimaht oli 192'965'000 NOK [26]. Võttes NOK vahetuskursiks 1 NOK = 0,098 €, teeb see kaugjahutuse maksumuseks: $(192'965'000 / 192'000) * 0,098 = 98,5 \text{ €/MWh}$. Rakvere puhul sain kaugjahutuse maksumuseks 136,7 €/MWh (vt. Tabel 3.10).

Tabel 3.13 Kaugjahutuse käive Norras (1000 NOK) [26]

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sales incomes district cooling (taxes excluded) (NOK 1 000)	109 007	139 442	144 178	149 231	171 609	170 228	201 307	192 470	192 965

Tabel 3.14 Kaugjahutuse tarbimine Norras (GWh) [26]

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
District cooling consumption	46	53	63	73	84	99	115	120	136	133	156	169	169	182	173	222	192	192
<																		
>																		

KOKKUVÕTE

Kaugjahutus on loodussõbralik ja efektiivne viis hoonete jahutamiseks, mida on mõistlik kasutada linnades. Käesoleva tööga vaatlesin kaugjahutuse arendamise potentsiaali Rakvere linnas.

Kaugjahutuse potentsiaali hindamiseks on vaja kaardistada potentsiaalsed tarbijad. Tarbijad sai määratud 1,2 km raadiuses eeldatava kaugjahutusjaama asukohast. Peale tarbijate kaardistamist, määrasin nende hoonete köetavad pinnad, kasutades selleks EHR-i andmebaasi ja vastavalt pindaladele eeldatav tarbimiskoormus. Saadud andmete baasil koostas kaugjahutustrasside võrgukaardi, võttes arvesse Rakvere linna tänavavõrku. Lähtuvalt koostatud võrgukaardist, arvutasin kõikidele lõikudele jahutuskoormused ja läbimõõdud, mis olid aluseks edaspidisteks ehitusmaksumuste arvutusteks.

Töö koostamise käigus vestlesin ka AS-i Rakvere Soojus võrgujuhi, hr. Artur Klimsoniga, kes tutvustas hetkeolukorda kaugkütte vallas ja hindas perspektiive kaugjahutuse vallas.

Samuti sai potentsiaalsetele tarbijatele saadetud väike küsimustik, et hinnata kaugjahutuse perspektiivi tarbija poolt vaadatuna.

Peale potentsiaalsete tarbijate hindamist käisin läbi võimalikud kaugjahutuse tootmise allikad Rakveres. Kuna Rakveres ei ole piisava potentsiaaliga looduslike veekogusid, siis on vaja seal jahutusenergiat toota muudest allikatest, kasutades vabajahutust õhuga, soojuspumpasid, absorber jahuteid ja chiller jahuteid. Kõiki neid sai vaadeldud eraldi ja hinnatud nende potentsiaali, mille baasil koostas kaugjahutusjaama võimalike jahutusseadmete koosseisu.

Projekti maksumuste ja tasuvuse arvutamist alustasin kaugjahutustrasside ehitusmaksumuse arvutamisega. Selleks kasutasin kahte lähenemist – esiteks hindasin maksumuse kaudsel meetodil ja kontrolliks arvutasin maksumuse vastavalt AS-s Scanweld kasutuses olevale eelarvestuse metoodikale. Kaugjahutusjaama maksumuse arvutasin kaudsel meetodil, võtteks aluseks Aardla kaugjahutusjaama maksumuse ja võimsuse. Tasuvuse arvutamiseks on vajalik teada ka eeldatav jahutusenergia hulk, mille arvutamisel sai lähtutud naaberriikide kogemustest, ning arvutasin eeldatavad käidu ja hoolduskulud kaugjahutusele. Kaugjahutuse hinna võrdlemiseks hindasin ka jahutuse maksumust lokaalsete seadmete baasil. Tasuvuse hindamiseks võrdlesin nii

lokaalse jahutuse kui kaugjahutuse kogumaksumust 40.a. eluea jooksul, lisaks hindasin kaugjahutuse lihttasuvust võrreldes lokaalse jahutusega ja lõpuks võrdlesin Rakvere eeldatavat kaugjahutuse MWh maksumust kaugjahutuse maksumusega Norras.

Käesoleva uurimuse käigus selgus, et kahjuks puudub minu poolt püstitatud lahenduse korral, kus on üks tsentraalne kaugjahutusjaam, potentsiaal. Kuigi lokaalse jahutuse elutsükli kulud on ~10% suuremad kui kaugjahutusel, on kaugjahutuse lihttasuvus võrreldes lokaalse jahutusega 25 aastat, mis on minu hinnangul liiga pikk aeg. Samuti on muud tasuvusnäitajaid (IRR ja NPV) halvad. Võrreldes Rakvere eeldatavat kaugjahutuse MWh maksumust potentsiaalsete tarbijate ootustega või ka kaugjahutuse maksumusega naaberriikides, antud juhul Norras, peab tõdema, et antud juhul oleks eeldatav MWh hind oluliselt kõrgem. Selle põhjuseks on potentsiaalsete tarbijate liiga väikesed tarbimised ja suured omavahelised kaugused.

