



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Energiatehnoloogia instituut

KAUGKÜTTETORUSTIKU PROJEKTEERIMINE A.ADAMSONI TÄNAV 3 PÄRNU OBJEKTI NÄITEL

DESIGNING THE DISTRICT HEATING PIPELINE ACCORDING TO THE CONSTRUCTION OBJECT IN A.ADAMSON STREET 3 IN PÄRNU

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Raino Maide

Üliõpilaskood 185986EACB

Juhendaja: Aleksandr Hlebnikov, teadur

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.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Raino Maide (sünnikuupäev: 22.04.1993)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Kaugküttetorustiku projekteerimine A. Adamsoni tänav 3 Pärnu objekti näitel,

mille juhendaja on Aleksandr Hlebnikov,

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.

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

/ allkirjastatud digitaalselt /

Energiatehnoloogia instituudi

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Raino Maide, 185986EACB

Õppekava, peaariala: EACB17/17 – Keskkonna- energia- ja keemiatehnoloogia, energiatehnoloogia

Juhendaja(d): Teadur Aleksandr Hlebnikov, 6203908

Lõputöö teema:

Kaugküttetorustiku projekteerimine A.Adamsoni tänav 3 Pärnu objekti näitel

Designing the district heating pipeline according to the construction object in

A.Adamson street 3 in Pärnu

Lõputöö põhieesmärgid:

Kaugküttetorustiku projekteerimise uurimine, tutvustamine ning konkreetse objekti puhul näidata kuidas käib projekteerimine ning milliste iseärasustega tuleb seal arvestada.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lähteandmete kogumine ja töötlemine	veebruar 2023
2.	Arvutuste tegemine ja projekteerimine	aprill 2023
3.	Lõputöö valmis kirjutamine ja vormistamine	mai 2023
4.	Töö kinnitamine juhendaja poolt	mai 2023

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: ".....".....20.....a

Üliõpilane: Raino Maide

..... ".....".....20.....a

/allkiri/

Juhendaja: Aleksandr Hlebnikov

..... ".....".....20.....a

/allkiri/

Programmijuht: Oliver Järvik

..... ".....".....20.....a

/allkiri/

SISUKORD

JOONISTE LOETELU	7
TABELITE LOETELU	8
EESSÕNA	9
SISSEJUHATUS	10
1 Kaugküte	12
1.1 Kaugküte Eestis	12
1.2 Kaugküte Pärnus	12
2 Kaugküttevõrgu planeerimine ja arendamine	14
2.1 Kaugküttevõrgu tööpõhimõte	14
2.2 Soojuse edastamine kaugküttevõrgus	14
2.3 Kaugküttevõrgu planeerimine ja arendamine	14
2.4 Kaugküttetorustiku projekteerimine	15
3 Kaugküttetorustiku projekti planeerimine tehnilises aspektis	16
3.1 Torustiku planeerimine	16
3.2 Torustiku projekteerimine	16
3.2.1 Eelnevad uuringud	17
3.2.2 Algandmed	17
3.2.3 Projekti klassi määramine	17
3.2.4 Osad ja materjalid	18
3.2.5 Piirseisundid	18
3.3 Materjalide hankimine	19
3.4 Hanked	19
3.5 Paigaldus	20
3.6 Töösse võtmine	20
4 A. Adamsoni tänav 3 Pärnu hoone kaugküttetorustiku projekteerimine	22
4.1 Planeerimistöö lühikirjeldus ja projekteerimis-tingimused	22
4.2 Soojuskoormuse arvutus ja torustiku läbimõõdu määramine	23
4.3 Projekteeritava kaugküttetorustiku asendiplaan	25
4.4 Paisumistsooni leidmine	26
4.5 Montaažiskeem	27
4.6 Pikiprofiil	28
4.7 Kaeviku tagasitäide ja katendite taastamine	29
4.8 Lekkeavastussüsteem	31
4.9 Paisumispadjad	32
KOKKUVÕTE	35
SUMMARY	36

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	38
------------------------------------	----

JOONISTE LOETELU

Joonis 4.1.1. Projekteerimistingimustega kaasa antud eskiis.

Joonis 4.2.1. ConSoft MultiCalc.

Joonis 4.2.2. Torustiku läbimõõdu leidmine.

Joonis 4.3.1. Asendiplaan.

Joonis 4.4.1. Kaugküttetorustiku paisumistsooni leidmine.

Joonis 4.5.1. Montaažiskeem.

Joonis 4.6.1. Pikiprofiil.

Joonis 4.7.1. Katendite taastamise plaan.

Joonis 4.8.1. Lekkeavastamissüsteemi tabel ja joonis.

Joonis 4.9.1. LOGSTOR Calculator.

Joonis 4.9.2. Paisumispatjade paiknemine.

TABELITE LOETELU

Tabel 3.2.3.1. Torustiku projekti klassid

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema on valitud töö koostaja initsiatiivil, töötades Termopilt OÜ ettevõttes kaugkütte torustike projekteerijana.

Antud teemat innustas uurima autori tööalane kokkupuude kaugkütteprojektide koostamisega ning vajadus antud teemat põhjalikumalt uurida ning jagada ka edaspidiseks kasutamiseks õppematerjali eesmärgil.

Lõputöö juhendaja leidmisel aitas mind Tallinna Tehnikaülikooli Inseneriteaduskonna Energiatehnoloogia instituudi kaasprofessor tenuuris Anna Volkova, kes soovitas antud lõputöö teemal kohtuda Energiatehnoloogia instituudi teaduri Aleksandr Hlebnikoviga, kellest sai ka käesoleva lõputöö juhendaja. Samuti tänan Termopilt OÜ juhatajat Toomas Rähmoneni materjalide eest.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teema on valitud töö koostaja initsiatiivil, töötades Termopilt OÜ ettevõttes kaugküttetorustike projekteerijana. Kaugküttetorustiku projekteerimise teemat innustas uurima projekteerimise keerukus ning antud valdkonna lõputööde puudumine.

Kaugküte on soojusenergia tootmine soojusvarustuse ettevõttes ja selle jaotamine kaugküttevõrgu kaudu tarbijateni. Selleks, et toodetud soojusenergia jõuaks tarbijateni kasutatakse kaugküttetorustikke. Kaugküttevõrk on soojuse transpordi- ja jaotusvõrk mille eesmärk on soojuskandja transportimine tootja poolelt tarbijani. Kaugküte on peamine energialiik Eesti suurlinnades kuidas tagatakse linnaelanike küttevajadus.

Kaugküte osatähtsus Eesti energiabilansis on suur ning aina kasvav. Ühelt poolt aitab kaugküte vähendada õhusaastet linnades, samas aitab kaugküte hoida ka elamute kütteenergia hinnad stabiilsemad võrreldes mõne teise alternatiivse kütteviisiga. Üldine energiahindade tõus ning 2022 aastal alguse saanud energiakriis on suuresti mõjutanud üleminekut kaugküttele. Tänu sellele on hakanud lisaks kortermajadele kaugküttega liituma ka eramajad, mis on toonud endaga kaasa suurenenud nõudluse kaugküttetorustike projektidele.

Töö eesmärgiks on tutvustada ja uurida kaugküte projekteerimist A. Adamsoni tänav 3 Pärnu objekti näitel. Lõputöös on kasutatud materjale ja näiteid kuidas toimub kaugküttevõrgu planeerimine ja arendamine. Uurimismeetodina on kasutatud kvantitatiivset uurimismeetodit ning metoodika keskendub projekteeritava objekti kirjeldamisel läbi põhjalike arvutuste ja mõõtmiste ning annab hea ülevaate edaspidiseks kasutamiseks, tutvustades kuidas näeb välja kaugkütteleprojekti koostamine.

Eesmärgi täitmiseks on töö jagatud neljaks osaks, millest omakorda mõned jagatud veel alapeatükkideks. Töö esimene peatükk on keskendunud üldisele tutvustusele, mis on kaugküte, ülevaade kaugküttest Eestis ning täpsemalt milline on kaugküte Pärnus. Töö teise peatüki eesmärk on uurida kuidas ja mis tingimustel toimub soojusülekanne kaugküttevõrgus. Järgmises peatükis on põhjalikumalt lähenetud kuidas toimub kaugküttetorustiku projekti planeerimine tehnilises aspektis- alates torustiku planeerimisest kuni torustiku kasutusele võtmiseni. Lõputöö viimases- neljandas peatükis on lahti kirjutatud kuidas toimub kaugküttetorustiku projekteerimine A. Adamsoni tn 3 Pärnu objekti näitel, kus on lisaks projekteerimisele välja toodud

sojuskoormuse arvutused ja kaugküttetorustiku läbimõõdu määramine. Arvutuste tegemiseks kasutati ConSofti, Logstor A/S ja Microsoft Office Excel arvutitarkvara.

1 KAUGKÜTE

Kaugküte on soojuse tootmine ja kaugküttesüsteemi kaudu võrgu jaotamine tarbijate varustamiseks soojusega [1]. Kaugküttesüsteemis toodetakse soojust keskses soojusvarustuse ettevõttes, milleks võivad olla katlamaja, soojuselektrijaam, tööstusettevõtte, soojuse ja elektri koostootmisagregaat. Kaugküttesüsteemidel on tavaliselt suur, hargnev soojuse transpordi- ja jaotusvõrk, mis on ette nähtud suure tarbijagrupi varustamiseks soojusega. Kaugküttesüsteemid on laialt kasutusel põhiliselt Skandinaavia maades, Balti riikides, Venemaal, Poolas. Lisaks küttevajaduste katmisele toimub samade süsteemide kaudu soojuse edastamine ka sooja tarbevee ettevalmistamiseks ja õhuvahetuse (ventilatsiooni) tagamiseks hoonetes [2].

1.1 Kaugküte Eestis

Eestis on soojusmajanduse korraldamine kohaliku omavalitsuse ülesanne, kus volikogul on õigus oma haldusterritooriumi piires määrata kaugküttepiirkond ja kehtestada teenuse pakkumise tingimused ning kord. Eestis on kokku üle 200 kaugkütte võrgupiirkonna [4].