Et kaugjahutusel oleks Rakveres potentsiaali peaks kaaluma, nii riigi kui omavalitsuse poolt, järgnevaid meetmeid. Kas siis üksikult või kombineerides:

- Selgitus- ja teavitustöö – vaja propageerida, et kaugjahutus on keskkonnasõbralik, mis vähendab inimese jalajälge keskkonnas ja vähendab hoonete elektrilist tiputarbimist,
- Toetusmeetmed – propageerida kaugjahutust läbi erinevate toetusmeetmete (Kredex, KIK jne), kas siis liitumisel või üleminekul kaugjahutusele,
- Seadusandlus – seadusandlike meetmete abil suunata inimesi kasutama kaugjahutust, kehtestades näiteks analoogselt kaugküttele ka kaugjahutuspiirkonnad, kuna see on keskkonnasõbralik ja mõjub visuaalselt hästi linna arhitektuurile,
- Lokaalsed jahutusvõrgud – planeerida ja ehitada väikseid lokaalseid jahutusjaam, mis varustavad paari ümbritsevat hoonet jahutusenergiaga, vähendades sellega oluliselt kulusid kaugjahutustrasside ehituseks.

Käesolevas töös ei ole võetud arvesse asjaolu, et aastast aastasse hoonete energiatõhusus aina suureneb, mille tagajärjel vähenevad ka antud hoonete jahutusvajadused. Selle mõju hindamist ja uurimist oleks vaja eraldi vaadelda ja uurida.

SUMMARY

District cooling is an environmentally friendly and efficient way to cool buildings that is sensible to use in cities. With this work I looked at the potential for developing district cooling in Rakvere.

In order to assess the potential of district cooling, it is necessary to map potential consumers. Consumers were assigned a radius of 1.2 km from the expected district cooling plant location. After mapping the consumers, I determined the heated areas of these buildings using the EHR database and the expected consumption load according to the areas. Based on the obtained data, I compiled a network map of district cooling routes, taking into account the street network of the city of Rakvere. Based on the prepared network map, I calculated the cooling loads and diameters for all sections, which were the basis for further construction cost calculations.

During the preparation of the work, I also talked to the network manager of AS Rakvere Soojus, Mr. With Artur Klimson, who introduced the current situation in the field of district heating and evaluate the perspectives in the field of district cooling.

A small questionnaire was also sent to potential consumers to assess the perspective of district cooling from a consumer perspective.

After evaluating the potential consumers, I went through the possible sources of district cooling production in Rakvere. As the Rakvere does not have natural water energy with sufficient potential, it is necessary to produce cooling energy from other sources using free air cooling, heat pumps, absorber coolers and chiller coolers. All of them were examined separately and their potential was assessed, on the basis of which I compiled the possible cooling equipment of the district cooling station.

I started calculating the costs and profitability of the project by calculating the construction cost of the district cooling pipelines. For this purpose, I used two approaches - first, I estimated the cost using the indirect method and for control I calculated the cost according to the budgeting methodology used in AS Scanweld. I calculated the cost of the district cooling plant using an indirect method, based on the cost and capacity of the Aardla district cooling plant. In order to calculate profitability, it is also necessary to know the expected amount of cooling energy, which was calculated based on the experience of neighboring countries, and I calculated the expected operating and maintenance costs for district cooling. To compare the price of

district cooling, I also estimated the cost of cooling based on local equipment. To assess profitability, I first compared the total cost of both local cooling and district cooling during the 40 years lifetime. In addition, I evaluated the profitability of district cooling compared to local cooling and finally compared the expected cost of MWh for district cooling with the cost of district cooling in Norway.

In the course of the present study, it has become clear that, unfortunately, there is no potential for the solution I have put forward, which has one central district cooling plant. Although the life cycle cost of local cooling is $\sim 10\%$ higher than district cooling, the cost-effectiveness of district cooling is 25 years compared to local cooling, which I think is too long. Other profitability indicators (IRR and NPV) are also poor. Comparing the expected cost of MWh of district cooling in Rakvere with the expectations of potential consumers or also the cost of district cooling in neighboring countries, in this case Norway, it must be admitted that in this case the expected price of MWh would be significantly higher. Reasons for that are too small consumption and long distances between potential consumers.

In order for district cooling to have potential in Rakvere, the following measures should be considered, both by the state and the local government. Either individually or in combination:

- Explanation and communication - it is necessary to promote that district cooling is environmentally friendly, which reduces the human footprint in the environment and reduces the peak electricity consumption of buildings,
- Support measures - to promote district cooling through various support measures (Kredex, EIC, etc.), either upon accession or transition to district cooling,
- Legislation – through legislative measures to encourage people to use district cooling, for example by introducing district cooling areas in the same way as district heating, as it is environmentally friendly and has a good effect on the city's architecture.,
- Local cooling networks - plan and build small local cooling plants that supply cooling energy to a few surrounding buildings, significantly reducing the cost of building district cooling lines.

The present work does not take into account the fact that the energy efficiency of buildings is increasing from year to year, as a result of which the cooling needs of these buildings are also reduced. The assessment and study of this impact should be considered and examined separately.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Maaameti geoportaal
<https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>
- [2] Jahutus – Terviklik lähenemine energiatõhusale planeerimisele ja ehitamisele. Siim Link. Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika instituut, 2012.
- [3] Ülevaade Eesti geotermilisest potentsiaalist. Ülevaade maasoojusenergia rakendamisvõimalustest ja vajalikest uuringutest. Alvar Soesoo. Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut 2012.
- [4] Jahutuse põhitõed. U. Saksakulm. EKVÜ seminar, 18.03.2014.
- [5] High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials. Cordin Arpagaus, Frédéric Bless, Michael Uhlmann, Jürg Schiffmann, Stefan S.Bertscha.
- [6] Kuidas töötab soojuspump?
<https://kliimajaam.ee/kuidas-tootab-soojuspump/>
- [7] Basic operation of how an Absorption chiller works. Paul Evans. 2017.
- [8] <https://instrumentationtools.com/hvac-water-chillers-principle/>
- [9] <https://www.coolingtowerproducts.com/blog/how-cooling-towers-work-diagram-pictures-2015.htm>
- [10] Experimental investigation of the heat and mass transfer phenomena in a counterflow wet cooling tower with foam ceramic packing. Qing Jie Kong, Xue Yi Zhao, De Qiang Xie, Ben Zhang and Pei Wang
- [11] District Cooling. Sustainable Design. George Berbari, CEO of DC PRO Engineering 2016.
- [12] Kingspan-Logstor handling and installation manual user installation guide.
- [13] <https://www.regio.ee>
- [14] District cooling, Tartu experience. Margo Külaots. Fortum Estonia, 39th Euroheat & Power Congress, Nantes, 2019.
- [15] <https://news.err.ee/118626/fortum-to-build-second-district-cooling-plant-in-tartu-for-5-3-million>
- [16] Statistikaamet
<https://www.stat.ee/et>
- [17] <http://www.hild.ee/votmed-katte/toostus-ja-laohooned/>
- [18] Best Practice Sharing Municipal Energy Integration, Booklet 3 - District Cooling. BASREC, July 2015.
- [19] Demand-Response Management of a District Cooling Plant of a Mixed Use City Development. Segu Madar Mohamed Rifai.

- [20] Performance analysis of a district cooling system based on operation data. Xueqin Wua, Zhenqian Chen. School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing, 210096, China, 22 oktober 2017.
- [21] <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Monthly/?dd=EE&view=table>.
- [22] Energy, cost, and environmental analysis of individuals and district cooling systems for a new residential city. Ali Alajmi, Mohamed Zedan, Mechanical Engineering Dept., College of Technological Studies, PAAET, Kuwait.
- [23] How Much Does A Commercial Air Conditioning Unit Cost? The Cooling Company, February 6, 2020.
- [24] Measurements of individual chiller systems compared to district cooling solutions. Johannes Jungbauer, Euroheat & Power; David Serrano Garcia, Districlima; Alexander Wallisch, Fernwärme Wien; Pär Dalin, Capital Cooling; Damien Terouanne, Climespace; Niko Wirgentius, Helsinki Energy. 2011.
- [25] Equipment Life Expectancy chart. ASHARE
- [26] Norra statistikaamet
<https://www.ssb.no/en/statbank/list/fjernvarme>

LISAD

Lisa 1 Potentsiaalsed tarbijate nimekiri

Pos.	Tarbija nimetus	Köetav pindala	Erikoor- mus	Vajalik võimsus
		m ²	W/m ²	MW
1.	Rakvere Maxima X, Tallinna 11	1 523,5	95	0,14
2.	Aqva Hotel ja Spa, Parkali 4	5 170,0	95	0,49
3.	Rakvere Spordikeskus, Kastani pst 12	5 251,7	125	0,66
4.	Aqva Spordikeskus, Kastani pst 16	4 972,7	125	0,62
5.	Rakvere Põhikool, Tartu 2	2 510,4	95	0,24
6.	Rakvere Gümnaasium, Vabaduse 1	4 184,5	95	0,40
7.	Rakvere Reaalgümnaasium, Võidu 67	8 611,6	95	0,82
8.	Rakvere Ametikool, Piiri 8	12 156,6	95	1,15
9.	Rakvere Haigla, Lõuna põik 1	12 968,8	95	1,23
10.	Kroonikeskus, Ferdinand Gustav Adoffi 11	8 855,3	95	0,84
11.	Turu Kaubamaja, Laada 16	2 908,7	95	0,28
12.	Rakvere Bussijaam, Laada 18a	229,6	95	0,02
13.	Rakvere Rimi, Ed. Vilde 8	833,9	95	0,08
14.	Ehituse ABC Rakvere, Võidu 93	2 810,0	95	0,27
15.	Rakvere linnavalitsus, Lai tn 20	3 931,6	95	0,37
16.	Tsentrum ostukeskus, Lai tn 21	4 800,0	95	0,46
17.	Luminor kontor, Turu plats 3*	680,7	95	0,06
			KOKKU:	8,13

Lisa 2 Küsimustiku ankeet

Pos.nr.	Küsimus	Vastus
1.	Kas Te teate, mis on kaugjahutus?	
2.	Kuidas on Teil praegu lahendatud hoone jahutus suveperioodil?	
3.	Kui Teie hoones on jahutus lahendatud kohalike konditsioneeride abil, siis millal on need paigaldatud?	
4.	Mis on Teie eeldatav jahutustarbimine praegu?	
5.	Mis temperatuuriga kaugjahutusvett oleks Teil vaja?	
6.	Kas Te oleksite huvitatud liituma kaugjahutusvõrguga tulevikus kui antud võrk Rakvere linnas ehitatakse	
7.	Mis võiks olla Teie arvates eeldatav kaugjahutuse maksumus (€/MWh), et Te kaaluksite selle kasutamist?	
8.	Mis on Teie arvates kõige olulisem kriteerium kaugjahutusega liitumise puhul?	

Lisa 3 Puurkaevude passide koopiad

Hüdrogeoloogiline seletuskiri
Rakvere tsentraalkatlamaaja

I puurkaevu kohta

Üldandmed

Puurkaev on puuritud PM Ehitus-Montaaživalitsuse puurimisbrigaadi poolt puurmeister
Mesbach, K. jahtimisel rootor-puuragregaadiga **YP6-2A**
ajavahemikus **23. juuli - 5. aug. 1968. a.**

Kaevu asukoht **Rakvere linnas, Mitsurini, Tuloviku, Lembitu**
tänavate ja Rägavere tee vahelisel maa-alal.