Kaugkütte toimimine reguleeritud Kaugkütteseadusega, mille eesmärgiks on tagada kindel, usaldusväärne, efektiivne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus. Kaugkütte puhul on enamasti tegemist loomuliku monopoliga ja antud valdkonda reguleeritakse ka Konkurentsiseadusega. Kaugkütte muudab loomulikuks monopoliks kaugküttepiirkonna kehtestamine kohaliku omavalitsuse poolt. Alates 01.10.2010 peavad kõigis kaugkütte piirkondades kehtestatavad hinnad olema kooskõlastatud Konkurentsiametiga [3].

Soojusettevõtja, kelle tootmise prognoositav aastane maht ületab 500 000 MWh võrgupiirkonna kohta on elutähtsa teenuse osutaja ning kohustatud tagama soojuse tootmiseks reservkütuse kasutamise võimaluse, mis kindlustaks soojusvarustuse kolme ööpäeva jooksul [3].

1.2 Kaugküte Pärnus

Pärnu linnas pakub kaugkütet energiaettevõtte Gren Eesti AS, mille põhitegevuseks on elektri-, soojuse- ja jahutusenergia tootmine ja müük, samuti soojuse ning jahutuse jaotus. Gren Eesti põhiliseks tootmisüksuseks on 2010. aasta lõpul valminud Pärnu soojuselektrijaam, mis kasutab 99% hakkepuitu soojusenergia ja elektrienergia tootmiseks. Soojuselektrijaama võimsused on 24 MW elektrit ja 48 MW soojust. Talviste tipukoormuste katmiseks on kasutusel kolm katlamaja. Kokku on võimalik arvutuslikult

anda kaugküttevõrku 113,35MWh soojust. Pärnu linnas varustatakse soojusega ligi 936 klienti ning 19 000 lõpptarbijat. Pärnu linnas asuv kaugküttevõrgustik on ligikaudu 102 kilomeetrit pikk millest tänase seisuga on renoveeritud kuskil 86%. Umbes 14 kilomeetrit renoveerimata kaugküttetorustikku on plaanis järgneva 10-15 aasta jooksul välja vahetada [6].

2 KAUGKÜTTEVÕRGU PLANEERIMINE JA ARENDAMINE

2.1 Kaugküttevõrgu tööpõhimõte

Kaugküttevõrk on süsteem, mille kaudu jõuab soojusenergia tarbijani. Kaugküttevõrgu põhielementideks on torustik, sulg- ja reguleerimisarmatuur ning torukompensaatorid. Tihti on võrkudes ka pumbad, soojusvahetid jm seadmed.

Soojuse transportimiseks kasutatakse tänapäeval sooja vett, seega toimub soojusjuhtivuslik ülekanne vee soojusvahetites, mis asuvad tarbija juures [5].

2.2 Soojuse edastamine kaugküttevõrgus

Soojuse edastamiseks on vaja tagada soojuskandja liikumine ja selle temperatuuri muutus: soojuskandja pumpamine, soojendamine tootja pool ja jahutamine tarbija juures. Soojendamine on tagatud kütuse põletamisega kateldes või jääksoojuse ülekandega soojusvahetites, jahutamine on tagatud hoonete soojuskadudega ja sooja vee tarbimisega. Soojuskandja liikumiseks torudes on vaja, et rõhk tootja ja tarbija juures oleks erinev. Kaugküttevõrgu tavaline töö rõhk on 2 kuni 10 baari (manomeetiline rõhk). Tüüpiliselt garanteerib võrguettevõtte, et tarbija juures on rõhu erinevus pealevoolu- ja tagasivoolutorus 0,6 kuni 1 baari, mis on piisav rõhk vee voolamiseks soojusvahetis [5].

2.3 Kaugküttevõrgu planeerimine ja arendamine

Uue kaugküttevõrgu ehitusel või olemasoleva võrgu arendamisel on vaja planeerida eelduslikud magistraalid, soojusallikad ning tarbijapiirkonnad. Iga soojusvõrgu olulisim osa on tarbija, seega mida rohkem informatsiooni on tulevase tarbija kohta olemas, seda lihtsam on leida, kuidas tarbija võrku ühendada. Tarbija liitumisel on eelkõige vaja teada, milline on tema maksimaalne tarbimiskoormus, kas tegemist on ainult küttega ning mis liiki küttega (radiaator, põrandaküte või ventilatsioon) või ka sooja vee tarbimise koormusega. See aitab teada saada, milline pealevoolu temperatuur peab olema tagatud tarbija juures, kui palju koormus ajas muutub ning milline on maksimaalne võimsus. Lähtudes sellest, on võimalik teha tarbija võrku ühendamiseks toru läbimõõdu arvutus.

Kui liitumas oleva tarbija tehnilised parameetrid on olemas, siis toru läbimõõdu valikul peab meeles pidama ka perspektiivi. Eelisoleeritud kaugküttetoru eluiga on vähemalt 20-30 aastat ning selle ümberehitamine seoses täiendava kliendi tulekuga ei ole majanduslikult otstarbekas. Toru valiku tegemisel on vaja arvesse võtta, kas piirkonnas

on veel kliente, kes soovivad liituda kaugküttega ning vajadusel dimensioneerida kaugküttetorustik suuremaks [5].

2.4 Kaugküttetorustiku projekteerimine

Kaugküttesüsteemide projekteerimisel ja käitamisel on vaja teada kaugküttega ühendatud tarbijate soojustarvet. Kaugküttefirmat huvitab nii hoone (soojustarbija) suurim võimsus (väljendatuna kW või MW) kui ka soojustarve teatud aja (nt kuu või aasta) vältel. Soojustarbijad kasutavad soojust järgmiste vajaduste rahuldamiseks [2]:

- kütteks;
- sooja tarbevee tootmiseks;
- õhuvahetuseks (ventilatsiooniks), kaasa arvatud õhu konditsioneerimiseks.

Tarbitud soojushulka mõõdetakse kWh-des või MWh-des. 1 MWh tarbitud soojust vastab 43 m³ kaugküttevee jahtumisele hoone küttesüsteemi soojusvahetis või radiaatorites 20 °C võrra. Kui soojust on kasutatud sooja tarbevee tootmiseks, siis vastab 1 MWh soojust tarbitud vee kogusele 21,5 m³, mille temperatuur on tõstetud 40 °C võrra (näiteks temperatuurile +10 °C kuni temperatuurini +50°C [2]).

3 KAUGKÜTTETORUSTIKU PROJEKTI PLANEERIMINE TEHNILISES ASPEKTIS

Kaugkütteorustiku projekti võib jagada järgmistesse osadesse [9]:

- planeerimine;
- projekteerimine;
- materjalide hankimine;
- hanked;
- paigaldus;
- torustiku töösse võtmine.

3.1 Torustiku planeerimine

Torustiku planeerimise osatähtsus tuleneb selle otsesest mõjust ehitus- ja eksploatatsioonikuludele ning eelisoleeritud torustike ja nendega piirnevate rajatiste tööohutusele. Planeerimise eesmärk on võimalike paigaldamisel esinevate vigade ärahoidmine kolmandate osapoolt. Rajatiste ning torustiku teel ettetulevate takistuste väljaselgitamise ja kooskõlastamise ning tegelike ehitustööde hoolika ettevalmistamise abil, võttes arvesse kõikvõimalikke piiranguid [7].

Torustiku planeerimisel võetakse aluseks [8]:

- soojuskoormuste kaardistamine, millega määratakse kindlaks hoonel/hoonetel kütteks vajaminev soojusvarustuse koormus;
- võrgu skeem ja trass, millega määratakse kindlaks ühenduste võimalikkus ja liitumise asukoht olemasoleva torustikega;
- arenguplaan, millega määratakse kindlaks eelduslikud magistraalid, tarbijapiirkonnad ning tarbijad;
- põhilised eksploatatsioonilised andmed, millega võrguettevõtja määrab kindlaks soojuskandja parameetrid ning nõuded soojussõlme tehnilistele lahendustele;
- hüdrauliline dimensioneerimine ja optimeerimine, millega määratakse kindlaks torustikes tekkivad vooluhulgad, rõhukaod jne.

3.2 Torustiku projekteerimine

Kaugküttetorustiku projekteerimisel on vaja teada, kuidas funktsioneerib süsteem, milliseid koormusi arvestada projekteerimisel, milline on toru-pinnase koostoime ning kuidas seda modelleerida ja hinnata piirseisundeid. Samuti on kaugkütte projekteerimiseks ning ehitamiseks välja töötatud hulk standardeid. Standardites on

kajastatud erinevad nõuded kaugküttevõrgu ja -süsteemide projekteerimiseks, ehitamiseks ning materjalide valimiseks [8, 5].

3.2.1 Eelnevad uuringud

Eelnevate uuringute käigus antakse võrdlev hinnang kõigile olulistele tingimustele, milles viiakse ellu kaugkütte projekt. Eelnevad uuringud peaksid välja selgitama asju, mis puudutavad majandust, tehnoloogiat ja mõju keskkonnale planeerimise, projekteerimise, ehitamise ning ekspluateerimise järgus.

Eelnevate uuringutega tuleb teada saada kõik põhilised süsteemi puudutavad andmed nagu näiteks: rõhk ja temperatuur, torustiku mõõtmed ja planeeritav asukoht, vajaminevad torustiku komponendid ja materjal, paigaldussügavus, ristuvate kommunikatsioonide asukohad ja sügavus ning teised kitsaskohad. Teades kõike eelnevat õnnestub meil kindlaks määrata kaugküttetorustiku projekti klass [8].

3.2.2 Algandmed

Kaugküttetorustiku projekt algab tellimusest, kus tellija soovib liitumist kaugkütte võrguga. Projekti koostamiseks tuleb esmalt välja selgitada võrguvaldaja tehnilised tingimused, mis on aluseks projekti koostamiseks. Lisaks tuleb kindlaks määrata torustiku asendiplaan, arvestades kolmandate osapoolte rajatiste asukohti asendiplaanidel.

Kaugküttetorustiku projekti koostamisel tekib alati vajadus teha mitmeid arvutusi. Sõltuvalt projektist võivad nendeks olla hüdrauliline ja soojuskadude arvutus, torustiku tugevusarvutus, kuid alati tuleb teostada hoonete soojustarve arvutus. Kõik need arvutused on abiks optimaalse torustiku läbimõõdu leidmisel ning torustikule õige projekti klassi määramisel [5].

3.2.3 Projekti klassi määramine

Iga projekti alguses tuleb määrata projekti klass vastavalt standardile EN 13941-1. Kuna soojusvarustuse süsteemid on avarii korral ohtlikud inimestele ja keskkonnale, siis projekti alguses tuleb hoolega hinnata projekti klassi ning määrata vajalikud ohutustegurid, mida torustiku projekteerimisel aluseks võtta [5].

Projekti klassi valik peab sõltuma ohutuse tasemest ning väljaehitamise keerukusest väljendatuna projekteerimise ja ehitamise nõuetest. Eeluuringute ja riskianalüüside põhjal liigitatakse torustikusüsteem ühte järgmistest klassidest [9]:

Tabel 3.2.3.1. Torustiku projekti klassid

Projekti klass	Omadused
A	<ul style="list-style-type: none"> • Väikese ja keskmise läbimõõduga torud, millel on madalad aktsiaalpinged; • Torud, millel on väike vigastuse saamise või ümbruse kahjustamise oht; • Torud, millel on majanduslike kadud madal risk.
B	<ul style="list-style-type: none"> • Väikese ja keskmise läbimõõduga torud, millel on kõrged aktsiaalpinged; • Torud, millel on väike vigastuse saamise või ümbruse kahjustamise oht; • Torud, millel on majanduslike kadud madal risk.
C	<ul style="list-style-type: none"> • Suure läbimõõduga torud ja/või kõrged surved; • Torud, millel on suur vigastada saamise või ümbruse kahjustamise oht; • Spetsiaalne või keeruline ehitus.

3.2.4 Osad ja materjalid

Eelisoleeritud torustikusüsteemid koosnevad maa-aluste kaugküttevõrkude jaoks tööstuslikult toodetud eelisoleeritud torudest ja torustikuelementidest. Need on valmistatud terastorust, jäigast polüuretaanvahtmaterjalist soojusisolatsioonikihist ja polüetüleen-ümbristorust.

Eelisoleeritud torusüsteemide hulka kuuluvad sirged torud, nurgaelemendid, torukolmikud, sulgeseadmed, üleminekuelemendid, kinnistoelemendid ja painutatud torud [10].

Eelisoleeritud torusüsteemi koostisosad peavad vastama vähemalt standardile EVS-EN 253, 448, 488 ja 489 põhinõudmistele. Standardiseerimata osad peaksid alati võimaluse piires täitma nõudmised standardiseeritud osadele [8].

3.2.5 Piirseisundid

Kaugkütte süsteemi torustikud tuleb projekteerida ja ehitada nii, et äärmusliku piirseisundi või teenindusliku kasutuspiirseisundi ületamise tõenäosus tööea jooksul oleks piisavalt väike. Projekteeritud koormuste summaarne mõju arvutusliku pinge, ülekoormuse ja deformatsiooni korral ei tohi ületada toru materjalide arvutuslikke suurusid [8].

Äärmuslikud piir seisundid on need, mis on seotud purunemise või mõne muu struktuurilise vigastusega [8]:

- plastilisest deformatsioonist tingitud vigastus;
- rebestus, mis on põhjustatud (kõrg – ja madaltsüklilisest väsimusest);
- torusüsteemi või selle osa ebastabiilsus;
- lekkimine, mis võib mõjutada ohutust.

Kasutuspiir seisund vastab seisundile, mille ületamisel normatiivsed töökriteeriumid pole enam saavutatavad [8]:

- deformatsioonid või kõrvalekalded, mis mõjutavad kahjulikult torusüsteemi efektiivset kasutamist või hooldust ning põhjustavad kahjustusi toruotstes või struktuuri elementides, mis ei ole torusüsteemi osad.

3.3 Materjalide hankimine

Kaugküttetorustike ehitus projekte projekteeritakse tööprojekti mahus. Tööprojekti tehakse lõplik ehitustoodete valik, esitatakse valitud seadmete ja ehitustoodete mark ning tootja firma ning antakse vajadusel juhised nende seadistamiseks. Valitud ehitustooted ja seadmed ning nende paigaldus ja seadistamine kirjeldatakse joonistel, tabelites või toodete loeteludes [11].

Kõik materjalid tuleb tellida vastavalt koostatud projektile. Tellimusel peab olema kindlasti välja toodud kõik standardid, millele tellitud materjalid peavad vastama. Suurt tähelepanu peab pöörama eridetailidele ja täiendavatele nõuetele materjalide osas. Kui projektis on toodud erinõuded nt liitmikele, siis tuleb kindlasti veenduda, kas tootja valmistab neid vastavalt erinõuetele.

Juhul, kui projekti materjalide spetsifikatsioon on koostatud mingi konkreetse tootja kataloogi alusel, kuid need tellitakse teise tootja käest, on vaja kindlaks määrata ja veenduda, et tooted sobivad projekti nagu on vaja [5].

3.4 Hanked

Hankimise protseduur koosneb järgnevatest sammudest [8]:

- Hanke planeerimine;
- Pakkumise protseduur;
- Pakkumisdokumentatsiooni ettevalmistamine;
- Pakkumiste esitamine;
- Pakkumiste hindamine;
- Lepingu sõlmimine.

Hangete läbiviimisel tuleb rahalisi vahendeid kasutada võimalikult säästlikult ja otstarbekalt. ning saavutades hanke eesmärgi mõistliku hinnaga, tagades erinevate pakkumuste võrdlemise ja hindamise teel parima võimaliku hinna ja kvaliteedi suhte. Hangete läbiviimise käigus peab olema tagatud kõikidele isikutele võrdne ja mittediskrimineeriv kohtlemine, sh pakkumuste ettevalmistamiseks ja esitamiseks antud aeg. Pakkujatele esitatavad nõuded ja piirangud peavad olema võrdsed, põhjendatud, asjakohased ja hanke eesmärgi suhtes proportsionaalsed [12].

3.5 Paigaldus

Paigaldamisel peab kasutama ainult selliseid tooteid ja materjale, mis vastavad spetsiaalsetele instruktsioonidele, torude ja toruosade kohta käivatele määrustele ja standarditele. Eelisoleeritud seotud torude valmistamisel on arvestatud 30-50 aastase eeldatava kasutusajaga. Selline pikk kasutusiga on saavutatav ainult siis, kui paigaldamistööd on teostatud kõrgekvaliteetselt [8].

Torustikus soojuspaisumisest tulenevate pingete ja pikenemiste kompenseerimiseks on võimalikud erinevad paigaldusmeetodid. Sobiv paigaldusmeetod tuleb vastava ehitusliku teostuse raames majanduslikult mõistlikku lahendust taotledes välja valida ning neid vajaduse korral kombineerida.

Erinevad paigaldusmeetodid [7]:

- Tavapärane paigaldus;
- Paigaldus ilma paisumispatjadeta;
- Pealevoolu- ja tagasivoolutoru vaheline kinnispunkti sild;
- Paigaldus kogu torustiku termilise eelkuumutusega;
- Stardikompensaator;
- Külmpaigaldus;
- Paisumispatjade mehaaniline eelpingestus;
- Paisumispatjade piirkonna hilisem tagasitäitmine termilise eelkuumituse puhul;

3.6 Töösse võtmine

Enne montaaži, selle kestel ja peale seda tuleb kindlustada, et torud ja toruosad oleksid puhtad, kuivad ja vabad kõrvalistest esemetest. Kui peale montaaži on nõutav torude puhastamine, siis saab seda teha läbipesu või puhastusotsiku abil. Töövõtja peab kindlustama, et torusüsteem on puhastatud ja nõutavad kontrollimised enne eksploatatsiooni andmist läbi viidud. Torustiku lõplikuks eksploatatsiooni võtmiseks täidetakse torustik eeltöödeldud veega, mille kvaliteet vastab kaugküttes ettenähtud vee kvaliteedile või omaniku poolt esitatud nõuetele [8].

Peale torustiku ehitamist tuleb teostada torustiku katsetused. Nõuded vajalikele katsetustele on toodud standardis EVS-EN 13941 [5]:

- Tihedusproov – tehakse suruõhu või veega. Peale vajaliku ülerõhu või vaakumi saavutamist tuleb visuaalselt kontrollida kõiki keevisliiteid;
- Surveproov – on valikuline ning selle vajaduse määrab ehitustööde tellija, võrgu omanik või Eesti Vabariigi seadused ja määrused. Torustiku katsetamine ülerõhule teostatakse kaugküttevõrguga vastavalt etteantud rõhul. Surveproovi ajal teostatakse kõikide keevisliidete visuaalne kontroll;
- Tihendusproov – NDT (NoN-Destructive Testing) tähendab mittepurustavat katsetamist. Selle käigus kontrollitakse torustiku keevisliiteid üldjuhul radiograafilise kontrolliga.

4 A. ADAMSONI TÄNAV 3 PÄRNU HOONE KAUGKÜTTETORUSTIKU PROJEKTEERIMINE

4.1 Planeerimistöö lühikirjeldus ja projekteerimistingimused

Pärnu kaugkütte võrguettevõtja väljastas dokumendis PT-7/22 projekteerimistingimused ja projekteerimistööde lühikirjelduse mis oli aluseks A. Adamsoni tänav 3 hoonele kavandatava kaugküttetorustiku projekti koostamiseks.

Projekteerimistööde lühikirjelduses on välja toodud järgmised punktid [15]:

- Projektiga lahendada A.Adamsoni tn 3 hoone kaugküttetorustikuga ühendamine;
- Ühendus olemasoleva torustikuga teostada puurventiilide või T-hargmikega Aia tn olevalt torustikult mõõduga DN125/225/250;
- Harutorustik piki A. Adamsoni tänavat planeerida läbimõõduga DN80/180;
- A. Adamsoni tn 3 torustiku eeldatav läbimõõt DN32/125 (täpsustada vastavalt hoone planeeritud soojuskoormusele);
- Hargnemisele näha ette sulgeseadmed enne kinnistu piiri.