Koha geograafilised koordinaadid **59°21' põhjalaiust ja**
26°21' idapikkust

Maapinna absoluutne kõrgus puurkaevu asukohal **~ 83** m.

Puurkaev on ette nähtud **Rakvere linna tsentraalkatlamaaja**

varustamiseks majandusjõogiveega | tehnoloogilise veega.

Puurkaevu sügavus projekti järgi **75** m, tegelik sügavus **75** m.

Passi koostamise aluseks on puurimis- ja proovipumpamisšurvaalid, aktid, ~~karotaaži andmed~~

puurkaevu projekt nr. **2847**

Paldre tr. 7 68 1568 2000

Puurkaevu hüdrokeoloogiline kirjeldus

Puurkaevu ekspluaateerib ordoviitsiumi alumist aluspõhjalist

ehorisoni mis, levib 44 75
sk-ordoviitsiumi tallinna, ääri- ja alam-ordoviitsiumi kunda
deme lubjakivides

Staatiline veepind 20.aug. 1968.a. 1 tund pärast pumpamise
lõpetamist 10,10 (kuupäev)
m sügavusel maapinnast.

Proovipumpamine teostati arliiftiga kompressori Zif-55 (kolvpumba,
gavveepumba) abil 16.-20.aug. 1968.a. (kuupäev)
ndusega 12 masinavahetuse jooksul kompressorist
Talvistu juhtimisel.

Alandus (m)	Dünaamiline veepind (m)	Tootlikkus (m ³ /t.)
I <u>0,4</u>	<u>10,5</u>	<u>20,08</u>
II		

Vee kvaliteedi kontrolliks on võetud 2 veeproovi bakterioloogiliseks
1 veeproovi füüsikalise-keemiliseks analüüsiks

Hüdrogeoloogiline seletuskiri

Rakvere tsentraalkatlamaja II puurkaevu kohta

Üldandmed

Puurkaev on puuritud PM Ehitus-Montaaživalitsuse puurimisbrigaadi poolt puurmeister

Mesbach juhtimisel rootor-puuragregaadiga YPb - 2A

ajavahemikus 6.sept. - 19. sept. 1968a.

Kaevu asukoht Rakvere linnas Mitsurini-Tuleviku-Lembitu tänavate ja Rügavere tee vahelisel maa-alal

Koha geograafilised koordinaadid $\lambda = 59^{\circ}21'$

$\varphi = 26^{\circ}21'$

Maapinna absoluutne kõrgus puurkaevu asukohal 83 m.

Puurkaev on ette nähtud Rakvere linna tsentraalkatlamaja

arustamiseks majandusjoogiveega tehnoloogilise veega.

Puurkaevu sügavus projekti järgi 75 m, tegelik sügavus 6.7,50 m.

Passi koostamise aluseks on puurimis- ja proovipumpamisžurnaalid, aktid, karotaaži andmed

puurkaevu projekt nr. 2847

Puurkaevu hüdrogeoloogiline kirjeldus

Puurkaev ekspluaterib siluri alumist aluspõhjalist

veehorizonti, mis levib 44 m-st 67.50 m-ni

kesk-ordoviitsiumi tallinna, aseri ja alam-ordoviitsiumi kunda

lademete lubjakivides

Staatiline veepind 23. sept. 1968a. 1 tund pärast pumpamise
(kuupäev)

oli 10 m sügavusel maapinnast.
lõpetamist

Proovipumpamine teostati arliitiga kompressori Zif - 55 (kolvpumba,

sügavveepumba) abil 19-23. sept. 1968a.
(kuupäev)

alandusega 12 masinavahetuse jooksul kompressorist

Talvistu juhtimisel.

Alandus (m)	Dünaamiline veepind (m)	Tootlikkus (m ³ /t.)
I <u>0.50</u>	<u>10.3</u>	<u>21.2</u>
II <u>0.25</u>	<u>10.25</u>	<u>19.1</u>

Veekvaliteedi kontrolliks on võetud 2 veeproovi bakterioloogiliseks

1 veeproovi füüsikalise-keemiliseks analüüsiks

Lisa 4 Trassilõikude parameetrid

Trassi lõik		Võimsus	Läbimõõt	Pikkus
Algus	Lõpp	MW	DN	m
1	A	0,14	80	454
2	A	0,49	125	35
A	B	0,63	125	245
15	B	0,37	100	21
B	C	1,00	150	33
16	C	0,46	125	83
C	D	1,46	200	123
17	D	0,06	50	147
10	D	0,84	150	106
D	E	2,36	250	23
11	E	0,28	100	26
E	F	2,64	250	150
12	F	0,02	32	26
F	G	2,66	250	65
13	G	0,08	65	20
G	H	2,74	300	155
7	H	0,82	150	283
H	I	3,56	300	103
5	J	0,24	100	193
4	J	0,62	125	24
J	K	0,86	150	434
3	K	0,66	125	187
K	L	1,52	200	262
6	L	0,40	125	91
L	I	1,92	250	257
I	N	5,48	350	165
9	8	1,23	200	260
8	M	2,39	250	621
14	M	0,27	100	435
M	N	2,66	250	147
N	RS	8,14	400	100
			KOKKU:	5 274