Projekteerimistingimustega anti kaasa eskiis, millega näidati esialgne võimalik torustiku planeeritav asukoht.



Joonis 4.1.1. Projekteerimistingimustega kaasa antud eskiis [18].

4.2 Soojuskoormuse arvutus ja torustiku läbimõõdu määramine

Soojuskoormuse arvutamisel sai arvestatud, et tegemist on hoonega kus asub 4 korterit. Hoone vundament, seinad ja katus on soojustatud, kuid kui nõuete kohaselt ei olnud projekteerimise alguses teada. Hoone soojusenergiatarbeks sai määratud 60W/m^2 ning köetavaks pinnaks 550m^2 . Hoone arvutuslik soojuskoormus saadakse $33\,000\text{ W}$ ehk 33 kW .

$$Q = E \cdot A \quad (4.1)$$

kus Q – arvutuslik soojuskoormus, kW

E – energiatõhususe soojusenergiatarve, kW/m²

A – hoone köetavapinna pindala, m²

$$Q = 60\text{W/m}^2 \cdot 550\text{m}^2 = 33000\text{ W}.$$

Teades vajamineva hoone arvutuslikku soojuskoormust saame arvutada küttesüsteemi primaarpoole arvustusliku maksimaalse kulu kasutades ConSoft MultiCalc

(vt. joonis 4.2.1):

$$Q = v / [(T_1 - T_2)] \cdot cp \cdot \rho \quad (4.2)$$

kus Q – arvutuslik soojuskoormus, kW

v – vooluhulk, m³/h

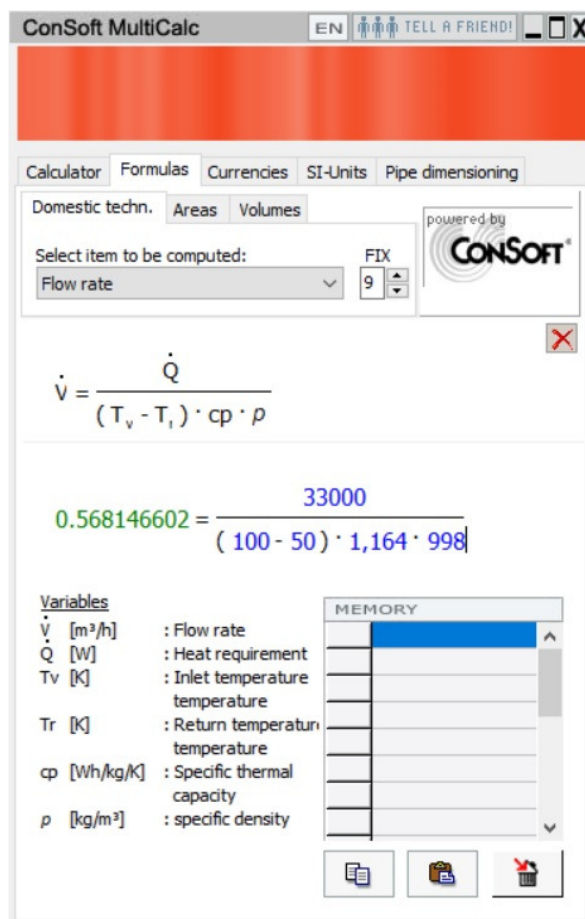
cp – vee erisoojus Wh/kg/K

ρ – vee tihedus, kg/m³

T_1 ja T_2 – küttevee peale ja tagasivoolu arvutuslikud temperatuurid °C.

$$cp = 4190\text{ J/kg}\cdot\text{K} \Rightarrow \frac{4190\text{ J/kg}\cdot\text{K}}{3600\text{ s/h}} = 1,164\text{ Wh/kg}\cdot\text{K}$$

$$v_1 = \frac{Q}{(T_1 - T_2) \cdot cp \cdot \rho} = \frac{33000}{(373,15 - 323,15) \cdot 1,164 \cdot 998} = 0,57\text{ m}^3/\text{h}.$$



Joonis 4.2.1. ConSoft MultiCalc [20].

Kasutades kaugküttetorustiku tootja Logstor Denmark Holding ApS „Pressure Loss“ kalkulaatorit saame esialgseks vajaminevaks torustiku läbimõõduks DN25. Kaugküttevõrgu ettevõtja soovis ennetada probleemi, et kui edaspidi peaks A. Adamsoni tn 3 hoone soovima peale kütte teha omale ka sooja tarbevett kaugkütte baasil, siis jääb DN25 torustik väikeseks.

Kasutades Tallinna Tehnikaülikooli 2005. aastal koostatud „Kortermajade soojaveetarbe analüüs“-is välja töötatud valemit:

$$\Phi = 30 + 15 \cdot \sqrt{2 \cdot n} + 0,2 \cdot n$$

kus Φ – sooja tarbevee arvutuslik koormus, kW

n – korterite arv

$$\Phi = 30 + 15 \cdot \sqrt{2 \cdot 4} + 0,2 \cdot 4 = 73,23 \text{ kW}$$

Leiame, et 4 korteri sooja tarbevee soojuskoormus on 73,23 kW.

Kasutades valemit (4.2) saame arvutada sooja tarbevee arvustusliku maksimaalse kulu vastavalt võrguettevõtja soojuskandja parameetritele:

$$T_1 / T_2 = 70 / \leq 15 \text{ } ^\circ\text{C}, t_1 / t_2 = 10 / 55 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$v_2 = \frac{Q}{(T_1 - T_2) \cdot cp \cdot \rho} = \frac{73230}{(343,15 - 288,15) \cdot 1,164 \cdot 998} = 1,15 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Sisendi maksimaalne kulu on 0°C juures $v = v_2 + 0,4 \cdot v_1 = 1,15 + 0,4 \cdot 0,57 = 1,38 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kasutades Logstor „Pressure Loss“ kalkulaatorit saame 106 kW soojuskoormuse vajaminevaks torustiku pealevoolu ja tagasivoolu suuruseks DN32 kus on arvestatud, et harutorustikul ei ületaks rõhulang 150Pa/m ja voolukiirus 1,0m/s.

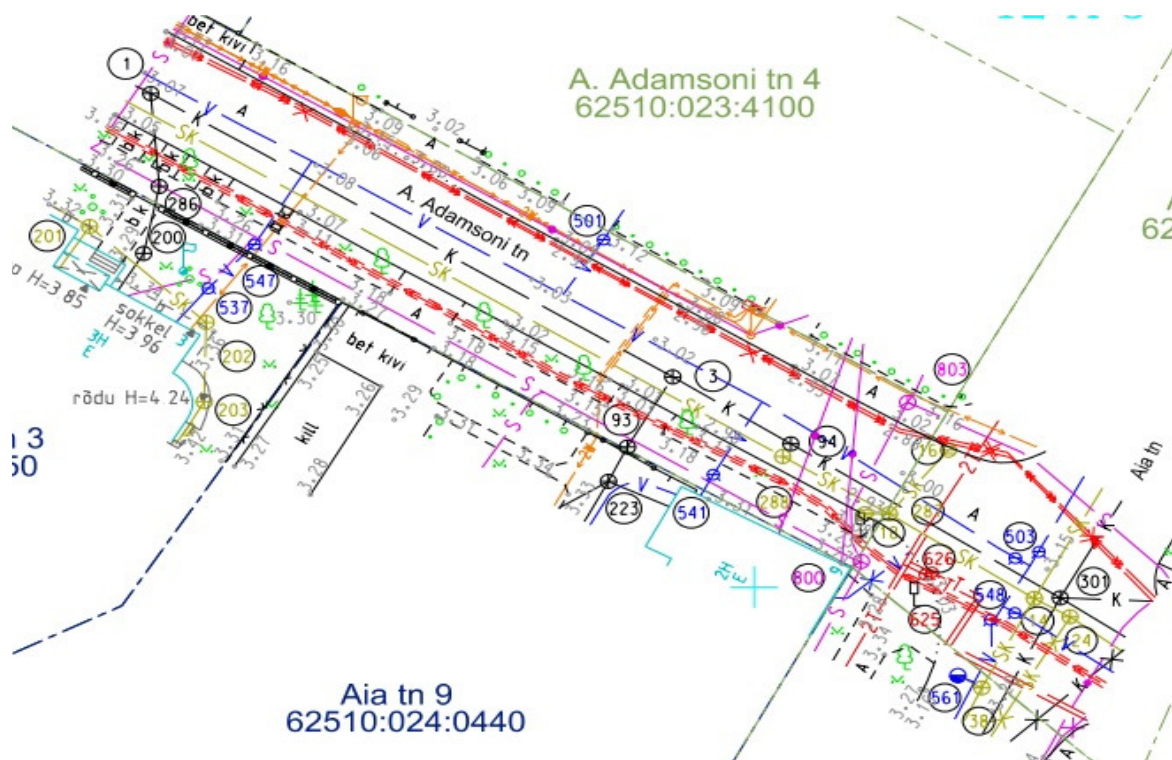
smaller Dimensions	Section	Length Channel [m]	Energy demand [kW]	Criteria [Pa/m]	Criteria [m/s]	PipeSystem	Dimension (d1)	Dimension (d2)	Press. grad. (flow/return) [Pa/m]	Velocity (flow/return) [m/s]	Mass Flow (flow/return) [kg/s]	Press. loss (flow/return) [kPa]
Yes	P1-P2	17	106	150	1,0	Steel	32	32	83 / 91	0.48 / 0.48	0.5 / 0.51	2.97
							25		330 / 356	0.82 / 0.81	0.5 / 0.51	

Joonis 4.2.2. Torustiku läbimõõdu leidmine [19].