Lisa 5 Torumaterjalide nimekiri

Nimetus	Ühik	Kogus
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN400/500 L= 16 m	m	200
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN350/500 L= 12 m	m	330
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN300/450 L= 12 m	m	516
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN250/400 L= 12 m	m	2526
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN200/315 L= 12 m	m	1290
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN150/250 L= 12 m	m	1712
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN125/225 L= 12 m	m	1330
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN100/200 L= 6 m	m	1350
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN80/160 L= 12 m	m	908
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN65/140 L= 12 m	m	40
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN50/125 L= 12 m	m	294
Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN32/110 L= 12 m	m	46
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN400/500	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN350/500	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN300/450	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 30° DN300/450	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN250/400	tk	10
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN200/315	tk	10
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN200/315	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN150/250	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 15° DN150/250	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN125/225	tk	12
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN100/200	tk	10
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 15° DN100/200	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN80/160	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN80/160	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN50/125	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN400/500 - DN250/400	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN350/500 - DN250/400	tk	2

Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN300/450 - DN150/250	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN300/450 - DN65/140	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN250/400	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN200/315	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN100/200	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN32/110	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN125/225	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN50/125	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN150/250 - DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN150/250 - DN100/200	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN125/225 - DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN400/500 - DN350/500	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN350/500 - DN300/450	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN300/450 - DN250/400	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN200/315	tk	4
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN150/250	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN200/315 - DN150/250	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN150/250 - DN125/225	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN150/250 - DN100/200	tk	2
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN125/225 - DN80/160	tk	2
Sulgarmatuur DN350/500 baipassiga DN50	tk	2
Sulgarmatuur DN300/450 baipassiga DN50	tk	2
Sulgarmatuur DN250/400 baipassiga DN50	tk	4
Sulgarmatuur DN200/315 ühepoolse teenindusega	tk	4
Sulgarmatuur DN150/250 ühepoolse teenindusega	tk	4
Sulgarmatuur DN125/225 ühepoolse teenindusega	tk	10
Sulgarmatuur DN100/200 ühepoolse teenindusega	tk	8
Sulgarmatuur DN80/160 ühepoolse teenindusega	tk	2
Sulgarmatuur DN65/140 ühepoolse teenindusega	tk	2

Sulgarmatuur DN50/125 ühepoolse teenindusega	tk	2
Sulgarmatuur DN32/110 ühepoolse teenindusega	tk	2
Teenindusventiil DN50/140, sisselõikega ühendatav, H=1,2m	tk	10
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN400/500	tk	26
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN350/500	tk	45
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN300/450	tk	103
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN250/400	tk	290
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN200/315	tk	143
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN150/250	tk	192
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN125/225	tk	162
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN100/200	tk	152
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN80/160	tk	87
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN65/140	tk	7
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN50/125	tk	56
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN32/110	tk	7
Sadula jätkupakend koos isolatsiooniga Ø900 - Ø140 mm (teenindusele Ø125 mm)	tk	
Isolatsiooni otsamüts torule DN400/500	tk	2
Isolatsiooni otsamüts torule DN200/315	tk	4
Isolatsiooni otsamüts torule DN150/250	tk	4
Isolatsiooni otsamüts torule DN125/225	tk	10
Isolatsiooni otsamüts torule DN100/200	tk	8
Isolatsiooni otsamüts torule DN80/160	tk	2
Isolatsiooni otsamüts torule DN65/140	tk	2
Isolatsiooni otsamüts torule DN50/125	tk	2
Isolatsiooni otsamüts torule DN32/110	tk	2
Läbiviigutihend Ø500 mm	tk	2
Läbiviigutihend Ø315 mm	tk	4
Läbiviigutihend Ø250 mm	tk	4

Läbiviigutihend Ø225 mm	tk	10
Läbiviigutihend Ø200 mm	tk	8
Läbiviigutihend Ø160 mm	tk	2
Läbiviigutihend Ø140 mm	tk	2
Läbiviigutihend Ø125 mm	tk	2
Läbiviigutihend Ø110 mm	tk	2
R/B kaev Ø1160/1000mm, korpuse kõrgusega H=0,6m koos R/B kaanega h=115mm ja malmluugiga 40T (Ø790mm)	tk	8
Teleskoopne plastkaev Ø560/500mm, koos malmluugiga 40T	tk	44
Kontrolltraatide klemmkarp IP56	tk	26
Signaaltraatide väljavõtu kaabel 3x1,5mm ² so ca 2 x 1,5 m	m	156
Kaabli väljavõtte toru otsast (sisaldab: maandusühendus, hermeetiline ja termokahenev voolik kaabli hermeetiseerimiseks)	tk	52
Kontrolltraatide ühendushülsid (100 tk karbis)	tk	2540
Märkelint (2500m)	m	10550

Lisa 6 Kaugjahutustrasside kalkulatsioon

Po s.	Projekt	Tegelik / ost		Ühiku hind	Maksu mus	Töö		MÄRK USED
		Ühik	Kogus			Ühik	Kogus	
A	Põhimaterjalid ja tegevused							
	Materjali nimetus							
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN400/500 L= 16 m	m	200	m	200	184,00	36 800	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN350/500 L= 12 m	m	330	m	330	165,00	54 450	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN300/450 L= 12 m	m	516	m	516	145,00	74 820	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN250/400 L= 12 m	m	2526	m	2526	110,75	279 755	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN200/315 L= 12 m	m	1290	m	1290	85,00	109 650	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN150/250 L= 12 m	m	1712	m	1712	50,00	85 600	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN125/225 L= 12 m	m	1330	m	1330	41,00	54 530	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN100/200 L= 6 m	m	1350	m	1350	34,30	46 305	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN80/160 L= 12 m	m	908	m	908	30,00	27 240	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN65/140 L= 12 m	m	40	m	40	25,00	1 000	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN50/125 L= 12 m	m	294	m	294	18,60	5 468	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega terastoru DN32/110 L= 12 m	m	46	m	46	15,00	690	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN400/500	tk	2	tk	2	417,20	2 834	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN350/500	tk	2	tk	2	200,00	2 400	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN300/450	tk	4	tk	4	000,00	4 000	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 30° DN300/450	tk	4	tk	4	000,00	4 000	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN250/400	tk	10	tk	10	861,40	8 614	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN200/315	tk	10	tk	10	350,00	3 500	
	Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN200/315	tk	2	tk	2	350,00	700	

Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN150/250	tk	4	tk	4	156,50	626
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 15° DN150/250	tk	4	tk	4	228,00	912
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN125/225	tk	12	tk	12	150,00	1 800
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN125/225	tk	2	tk	2	150,00	300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN100/200	tk	10	tk	10	150,00	1 500
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 15° DN100/200	tk	2	tk	2	150,00	300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN80/160	tk	2	tk	2	120,00	240
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 45° DN80/160	tk	2	tk	2	120,00	240
Eelisooleeritud kontrolltraatidega teraspõlv 90° DN50/125	tk	4	tk	4	66,50	266
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN400/500 - DN250/400	tk	2	tk	2	000,00	4 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN350/500 - DN250/400	tk	2	tk	2	500,00	3 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN300/450 - DN150/250	tk	2	tk	2	000,00	2 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN300/450 - DN65/140	tk	2	tk	2	000,00	2 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN250/400	tk	2	tk	2	650,00	1 300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN200/315	tk	4	tk	4	650,00	2 600
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN100/200	tk	4	tk	4	650,00	2 600
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN250/400 - DN32/110	tk	2	tk	2	650,00	1 300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN125/225	tk	4	tk	4	650,00	2 600
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN125/225	tk	2	tk	2	650,00	1 300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN200/315 - DN50/125	tk	2	tk	2	650,00	1 300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN150/250 - DN125/225	tk	2	tk	2	550,00	1 100
Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN150/250 - DN100/200	tk	2	tk	2	550,00	1 100

Eelisooleeritud kontrolltraatidega kolmik DN125/225 - DN125/225	tk	2	tk	2	500,00	1 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN400/500 - DN350/500	tk	2	tk	2	400,00	2 800
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN350/500 - DN300/450	tk	2	tk	2	200,00	2 400
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN300/450 - DN250/400	tk	2	tk	2	000,00	2 000
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN200/315	tk	4	tk	4	850,00	3 400
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN150/250	tk	2	tk	2	850,00	1 700
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN250/400 - DN125/225	tk	2	tk	2	850,00	1 700
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN200/315 - DN150/250	tk	2	tk	2	350,00	700
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN150/250 - DN125/225	tk	2	tk	2	150,00	300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN150/250 - DN100/200	tk	2	tk	2	150,00	300
Eelisooleeritud kontrolltraatidega üleminek DN125/225 - DN80/160	tk	2	tk	2	100,00	200
Sulgarmatuur DN350/500 baipassiga DN50	tk	2	tk	2	000,00	60 000
Sulgarmatuur DN300/450 baipassiga DN50	tk	2	tk	2	000,00	30 000
Sulgarmatuur DN250/400 baipassiga DN50	tk	4	tk	4	054,00	28 216
Sulgarmatuur DN200/315 ühepoolse teenindusega	tk	4	tk	4	732,00	26 928
Sulgarmatuur DN150/250 ühepoolse teenindusega	tk	4	tk	4	353,00	13 412
Sulgarmatuur DN125/225 ühepoolse teenindusega	tk	10	tk	10	866,00	18 660
Sulgarmatuur DN100/200 ühepoolse teenindusega	tk	8	tk	8	674,40	13 395
Sulgarmatuur DN80/160 ühepoolse teenindusega	tk	2	tk	2	500,00	3 000
Sulgarmatuur DN65/140 ühepoolse teenindusega	tk	2	tk	2	350,00	2 700
Sulgarmatuur DN50/125 ühepoolse teenindusega	tk	2	tk	2	290,00	2 580
Sulgarmatuur DN32/110 ühepoolse teenindusega	tk	2	tk	2	000,00	2 000
Teenindusventiil DN50/140, sisselõikega ühendatav, H=1,2m	tk	10	tk	10	091,00	10 910
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN400/500	tk	26	tk	26	205,00	5 330
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN350/500	tk	45	tk	45	250,00	11 250

Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN300/450	tk	103	tk	103	175,00	18 025
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN250/400	tk	290	tk	290	157,00	45 530
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN200/315	tk	143	tk	143	125,00	17 875
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN150/250	tk	192	tk	192	90,00	17 280
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN125/225	tk	162	tk	162	83,00	13 446
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN100/200	tk	152	tk	152	72,00	10 944
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN80/160	tk	87	tk	87	70,00	6 090
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN65/140	tk	7	tk	7	65,00	455
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN50/125	tk	56	tk	56	56,00	3 136
Kahekordse vettpidava kihiga koorikisolatsiooniga jätkupakend torule DN32/110	tk	7	tk	7	50,00	350
Sadula jätkupakend koos isolatsiooniga Ø900 - Ø140 mm (teenindusele Ø125 mm)	tk		tk	0	700,00	0
Isolatsiooni otsamüts torule DN400/500	tk	2	tk	2	150,00	300
Isolatsiooni otsamüts torule DN200/315	tk	4	tk	4	100,00	400
Isolatsiooni otsamüts torule DN150/250	tk	4	tk	4	47,20	189
Isolatsiooni otsamüts torule DN125/225	tk	10	tk	10	29,00	290
Isolatsiooni otsamüts torule DN100/200	tk	8	tk	8	23,00	184
Isolatsiooni otsamüts torule DN80/160	tk	2	tk	2	19,00	38
Isolatsiooni otsamüts torule DN65/140	tk	2	tk	2	19,00	38
Isolatsiooni otsamüts torule DN50/125	tk	2	tk	2	19,00	38
Isolatsiooni otsamüts torule DN32/110	tk	2	tk	2	19,00	38
Läbiviigutihend Ø500 mm	tk	2	tk	2	25,00	50
Läbiviigutihend Ø315 mm	tk	4	tk	4	15,00	60
Läbiviigutihend Ø250 mm	tk	4	tk	4	7,70	31
Läbiviigutihend Ø225 mm	tk	10	tk	10	7,50	75
Läbiviigutihend Ø200 mm	tk	8	tk	8	7,00	56