4.3 Projekteeritava kaugküttetorustiku asendiplaan

Projekteerimistöodel kasutati geodeetilise alusplaani L-EST97 koordinaatide ja EH2000 (Amsterdami null) kõrguste süsteemis maa-ala plaani mõõtkavas M 1:500, mille mõõdistas Pärnu Maamõõduteenistus OÜ 2022. aasta juuni kuus [16].

Geodeetiliselt alusplaanilt (vt. joonis 4.3.1) selgus, et kaugkütte võrguettevõtte poolt saadetud eskiisil kujutatud trassi antud asukohta paigaldada ei ole võimalik, sest A. Adamsoni tänavale on väga tihedalt paigaldatud teiste ettevõtete kommunikatsioone. Tulenevalt sellest sai valitud projekteeritava kaugküttetorustiku asukohaks A. Adamsoni tänava ülemine sõidutee serv kuhu esialgsel vaatlusel õnnestub paigaldada kaugküttetorustik.



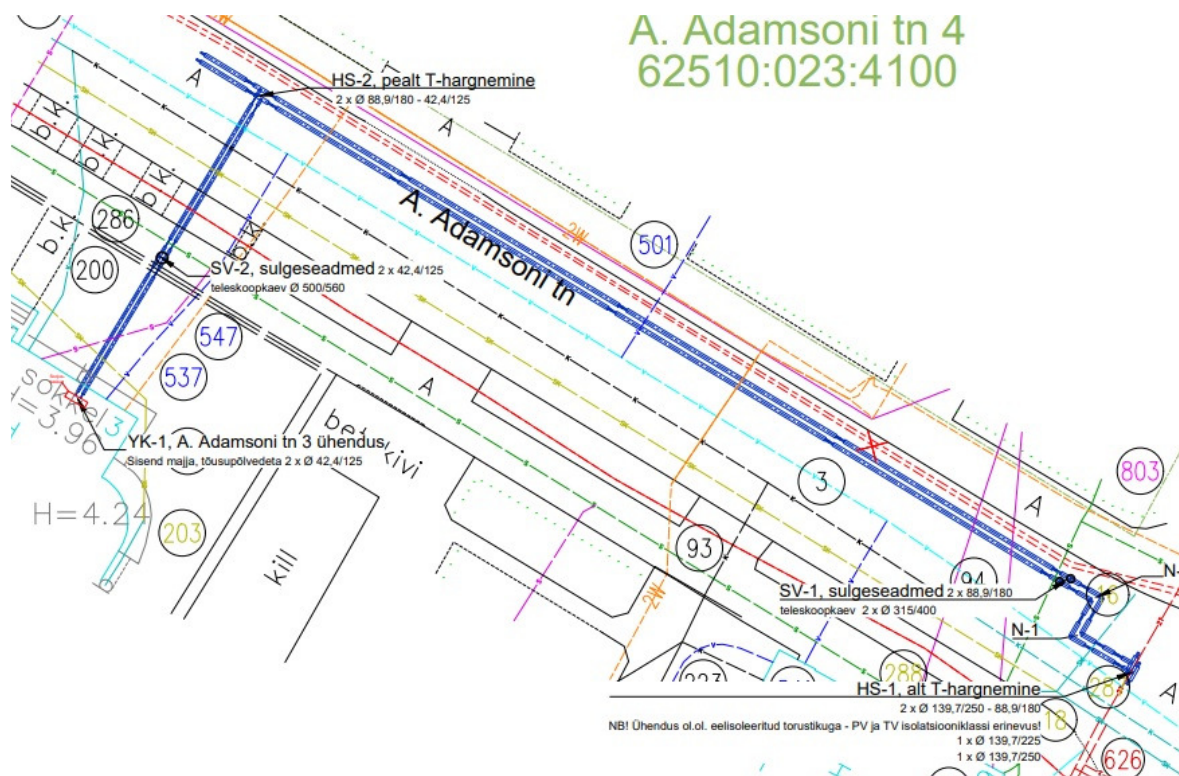
Joonis 4.3.1. Asendiplaan [17].

4.4 Paisumistsooni leidmine

Eelisoleeritud torude projekteerimisel on oluline aru saada hõõrdejõududest ja toru nihetest pinnase ning toru vahelise koostoime tõttu. Oluline on mõista, et need parameetrid varieeruvad sõltuvalt pinnase omaduste muutumisest, paigaldamise meetodist, süsteemi temperatuuri muutustest. Hõõrdumine ümbristoru ja ümbritseva pinnase vahel takistab liikumist ja vähendab paisumist. Sellest tuleneb, et nihked maasse paigaldatud torusüsteemis on väiksemad, kui vabalt paisuvas torusüsteemis [8].

Projekteeritud torustik on planeeritud paigaldada külma paigaldus meetodiga, kus torud pannakse pinnasesse ilma eelsoojendusega. Peamagistraali hargnemiskohast kuni järgmise nurgani on distants 49 meetrit. Külma paigalduse puhul võib antud läbimõõduga torustik olla alates haruühendusest kuni 12 meetrit pikk. Vajalik on teha torustikul suuna muutusi, et kompenseerida torustiku pikenedisest tingitud survepingeid.

Kuna A. Adamsoni tänaval on kaugküttetorustiku paigaldamiseks jäänud väike koridor, siis ainuke koht kuhu õnnestus luua Z-põlve kujuline paisumistsoon on kohe pärast hargnemiskohta.

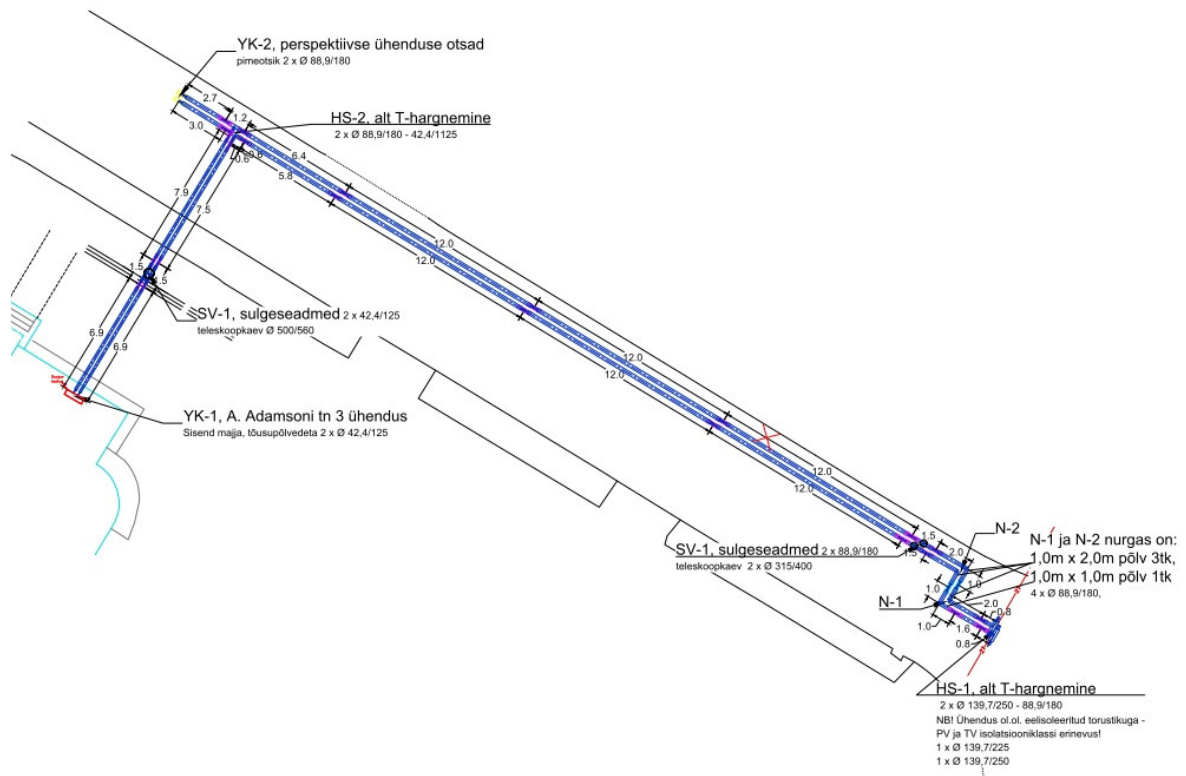


Joonis 4.4.1. Kaugküttetorustiku paisumistsooni leidmine [16].

4.5 Montaažiskeem

Antud projektiga nähti ette Pärnus, A. Adamsoni tänaval kaugküttetorustiku ehitus ning liitumise loomine A. Adamsoni tänav 3 elamule. Projekteeritav torustik (DN2x80/180) planeeritakse ühendada eelisoleeritud T-hargmike (DN125/250-DN80/180) abil Aia tänaval paiknevate eelisoleeritud kaugküttetorustikega (DN125/250/225), kus tuleb tähele panna, et peale- ja tagasivoolutorudel on isolatsiooniklassi erinevus. Peale hargnemist on ettenähtud kasutada sulgarmatuure (DN80/180). Kõige sobivamaks kohaks on paigaldada sulgarmatuurid peale Z-põlve paisumistsooni. A. Adamsoni tänava pealt pöörab trass A. Adamsoni 3 hoone poole T-hargmike (DN80/180-DN32/125) abil. T-hargmiku (DN80/180) üks ots jääb perspektiivseks otsaks ning soojusettevõtte soovil sai perspektiivset otsa pikendatud 3 m, et hiljem oleks trassiga kergem edasi minna. A. Adamsoni 3 hoonesse minevale kaugkütte torustikule (DN32/125) on ettenähtud enne kinnistupiiri paigaldada sulgarmatuurid (DN32/125) D500/560 kaevu. A. Adamsoni 3 hoone tehnoruumi sisenetakse eelisoleeritud tõusupõlvedeta. Projekteeritud kaugküttevõrk on planeeritud maa-alusena ja 2. seeria eelisoleeritud torusikuga.

Käesoleva tööga projekteeritud eelisoleeritud torudega kaugküttevõrgu kogupikkus on 72m, sealhulgas: DN80/180~ 55m; DN32/125~ 17m [16].



Joonis 4.5.1. Montaažiskeem [16].

4.6 Pikiprofiil

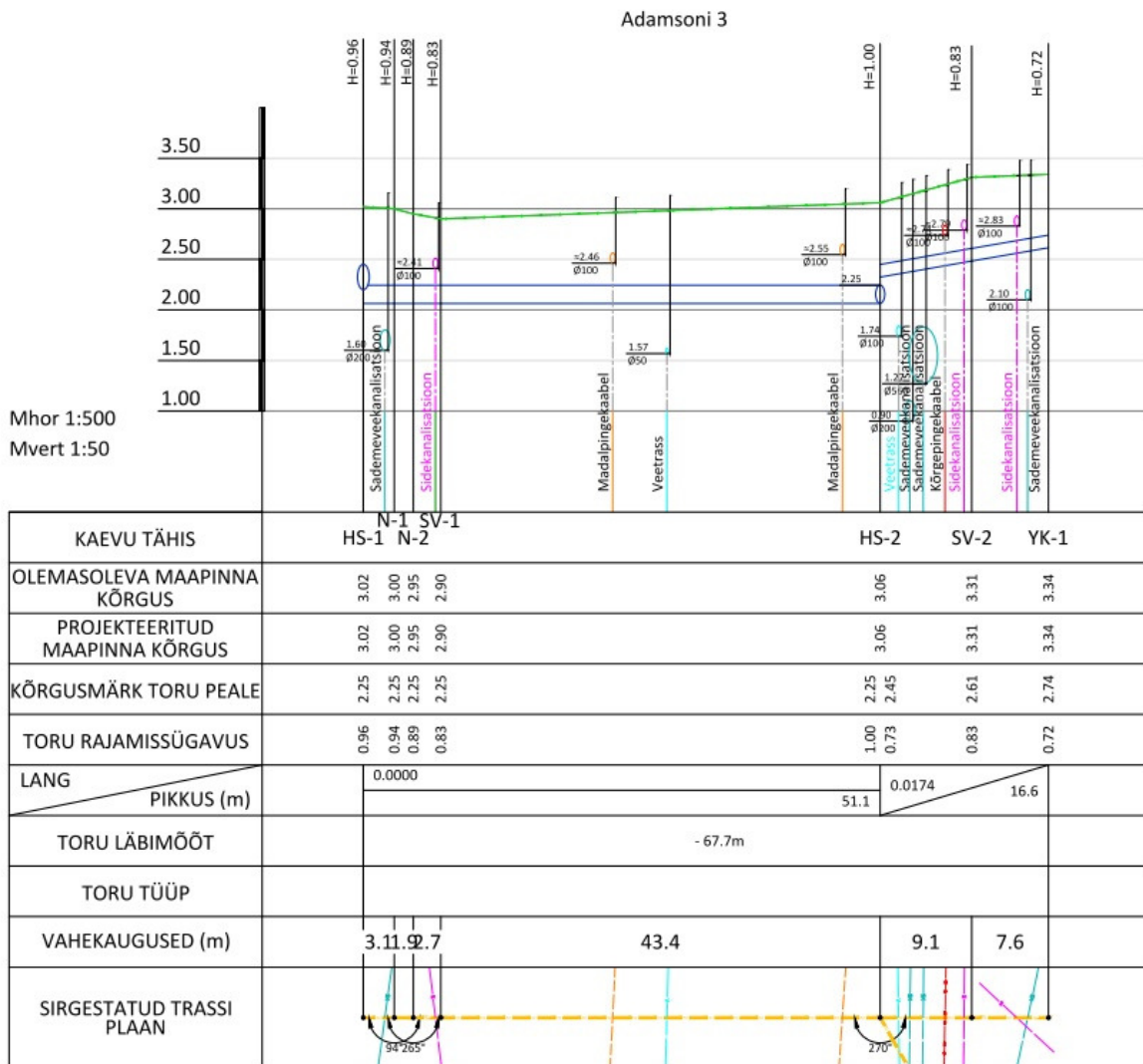
Pikiprofiil on ehitusprojekti tehniline joonis, millel kujutatakse maapinda vertikaallõikes piki nivelleerimisjoont. Pikiprofiilil esitatakse rajatiste parameetrid ja asetsemine vertikaaltasapinnas. Pikiprofiil koosneb joonisest ja tabelist, mille mõõtkava on pikisuunas 1:500 ja vertikaalsuunas 1:50 [13].

Töötamisel vee-, kanalisatsiooni-, sadevee-, gaasitorustike, madal- ja kõrgepingeelektrikaablite ning sidekaablite kaitsevööndis tuleb rakendada meetmeid vastavate kommunikatsioonide kaitseks. Selle jaoks tellitakse iga torustiku ja kaabli paigaldamisel maapinda vastava maa-ala geodeetiline alusplaan. Geodeetilise alusplaani koostaja kannab mõõdistusalasse jäävad tehnovõrgud koondplaanile ning koostab uuritud kaevude kohta andmete tabeli ja torude kaevu suubumise skeemi. Need andmed aitavad projekteerijatel leida kõige sobivama ja ohutuma kommunikatsiooni kulgemise asukoha [16].

Koostatud pikiprofiili jooniselt (vt. joonis 4.6.1) on näha, et olemasoleva Aia tänava DN 125 magistraali sügavus maapinnast on 0,57 m. Kuna projekteeritavate tänavatorustike projekteerimisel peab haruühenduste paigaldussügavus olema soovituslikult 0,6 - 0,8 m sügavusel maapinna kõrgusmärgist, siis antud objektile tuli kavandada hargnemine alt

T-hargmikega. Alt hargnemine aitab vältida sidekanalisatsiooni ja madalpingekaabliga ristumist.

Samuti aitab pikiprofiilil HS-2 kuni YK-1 vahelisele lõigule kantud kõrgepingekaabli ja sidekanalisatsiooni asukoht ja sügavus meil otsustada kui palju saab torustik tõusta vahemikus A. Adamsoni tänava hargnemistorustik (HS-2) kuni A. Adamsoni 3 hoone ühendus (YK-1).



Joonis 4.6.1. Pikiprofiil [16].

4.7 Kaeviku tagasitäide ja katendite taastamine

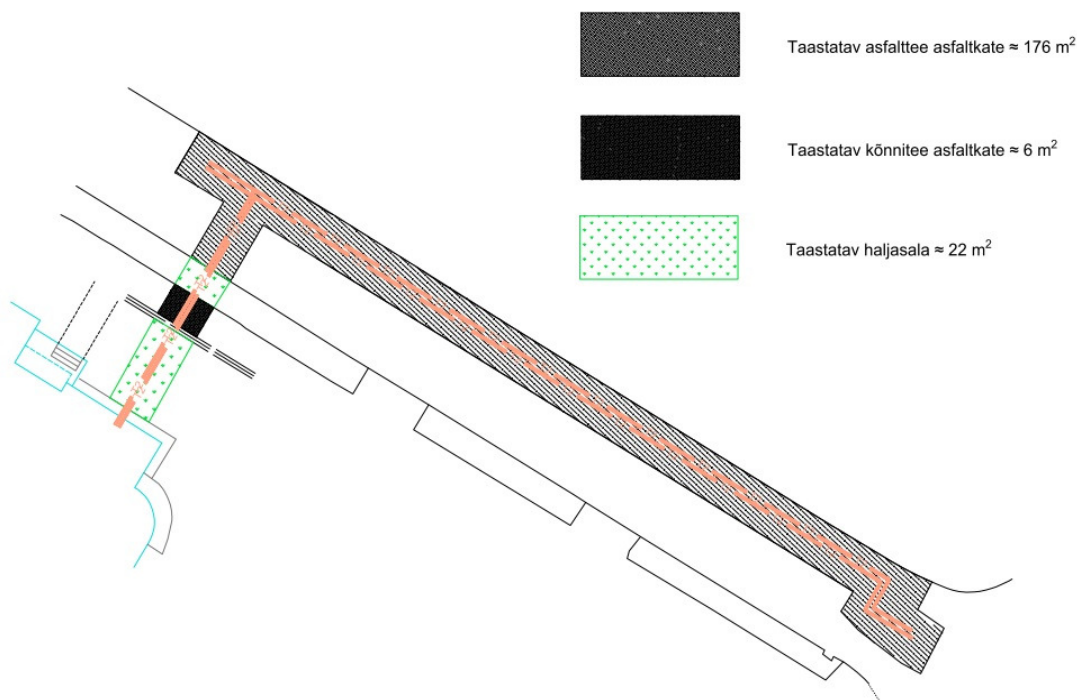
Kaugküttevõrgu kaeviku tagasitäitel tuleb juhinduda selle tüüplõikel esitatud juhistest. Enne torustiku aluse rajamist tuleb kaevik puhastada sinna sattunud ehitusprahist. Torustiku alus rajatakse liivast, mille minimaalseks paksuseks on 100 mm. Kaeviku

täitematerjalina tohib kasutada ainult täitepinnast, mis omab häid filtreerimise ja stabiilseid kandevõimelisi omadusi ning võimaldab nõuetekohast tihendamist kergete tihendusseadmetega. Tänaval, väljakul või parklas asuva kaeviku tagasitäiteks võib kasutada ainult materjali, mis oma omaduste poolest sobib tee mulde ehituseks ja võimaldab nõuetekohast tihendamist. Kaugküttevõrgu eelisoleeritud torude paigaldamiseks kaevatav kaevik peab olema küllaldase ristlõikega nii torustike montaažiks kui ka neid ümbritseva liiva tihendamiseks. Eelisoleeritud torustikke ümbritsevas kihis ei tohi olla teravaservalisi materjale. Kaeviku tagasitäitmisega üheaegselt peab toimuma ka puistematerjali kihtide tihendamine. Kaugküttevõrgu torustike kaevikud tuleb täita kuni 200 mm paksuste kihtidena. Enne uue kihi paigaldamist peab alumine mineraalpinnase kiht olema hoolikalt tihendatud. Pärast kaeviku tagasitäitmist tuleb taastada kõik heakorrastatud alad, nii asfaltkatted kui ka haljasalad [16].