Läbivigutihend Ø160 mm	tk	2	tk	2	6,50	13	
Läbivigutihend Ø140 mm	tk	2	tk	2	5,50	11	
Läbivigutihend Ø125 mm	tk	2	tk	2	5,00	10	
Läbivigutihend Ø110 mm	tk	2	tk	2	4,50	9	
R/B kaev Ø1160/1000mm, korpuse kõrgusega H=0,6m koos R/B kaanega h=115mm ja malmluugiga 40T (Ø790mm)	tk	8	tk	8	390,00	3 120	
Teleskoopne plastkaev Ø560/500mm, koos malmluugiga 40T	tk	44	tk	44	250,00	11 000	
Kontrolltraatide klemmkarp IP56	tk	26	tk	26	148,00	3 848	
Signaaltraatide väljavõtu kaabel 3x1,5mm ² so ca 2 x 1,5 m	m	156	tk	156	22,00	3 432	
Kaabli väljavõtte toru otsast (sisaldab: maandusühendus, hermeetiline ja termokahenev voolik kaabli hermeetiseerimiseks)	tk	52	tk	52	51,00	2 652	
Kontrolltraatide ühendushülsid (100 tk karbis)	tk	2540	tk	2540	0,30	762	
Märkelint (2500m)	m	10550	tk	10550	0,04	422	
Abimaterjalid							
Killustik koos transpordiga töömaale	m ³	0	t	0	15,00	0	
Liiv koos transpordiga töömaale	m ³	17935	t	34435	8,50	152 448	
Muld koos transpordiga töömaale	m ³	0	t	0	7,00	0	
Läbipesuvesi	m ³	0			50,00	0	
Muu materjal	kpl	1			250,00	250	
Torustikud	m	5275	keskm DN	180			
						1 392	
						516	11520
Materjalide käitlus	%	2,5%				34 813	
Materjalide maksumus kokku							1 427 328
B Kulumaterjalid							
<i>Paigaldus objektil</i>							
Tootmise abimaterjalid (elektroodid, gaasid jms)	komp	1	h	tööjõud	22556	0,50	11 278
Muud kulumaterjalid (puit, vineer, metall jms)	komp	1	h	tööjõud	22556	0,25	5 639
Tööohutusvahendid	komp	1	h	tööjõud	22556	0,50	11 278
Tööriistade kulu	komp	1	h	tööjõud	22556	0,25	5 639
Muud kulud (joogivesi)	komp	1	h	tööjõud	22556	0,10	2 256
Bürookulud (paberid, paljundus, telefonid jms)	komp	1	h	ITP	4248	0,50	2 124

	Mehhanismide kütus	komp 1	1	h meh	7480		0		
						Materjalide maksumus:	38 214		
	Materjalide juurdehindlus	%	5,0%				1 911		
	Materjalide maksumus kokku								40 125
D	Paigaldus objektile palgafond	algus	01.06.2020	lõpp	03.02.2021			töö E-R	
	<i>Paigaldus torustikud</i>								
	Uue torustiku paigaldus			h	11 520	22	253 448		
	Vana torustiku demontaaž	jm	0	h	0	22	0	1,00	h/jm
	Labidamees			h	1 825	22	40 153		
	Survestamine ja läbipesu			h	360				
						sis katsetuste hinnas			
	SCW mehhanismide juhid			h	7 480				
						sis mehhanismide hinnas			
	Abitööline	% Põ- h'st	10,0%	h	1 371	22	30 152		
	Tuletööde valve töö ajal ja 1 tund peale tööaega			h	0	22	0		
	Projektijuht; objektijuht	tk	1,0	h	1 416	24	33 984		
	Tehn inener	tk	1,0	h	1 416	24	33 984		
	Tööohutusspetsialist	tk	1,0	h	1 416	24	33 984		
	Öisel ajal töötamise eest lisatasu	h				5	0		
	Tööjõu transpordil kompenseeritav aeg	h	0			5	0		
	Tööjõud	meeskond	16	päev					
	ITP	meeskond	3	päev					
		kestvus	177						
		us	päeva	kokku h	22 556	84%		8,00	h/päev
				kokku h	4 248	16%			vas
				ITP	0,19				
				ITP/tööjõud					
				keevitaja/tööjõud	#REF!				
	Tööjõu maksumus kokku								425 705
E	Lähetuskulud								
	Majutus	kortereid	2	kuu	8,1	750,0	12 150		
	Majutus ITP	kortereid	2	kuu	8,1	750,0	12 150		
	Lähetuskulud kokku								24 300
F	Transportkulud								
	<i>Tööjõu transport</i>								
	Meeskond	mpäeva	2 832			7,5	21 240		
	ITP	mpäeva	531			15,0	7 965		
	Tallinn-objekt-Tallinn (välismaal)	auto	4	km	8 140	0,25	8 140	220,00	km/r eis
	Tallinn-objekt-Tallinn (välismaal) ITP	auto	3	km	8 360	0,25	6 270	220,00	km/r eis
	<i>Materjalide ja töömaa sisseseade transport</i>								