Kaevetöödel rikutud maa-ala taastatakse ehituseelse kattega samatüübilisena ja kogu ulatuses kaevaja kulul. Kaevetöödele eelnenud pinnakatte liik ja paksus fikseeritakse kaevetööde käigus. Kaevaja taastab ja korrastab tema poolt lõhutud või rikutud äärekivid, teekatendi, tehnovõrkude kaevud ja kaaned, liiklusmärgid, teekattemärgistused ning geodeetilised märgid. Kaevaja on kohustatud taastama teekattemärgistuse samatüübilise materjaliga [16].

Projekteerimistööga esitatakse ka maa-ala plaan koos taastatava pindalaga, mis antud objektile on 176 m² asfalttee asfaltkatet, 6 m² kõnnitee asfaltkatet ning 22 m² haljasala, kokku 204 m² taastatavat maa-ala.

Samuti esitatakse tööga kaeviku täitematerjali kogus, mis antud objektile on 27 m³, kus on arvesse võetud, et kaeviku põhja läheb 100 mm liiva, torude kõrvale läheb 200 mm liiva ning torustiku peale 200 mm liiva.



Joonis 4.7.1. Katendite taastamise plaan [16].

4.8 Lekkeavastussüsteem

Lekkeavastussüsteem on disainitud sedasi, et eelisooleeritud torustike isolatsioonikihi sisse on paigaldatud samale kaugusele teenindustorust kaks $1,5 \text{ mm}^2$ vasest traati, millest üks juhe on tinatatud.

Lekkeavastussüsteemi tööpõhimõtteks on takistuse mõõtmine rikete tuvastamiseks, mõõtes vastavalt signaaltraadi takistust ja isolatsioonitakistust.

Mõõtmisega on võimalik tuvastada:

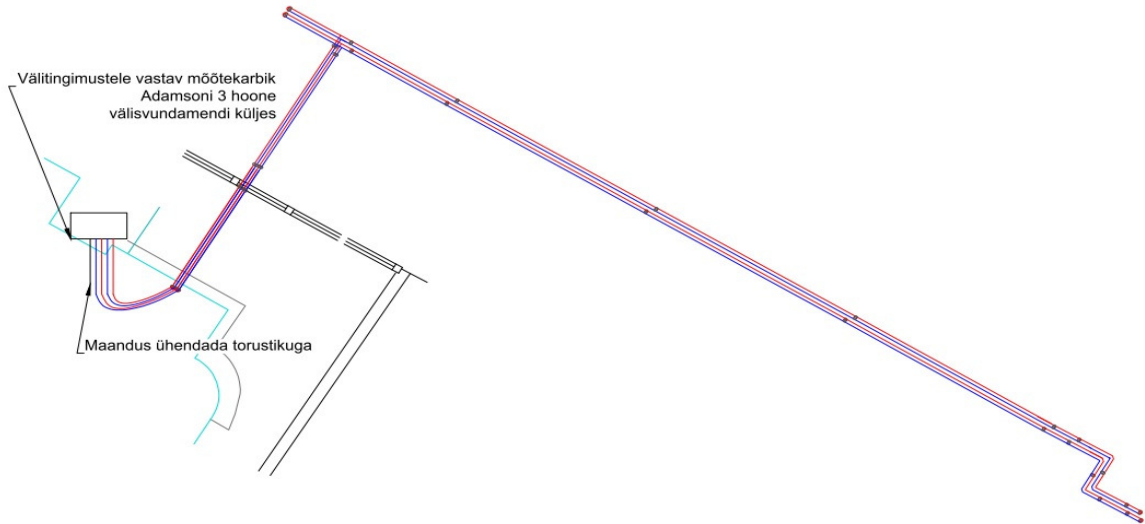
- Katkist signaaltraati. Lõpmatult suur takistus on märk signaaltraadi katkemisest;
- Halb signaaltraadi ühendus. Kui mõõdetud takistus on suurem kui häire traadi takistus, võib signaaltraadi ühendus olla halb;
- Lühist.

Kui signaaltraadi mõõdetud takistus on madalam kui arvutatud takistus, siis võib tegemist olla traadi lühisega või ühendus traadi ja metall torustiku vahel on halb.

Signaaltraadid ühendatakse ahelasse ning takistuse mõõtmise printsiibiks on, et 1.5 mm^2 häirejuhtme takistus 100 meetri kohta on ligikaudu $1,2 \Omega$. [14]

A. Adamsoni kinnise kontuuri signaaltraadi pikkuseks on 143 m, kuhu juurde on lisatud 4 m signaaltraatide ühenduseks. Arvutuslik signaaltraadi takistus on $1,8...2,2 \Omega$ ning minimaalselt aktsepteeritav isolatsiooni takistus $68 \text{ M}\Omega$.

Häiresüsteemi kontuuri nimetus	Signaaltraadi kontuuri pikkus, m	Signaaltraadi ühenduskaabli kahekordne pikkus, m	Signaaltraadi kontuuri kogupikkus, m	Arvutuslik signaaltraadi takistus, Ω	Möödetud signaaltraadi takistus, Ω	Minimaalselt aksepteeritav isolatsiooni takistus, M Ω	Möödetud isolatsiooni takistus, M Ω
A.Adamsoni 3 kinnine kontuur	143	4	147	1,8...2,2		68,0	



Joonis 4.8.1. Lekkeavastussüsteemi tabel ja joonis [16].

4.9 Paisumispadjad

Kompensatsioonielemendid on vajalikud soojuslike pikenemiste või lühenemiste kompenseerimiseks.

Eelisoleeritud seotud torustikusüsteemi juures kasutatakse peamiselt:

- Loomulikke kompensatoreid nagu L- ja Z-paisumispõlved ning U-toru kombinatsioonis koos torustiku vajalike suunamuutustega ja paisumispadjadega;
- Üksisjuhtumitel stardikompensatoreid.

Hõõrdepiirkondade otstes, suunamuutuste nagu näiteks torupõlvede juures esinevad nihked kompenseeritakse paisumispadjadega.

Paisumispadjad on lihtne abivahend eelisoleeritud seotud torustikusüsteemi soojuspaisumisest tingitud liikumiste kompenseerimiseks, vältimaks eelisoleeritud torustikusüsteemi elementides lubamatult kõrgeid pingeid. [10]

Vajaminevate paisumispadjade arvutamiseks on hea kasutada kaugküttetorustiku tootja LOGSTOR-i enda kalkulaatorit, mis ongi mõeldud paisumispadjade arvutamiseks erinevatel juhtudel.

Example**Main pipe**

Nominal size	DN 125
Steel pipe diameter, d1	139.7 mm
Wall thickness, s1	3.6 mm
Casing diameter D1	250 mm

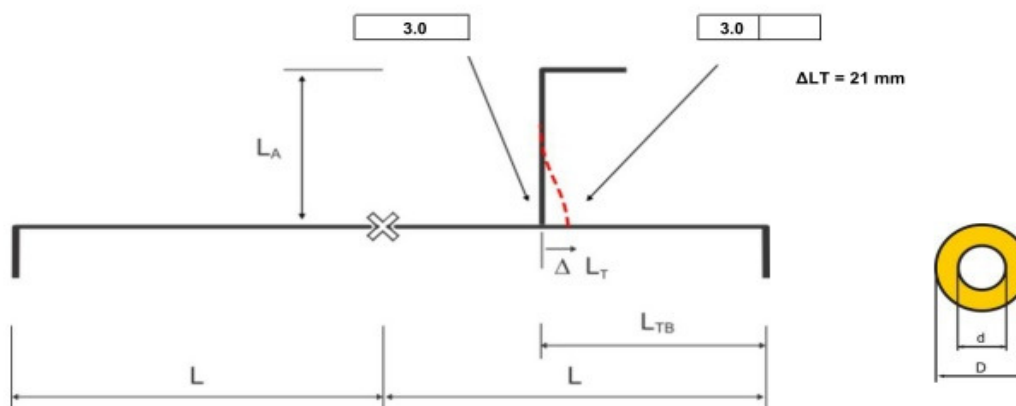
Pipe length, L	100 m
Dist. branch to bend, LTB	58 m

Axial stress at branch, σ_{aT} 109 Mpa

Branch pipe

Nominal size	DN 80
Steel pipe diameter, d2	88.9 mm
Wall thickness, s2	3.2 mm
Casing diameter D2	180 mm

LA,max	12 m
Branch length, LA	3 m

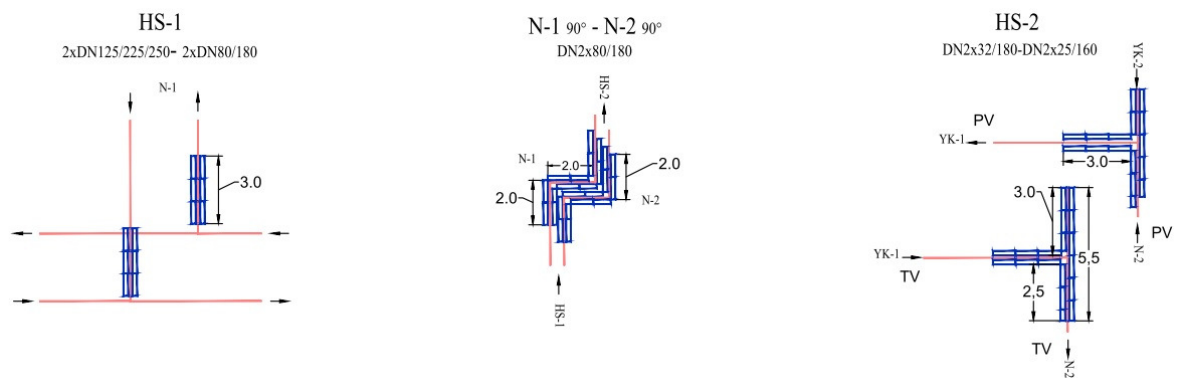


Joonis 4.9.1. LOGSTOR Calculator [19].

Aia tänaval paikneva magistraalitorustiku pikkus on 100 meetrit ning hargnemiskoht on 58 meetri kaugusel magistraalitorustiku lähimast nurgast. Jooniselt 4.9.1. on näha, et sisestades andmed LOGSTOR Calculator-isse, annab kalkulaator meile vajaminevate paisumispadjade koguse. Hargnemiskohta HS-1 tuleb paigaldada DN80 torustikule 1 kiht paisumispatju 3 meetri ulatuses mõlemale poole torustikku. Samuti näitab kalkulaator torustiku liikumiseks pinnases $\Delta LT = 21$ mm ning antud parameetritega torustik võib olla hargnemiskohast maksimaalselt 12 meetri pikkune järgmise nurgani. Kõik see informatsioon on vajalik torustiku projekteerimiseks.

A. Adamsoni torustikul on kolm kohta kuhu on vaja paigaldada paisumispadjad. Jooniselt 4.9.2. on näha kohad kuhu ja kui palju paisumispatju on vaja paigaldada.

Antud projekti puhul tekkis HS-2 nurgas dilemma kuna soojusettevõtte soovil sai torustikule jäetud perspektiivne ots A. Adamsoni tänavale, siis kas hargnemiskoht HS-2 on nurk või ristuv hargnemine. Et vältida võimalikke probleeme, sai LOGSTOR-i kalkulaatoriga mõlemad lahendused läbi arvatud ning otsustatud, et nii perspektiivne ots kui ka hargnemiskoht kaetakse paisumispadjadega.



Joonis 4.9.2. Paisumispätkjade paiknemine [16].

KOKKUVÕTE

Kaugküte on soojusenergia tootmine soojusvarustuse ettevõttes ja selle jaotamine kaugküttevõrgu kaudu tarbijateni. Selleks, et toodetud soojusenergia jõuaks tarbijateni kasutatakse kaugküttetorustikke. Kaugküttevõrk on soojuse transpordi ja jaotusvõrk, mille eesmärk on soojuskandja transportimine tootja poolelt tarbijani.

Käesolev lõputöö annab ülevaate üldisest kaugküttest ning kaugküttesprojekti koostamisest A. Adamsoni tänav 3 Pärnu objekti näitel. Antud töö on hea õppematerjal edaspidiseks kasutamiseks sarnaste projektide koostamisel ja üldise kaugkütte olemuse ning tähtsuse analüüsimisel.

Töös on kirjeldatud kaugkütte olemust ning tähtsust. Antakse ülevaade kaugküttetorustiku projekti planeerimisest tehnilises aspektis ning kuidas toimub soojusülekanne kaugküttevõrgus. Töö eesmärgi saavutamiseks on lahti seletatud kindla projekti põhjal, millest lähtuda projekti koostamisel ja milliseid arvutusi ning mõõtmisi on vaja selleks teha.

Kaugküttesüsteem koosneb soojuse tootjast, kaugküttevõrgust ning soojusega varustatavatest tarbijatest. Uute kaugküttevõrkude projekteerimisel ja olemasolevate renoveerimisel tuleb lähtuda nii tarbijate ootustest kui ka soojusenergia tootja võimalustest pakkuda tarbijatele vajaminev võimsus. Kaugküttevõrgu arendamisel tuleb mõelda mitu käiku ette, sest linnade ja tööstuste arengu tõttu on kaugkütte nõudlus ajas kasvav ning algselt dimensioneeritud torustik võib jääda aastate pärast juba väikeseks.

Lõputöös seatud eesmärk tutvustada ning uurida kaugküttetorustiku projekteerimist sai täidetud. Antud töö sisaldab materjale ja näiteid, kuidas toimub kaugküttevõrgu planeerimine ja arendamine reaalselt valminud kaugküttetorustiku projekti näitel. Koostatud bakalaureusetöö on kasulik uutele projekteerijatele andes ülevaate, kuidas näeb välja kaugküttevõrgu planeerimine ja mudeldamine algusest lõpuni.

Töö autor peab oluliseks edaspidiselt uurida, kuidas toimub kaugküttetorustiku ehitus, millised probleemid ja ootamatused võivad tekkida antud lõigul ning kuidas neid tuleks lahendada. Millised on projekteerimisfirma ootused ja nägemus teabematerjalide osas ning mis ootused on võrguettevõtjal ja võrguehitajal. Kõikide osapoolte ära kuulamine ja tagasiside saamine tõhustab kiiremat ja sujuvamat koostööd, sest lõpuks soovivad kõik teha oma tööd hästi ja tulemuslikult.

SUMMARY

District heating is the production of heat energy in a heat supply company and its distribution to consumers through a district heating network. District heating pipelines are used to deliver the produced heat to the consumers. The district heating network is a heat transport and distribution network whose purpose is to transport the heat carrier from the producer side to the consumer.

This thesis gives an overview of district heating in general and the preparation of a district heating project using the example of the construction object in A. Adamson street 3 in Pärnu. This thesis is a good learning material for future use in preparing similar projects and analysing the nature and importance of district heating in general.

The thesis describes the characteristics and importance of district heating. It gives an overview of the technical aspects of planning a district heating pipeline project and how heat is transferred in a district heating network. To achieve the aim of the work, the design principles, the calculations and measurements required are explained on the basis of a specific project.

A district heating system consists of a heat producer, a district heating network and consumers supplied with heat. The design of new district heating networks and the renovation of existing ones must be based on the expectations of consumers and the ability of the heat producer to provide the needed capacity by consumers. The development of a district heating network needs to be planned several steps in advance, as due to the urban and industrial development the demand for district heating is growing over time and the initially dimensioned piping may be too small years later.

The aim of the thesis to introduce and explore the design of district heating pipelines was fulfilled. This thesis contains materials and examples of how district heating network planning and development is carried out using a real district heating pipeline project as an example.

The bachelor thesis will be useful for new designers by providing an overview of what district heating network planning and modelling looks like from start to finish.

The author of the thesis considers it important to further investigate how the construction of district heating pipelines is carried out, what problems and unexpected events may occur in this section and how they should be solved. Furthermore, there is a need to investigate what are the expectations and the vision of the design company

in terms of information materials and what are the expectations of the network operator and the network builder. Listening to all parties and getting their feedback will enhance faster and smoother cooperation, as in the end, everyone wants to do their job well and efficiently.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] *Kaugkütteseadus*. Vastu võetud 11.02.2003. RT I 2003, 25, 154. Kasutatud 08.02.2023.
- [2] K. Ingermann, *Soojusvarustusesüsteemid*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2003.
- [3] energiatalgud.ee. *Kaugküte*. [www] <https://www.energiatalgud.ee/Kaugk%C3%BCte?category=679lgud>. Kasutatud 08.02.2023.
- [4] Konkurentsiamet. *Valdkonna tutvustus*. [www] <https://www.konkurentsiamet.ee/et/vesi-soojus/soojus/valdkonna-tutvustus>. Kasutatud 08.02.2023
- [5] A. Volkova, E. Latõšov, V. Mašatin, I. Krupenski, A. Siirde, *Jätkusuutlik kaugküte*. Tallinn: 2022. [E-book]. Loetud aadressil: Jätkusuutlik kaugküte – Digiõpik (taltech.ee)
- [6] Gren Eesti AS, *Gren Pärnus*. [www] <https://gren.com/ee/gren-panus/>. Kasutatud 08.02.2023
- [7] *Eelisolieritud kaugküttetorustike projekteerimine ja paigaldamine: juhendmaterjalid. Osad 9., 12.-18.* Saksamaa Kaugküte Ühing. Tallinn: Eesti Jõujaamade ja Kaugküte Ühing, 2016. (Pärnu: Gutenbergi Pojad).
- [8] P. Randlov, *Kaugküte käsiraamat*. Euroopa Kaugküte Torude Tootjate Ühing, 1997.
- [9] *EVS-EN_13941-1:2019 District heating pipes - Design and installation of thermal insulated bonded single and twin pipe systems for directly buried hot water networks - Part 1: Design*
- [10] *Eelisolieritud kaugküttetorustike projekteerimine ja paigaldamine: juhendmaterjalid. Osad 1.-8.* Saksamaa Kaugküte Ühing. Tallinn: Eesti Jõujaamade ja Kaugküte Ühing, 2014. (Pärnu: Gutenbergi Pojad).
- [11] *Nõuded ehitusprojektile*. Vastu võetud 17.07.2015. RT I, 26.02.2021, 1. Kasutatud 03.04.2023
- [12] Elering AS. *Hangete ja enampakkumiste läbiviimise kord*. [www] <https://elering.ee/sites/default/files/2020-04/Hangete%20ja%20enampakkumise%20l%C3%A4biviimise%20kord.pdf>. Kasutatud 03.04.2023.
- [13] Maaeluministeerium. *Veejuhtme pikiprofiili koostamise juhend*. [www] <https://pta.agri.ee/media/2825/download>. Kasutatud 03.04.2023

- [14] Logstor A/S. *LOGSTOR Surveillance Manual*. [www]
<https://www.logstor.com/media/7220/kingspan-logstor-surveillance-handbook-specifications-en-eur.pdf>. Kasutatud 20.04.2023
- [15] Gren Eesti AS. *Projekteerimistingimused nr. PT-7/22, A. Adamsoni tn 1, Kirsi tn 13 ning Kuninga tn 1 kaugküttetorustike tööprojektide koostamiseks*. Väljastatud 04.04.2022.
- [16] Termopilt OÜ. *Pärnu, A. Adamsoni tn 3, kaugküttetorustike ehitus, tööprojekt, seletuskiri ja joonised*. Koostatud 01.07.2022.
- [17] OÜ Pärnu Maamööduteenistus. *Maa-ala ja tehnovõrkude plaan. TM-121/22*. Koostatud 02.06.2022.
- [18] Gren Eesti AS. *Lisa 1-1 A. Adamsoni tn 3 eskiis.pdf*. Väljastatud 06.04.2022.
- [19] Logstor A/S. *LOGSTOR Calculator*. [www]
<http://calc.logstor.com/en/tryktab/>Kasutatud 06.07.2022.
- [20] ConSoft GmbH. *ConSoft MultiCalc*. Kasutatud 06.04.2023.