	Jääpinnase äravedu (24 t/koorem)	koore m	1 196	km	50	1,2	71 760			
	Materjalide transport töömaale	koore m	25	h/koorem	4	40,0	4 000			
	Ekskavaatori transport töömaale ja tagasi	reis	4	h/koorem	4	40,0	640			
	Transportkulud kokku								120 015	
G	Töömaa sisseade ja kulud									
	Töömaa mobilisatsioon / demobilisatsioon	meest	19			25	475			
	Soojak/kontor	tk	4	kuu	8,1	250	8 100			
	Kontor	tk	1	kuu	8,1	250	2 025			
	Linnaku püstitamine ja demontaaž	kpl	5			350	1 750			
	Töömaa laoplat	m ²	200			5	1 000			
	Elektrienergia	kWh	600					Jõujaam on sees		
	Elektrienergia töömaalinnak	kWh	53 100			0,15	7 965			
	Töömaa valve	kuu	8,1			750	6 075			
	Prügikäitlemine	tonn	0,1			200	22			
	Töömaa sisseade ja kulud kokku								27 412	
H	Töömaa mehhanismid									
	<i>SCW mehhanismid</i>	jm	5 275	tee all	5 275					
	Ekskavaator (kaevamine)	m ³	17935,0	h	896,8	45,0	40 354	20,0		
	Ekskavaator (liivalused)	m ³	1055,0	h	70,3	45,0	3 165	0 m ³ /h		
	Ekskavaator (liiväümbris)	m ³	6857,5	h	457,2	45,0	20 573	15,0		
	Ekskavaator (lõpptäide liivast)	m ³	10022,5	h	400,9	45,0	18 041	0 m ³ /h		
	Ekskavaator (ROXOR)	m ³	5275,0	h	758,3	50,0	87 917	1		
	Kallur			h	1 825	35,0	63 880	3,00 m ³ /h		
	Upitaja/kopp torude paigalduseks			h	576	35,0	20 161			
	Vibroplaat 160 kN (60m ² /h)	m ²	23737,5	h	396	25,0	9 891	60,0		
	Asfaldi ketasreesija	jm	11000,0	h	1 100	15,0	16 500	0 m ² /h		
	Liikluskorraldusskeem	tk	4,0			350,0	1 400	20,0		
	Liiklusmärgid	tk	75,0	päev	177	1,0	13 275	0 jm/h		
	Piirded	tk	500,0	päev	177	0,2	17 700			
	<i>Rendimehhanismid</i>									
	Elektrijõujaam			h	1 416	15,0	21 240			
	Töömaa mehhanismid kokku								334 095	
I	Katsetused									
	<i>Keeviste kontroll TORUSTIKUD</i>									
	NDT	kpl	1	juurdeh%	5%	25 632	26 914			
	<i>Surveproov ja läbipesu TORUSTIKUD</i>									
	Surveproov	komp l	15	h	240	22	5 280	16,0 h/ko		
	Läbipesemine	komp l	15	h	120	22	2 640	0 mpl		
	Mehhanismid survestamiseks ja läbipesuks	h	72			5	360	8,00 h/ko		

Katsetused kokku							35 194
J	Alltöövõtt						
	<i>Projekteerimine</i>						
	Tööprojekt	jm	5275	juurdeh%	15%	10	60 663
	<i>Geodeesia ja tihedus</i>						
	Teostusjoonis	jm	5275	juurdeh%	0%	5,0	26 375
	Liiva tihedusproov (iga 200 meetri järel, 3 kihis)	tk	81	juurdeh%	0%	40,0	3 240
	Killustiku kandevõime (iga 200 meetri järel)	tk	27	juurdeh%	0%	100,0	2 700
	Asfaldi proov	tk	27	juurdeh%	0%	400,0	10 800
	Ristuvad kommunikatsioonid	tk	20	juurdeh%	0%	150,0	3 000
	<i>Utiliseerimine</i>						
	Pinnase utiliseerimine	tn	28696	juurdeh%	0%	4,5	129 132
	<i>Katete taastamine</i>						
	Asfaldi taastamine (2 kihiline sõidutee)	m ²	25320	juurdeh%	5%	32,7	869 362
	Kildalus asfaldile	m ²	20045	juurdeh%	5%	15,0	315 709
	<i>Muu</i>						
	Puurimised hoones	tk	52	juurdeh%	5%	50	2 730
	Vee pumpamine	päev	177	juurdeh%	0%	15	2 655
	Tänavasulgumine	kpl	1	koef	1,0	35 000	35 000
	Kasutusloa dokumendid	kpl	1	juurdeh%	0%	2 500	2 500
	Alltöövõtt kokku						1 463 865
K	Finants- ja juriidilised kulud						
	Juriidiline nõustamine	kuu	0,0			250	0
		summ	500				
	Ettemaksugarantii	a	000	aasta	0,50	1,5%	3 750
		summ	250				
	Teostusgarantii	a	000	aasta	0,50	1,0%	1 250
		summ	250				
	Garantiiaja tagatis	a	000	aasta	5,00	0,5%	6 250
	Kolmanda osapoole vastutuskindlustus + CAR						10 000
	Finants- ja juriidilised kulud kokku						21 250
	Kõik kulud kokku					3 919 289	
L	Juurdehindlused						
	Ettenägematud kulud	%	10,0%				391 929
	Üldkulud ja kasum	%	15,0%				587 893
	PAKKUMUSE MAKSUMUS						4 900 000

GRAAFILINE OSA

G.1. Kaugjahutusvõrgu skeem

